

# PACKEX

## ABSCHLUSSBERICHT

**Zum Vorhaben:**  
Digital Packaging Solutions (DPS) NKa3 - 3371

**Verfasser:**  
Nikolaus Reichenbach  
Julian Erhard

**Datum:**  
16.11.2020 mit Überarbeitung 30.06.2021



## BERICHTS-KENNBLETT

<b>Aktenzeichen UBA:</b>	<b>Projekt-Nr.:</b> NKa3- 3371
<b>Titel des Vorhabens:</b> Digital Packaging Solutions	
<b>Autor/-en (Name, Vorname):</b> Reichenbach, Nikolaus Erhard, Julian	<b>Vorhabenbeginn:</b> 15.10.2018
	<b>Vorhabenende (Abschlussdatum):</b> 31.12.2019
<b>Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift):</b> PackEx GmbH Mittelrheinstraße 23a 67550 Worms	<b>Veröffentlichungsdatum:</b> 16.11.2020
	<b>Seitenzahl:</b> 31
Gefördert im BMU-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit	
<p><b>STEIGERUNG DER RESSOURCENEFFIZIENZ IN DER FALTSCHACHTELPRODUKTION</b></p> <p><b>Die PackEx GmbH hat die volldigitalisierte Kleinserienfertigung von Faltschachteln ressourceneffizient und abfallvermeidend mit innovativen Technologien realisiert.</b></p> <p>Am Standort in Worms erfolgen Bestellungen digital über eine webbasierte Softwarelösung. Aufträge werden automatisiert zusammengefasst und gemeinsam auf Sammelbögen gedruckt. Für die Bedruckung im 7-Farbsystem wird das Anicolor-Offsetdruckverfahren und das Digitaldruckverfahren eingesetzt. Das Schneiden und Rillen der Kartonbögen erfolgt mit Hilfe innovativer Lasertechnologie. Eine weitere innovative Weltneuheit, die digital applizierte Blindenschrift auf Faltschachteln, ermöglicht die komplett werkzeuglose Fertigung von Faltschachteln. Für den Versand der Kleinmengen werden auftragsindividuell passende Umkartons hergestellt, sodass eine Auslieferung per Paketdienst – anstelle der sonst üblichen Lieferung per Spedition auf Paletten – möglich ist.</p> <p>Durch den Einsatz der innovativen Fertigungstechnologien lassen sich kleine Auflagen von Faltschachteln erheblich ressourceneffizienter als mit herkömmlichen Verfahren produzieren. So kann der Rohmaterialeinsatz im Durchschnitt um rund 49 Prozent gesenkt werden. Bei voller Auslastung der geförderten Produktionskapazität von jährlich 56,25 Mio. Faltschachteln führt der werkzeuglose, flexible Fertigungsprozess zur Vermeidung von Überproduktionen in der Industrie und zu ca. 1.500 Tonnen weniger Abfall in der Faltschachtelherstellung pro Jahr. Alleine daraus resultieren durch PackEx CO2-Einsparungen in Höhe von 1.389 Tonnen p.a.</p>	
<b>Schlagwörter:</b> Kleinserienfertigung, Faltschachteln, Digitaldruck, Offsetdruck, 7-Farb-System, Lasertechnologie, Bildinspektion, Digitale Blindenschrift, werkzeuglos, digital, abfallvermeidend, ressourcenschonend	
<b>Anzahl der gelieferten Berichte:</b> 2 <b>Papierform:</b> 1 <b>Elektronischer Datenträger:</b> 1	<b>Sonstige Medien:</b> Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite <a href="http://www.packex.com">www.packex.com</a>

## REPORT COVERSHEET

<b>Reference-No. Federal Environment Agency:</b>	<b>Project-No.:</b> NKa3- 3371
<b>Report Title:</b> Digital Packaging Solutions	
<b>Author/Authors (Family Name, First Name):</b> Reichenbach, Nikolaus Erhard, Julian	<b>Start of project:</b> October 15, 2018
	<b>End of project:</b> December 31, 2019
<b>Performing Organisation (Name, Address):</b> PackEx GmbH Mittelrheinstraße 23a	<b>Publication Date:</b> November 16, 2020
	<b>No. of Pages:</b> 31
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.	
<p><b>INCREASED RESOURCE EFFICIENCY IN FOLDING CARTON PRODUCTION.</b></p> <p><b>PackEx GmbH has implemented the fully digitized small series production of folding cartons in a resource-efficient and waste-saving manner with innovative technologies.</b></p> <p>At the Worms site, orders are placed digitally via a web-based software solution. Orders are automatically grouped together on one sheet layout. The Anicolor offset printing process and the digital printing process are used for printing in the 7-colour system. Cutting and creasing the carton arches is carried out with the help of innovative laser technology. Another genuine innovation, digitally applied Braille on folding cartons, enables the completely tool-free production of folding cartons. For the shipment of small quantities, individually suitable cartons are produced inhouse, so that delivery via parcel service is possible instead of the usual delivery by forwarding agent on pallets.</p> <p>By using all the innovative manufacturing technologies, small runs of folding cartons can be produced much more resource-efficiently than with conventional processes. On average, the use of raw materials can be reduced by around 49 percent. With full utilization of the supported production capacity of 56.25 million folding cartons per year, the tool-free, flexible manufacturing process leads to the avoidance of overproduction in industry and to approximately 1,500 tons less waste at PackEx per year. This reduction of waste results in CO2 savings of 1,389 tonnes per year.</p>	
<b>Keywords:</b> small-batch production, folding cartons, digital printing, offset printing, 7 color gamut, laser technology, video print inspection, digital braille, tool-free, digital, waste avoidance, careful utilization of resources	
<b>No. of delivered reports:</b> 2 <b>Hard copy:</b> 1 <b>Electronic Media:</b> 1	<b>Other Media:</b> Planned publication on the following website <a href="http://www.packex.com">www.packex.com</a>

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

<b>CMYK</b>	Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black <i>(Grundfarben für die gerasterte Wiedergabe von Farbbilder im Druck)</i>
<b>CO2</b>	Kohlenstoffdioxid
<b>DVI</b>	Deutsches Verpackungsinstitut e.V.
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning
<b>FFI</b>	Fachverband der Faltschachtelindustrie ( <a href="http://www.ffi.de">www.ffi.de</a> )
<b>FIFO</b>	First In - First Out
<b>FS</b>	Faltschachtel
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol
<b>g</b>	Gramm
<b>GMP</b>	Good Manufacturing Practice
<b>HP Indigo</b>	Hewlett-Packard Indigo <i>(Digitaldruckmaschinenhersteller mit Sitz in TelAviv, Israel)</i>
<b>kg</b>	Kilogramm
<b>LED</b>	light-emitting diode, deutsch lichtemittierende Diode <i>(Trocknungseinheit)</i>
<b>p.a.</b>	per anno / pro Jahr
<b>ROI</b>	Return on Investment
<b>SAP</b>	Firma SAP SE <i>(Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung)</i>
<b>UI</b>	User Interface <i>(Schnittstellendesign, es befasst sich mit der Gestaltung)</i>
<b>UX</b>	User Experience <i>(Nutzer-Erfahrung des Kunden während dem Bestellvorgang)</i>

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Berechnung der Umweltentlastung bis zum Projektende im Projektantrag mittels der geförderten Anlagen .....	13
Tabelle 2: Einsparungen in CO2 für Einsparmengen bis Projektende lt. Projektantrag.....	14
Tabelle 3: Soll – Ist Vergleich Produktionskennzahlen zur Berechnung der erzielten Umweltentlastungen (Stand Okt.2020) .....	17
Tabelle 4: Stoffbilanz Ausgangssituation vs. Innovation.....	18
Tabelle 5: Ist-Einsparung Frischfaserkarton bis zum 30.10.2020 (unter Einbeziehung der Werte aus Tabelle 2 und 3) .....	19
Tabelle 6: Ist-Einsparung Aluminium bis zum 30.10.2020 (unter Einbeziehung der Werte aus Tabelle 2 und 3) .....	19
Tabelle 7: Ist-Einsparung Stanzwerkzeug bis zum 30.10.2020 (unter Einbeziehung der Werte aus Tabelle 2 und 3) .....	20
Tabelle 8: Summe der erzielten Einsparungen bis zum 30.10.2020 .....	20
Tabelle 9: Vergleich Produktivitätskennzahlen mit dem Stand der Technik.....	22

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: HP-Indigo Druckeinheit (1 = digitaler Druckzylinder, 2 = Gummituchzylinder, 3 = Zuführung sieben Grundfarben) .....	9
Abbildung 2: Anicolor-Kurzfarbwerk (1 = Farbzuführung, 2 = Rasterwalze für gleichmäßige Färbung, 3 = Übertragungs- walze, 4 = Druckplattenzylinder) .....	9
Abbildung 3: Digitaldruckmaschine (1) und Offsetdruckmaschine (2) beide mit 7 Druckfarben sowie Ablage der automatisierten Plattenstraße (3).....	9
Abbildung 4: Lasermaschine LasX .....	10
Abbildung 5: Robotersystem zum Ausbrechen der Faltschalten aus dem Druckbogen .....	10
Abbildung 6: Schließrahmen zum Aufnehmen von 4 Werkzeugen.....	11
Abbildung 7: Vergleich konventionelle Rillung (links) mit Laser-Nutlinien (rechts).....	11
Abbildung 8: Drei Braille-Druckköpfe mit anschließender LED-Trocknung .....	11
Abbildung 9: Faltschachtel mit digitaler Braille .....	11
Abbildung 10: Klebeleimdüse (Adventskalender als zu klebendes Produkt) .....	12
Abbildung 11: Halbautomatische Klebelinie .....	12
Abbildung 12: Packsize-Maschine zur maßgenauen Herstellung der Wellpapp-Umverpackung .....	12
Abbildung 13: Berechnung/Logik CO2-Einsparung, Seite 1/3.....	28
Abbildung 14: Berechnung/Logik CO2-Einsparung, Seite 2/3.....	29
Abbildung 15: Berechnung/Logik CO2-Einsparung, Seite 3/3.....	30

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>Berichts-Kennblatt .....</b>	<b>1</b>
<b>Report Coversheet .....</b>	<b>2</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>6</b>
1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens .....	6
1.2. Ausgangssituation .....	6
<b>2. Vorhabenumsetzung .....</b>	<b>7</b>
2.1. Ziel des Vorhabens .....	7
2.2. Technische Lösung .....	7
2.3. Umsetzung des Vorhabens .....	14
2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen) .....	15
2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten .....	15
<b>3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung .....</b>	<b>16</b>
3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung .....	16
3.2. Stoff- und Energiebilanz .....	17
3.3. Umweltbilanz .....	18
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	20
3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren .....	21
<b>4. Übertragbarkeit .....</b>	<b>24</b>
4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung .....	24
4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit .....	24
<b>5. Zusammenfassung / Summary .....</b>	<b>25</b>
<b>6. Literatur- &amp; Quellenverzeichnis .....</b>	<b>27</b>
<b>7. Anhang A .....</b>	<b>28</b>

# 1. EINLEITUNG

## **1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens**

Die PackEx GmbH, im September 2017 als Digital Packaging Service GmbH gegründete Tochtergesellschaft der August Faller GmbH & Co. KG, ist angetreten, die voll digitalisierte Herstellung von Sekundärpackmitteln, im ersten Schritt speziell von Faltschachteln, in Kleinserien zu realisieren. Die Umfirmierung zur PackEx GmbH erfolgte im Projektverlauf zum 1. Februar 2019.

## **1.2. Ausgangssituation**

Heutige Fertigungstechnologien der Packmittelhersteller bedingen aufgrund des hohen Einrichtungsaufwands von Maschinen hohe Fixkosten und lange Lieferzeiten von 10 bis 20 Arbeitstagen. Dementsprechend aggregieren Kunden vorab geschätzte Bedarfsmengen und erzeugen dadurch eine Überproduktion, verbunden mit einer umfangreichen Lagerhaltung von Packmittelbeständen, welche häufig deutlich über den tatsächlichen Bedarf hinausgehen. Die Konsequenz sind geschätzte Vernichtungsmengen von 20 bis 30 Prozent der produzierten Sekundärpackmittel wie Faltschachteln, Haftetiketten und Packungsbeilagen in der Pharmaindustrie. Lagerhaltung und Vernichtung tragen zu extremer Ressourcenverschwendung bei. Auch in der Faltschachtelfertigung steigt der relative Abfallanteil je Auftrag, je niedriger die Absatzmengen pro Produkt werden. Die Anfertigung von Werkzeugen für neue Verpackungsformate erfordern zusätzliche Ressourcen, die mit kleiner werdenden Auflagen immer mehr ins Gewicht fallen.

In den letzten Jahren fördert der Megatrend der Individualisierung den Trend zu immer kleineren Auflagen. Durch den Wandel der Absatzstrukturen in fast allen Märkten ist die zunehmende Nachfrage nach kleineren Produktionschargen nicht nur bei Faller spürbar. Auch bedingt durch Industrie 4.0 ergeben sich neue Anforderungen hinsichtlich innovativer Konzepte für die Lieferkette und Dienstleistungsangebote mit kürzeren Lieferzeiten für Sekundärpackmittel in allen Branchen.

Zur Ausgangslage gehören auch Kennzahlen der August Faller GmbH & Co. KG aus dem Jahr 2015. Diese beziffern die durchschnittliche Bestellmenge je Auftrag in der Pharma/Healthcare Branche auf ca. 30.000 Faltschachteln und zeigen nur wenige Aufträge mit einer Bestellmenge unter 2.500 Faltschachteln je Auftrag. Im traditionellen Geschäft werden von Kunden Bedarfsmengen zusammengefasst und auf Lager gelegt. Dieses Einkaufsverhalten zu ändern soll mit dem innovativen Leistungsangebot durch drastisch reduzierte Fixkosten und schnelleren Lieferzeit erreicht werden.

## **2. VORHABENUMSETZUNG**

### **2.1. Ziel des Vorhabens**

Das Vorhaben zielt darauf ab die Versorgung mit Faltschachteln schneller, flexibler und umweltschonender zu gestalten. Dazu wurde eine neue, vollumfänglich digitalisierte Fertigung mit innovativen und ressourcenschonenden Prozess- und Verfahrensabläufen zur Herstellung von Faltschachteln in Klein- und Kleinstmengen aufgebaut und im Markt eingeführt. Im Rahmen des Projektes „Digital Packaging Solutions“ (DPS) wurde das gesamte Geschäftsmodell digitalisiert, vom Auftragseingang bis zur Belieferung der Kunden mit Faltschachteln in kleinen Losgrößen innerhalb von fünf Tagen.

In jeder der einzelnen Wertschöpfungsstufen der Produktion wurden Innovationen umgesetzt. Durch deren Zusammenspiel wird erstmalig ein vollständig digitaler Produktionsablauf mit erheblichen Umweltentlastungen ermöglicht. Auch wenn ein Großteil der Ressourceneinsparungen dem Arbeitsgang Drucken zugerechnet wird, wäre dies ohne die Investitionen in die innovativen Techniken in der Auftragsbearbeitung und der Weiterverarbeitung, insbesondere der Lasertechnologie im Stanzbereich, nicht möglich. Durch die zusammengefasste Verarbeitung verschiedener Kundenaufträge und den Einsatz von innovativen Fertigungstechnologien lassen sich kleine Auflagen von Faltschachteln erheblich ressourceneffizienter als mit herkömmlichen Verfahren produzieren. So kann der Rohmaterialeinsatz<sup>1</sup> im Durchschnitt um rund 49 Prozent gesenkt werden. Bei voller Auslastung der geförderten Produktionskapazität von jährlich 56,25 Mio. Faltschachteln ergeben sich durch eingesparte Rohmaterialien, Druckplatten und Werkzeuge Ressourceneinsparungen von ca. 1.500 Tonnen jährlich, welche umgerechnet CO<sub>2</sub>-Einsparungen<sup>2</sup> in Höhe von 1.389 Tonnen jährlich bedeuten. Die ebenfalls eingesparten Hilfs- und Betriebsmittel tragen zu einer guten Abfallbilanz bei, wurden aber mangels Kennzahlen nicht in die CO<sub>2</sub> Einsparungen einberechnet.

Das Gesamtkonzept beinhaltet darüber hinaus eine weitere bedeutende, gesamtwirtschaftlich zu betrachtender Komponente mit einem beachtlichen umweltschonenden Aspekt: Die bedarfsgerechte Bestellung – ohne Überproduktion – und die schnelle Lieferung von Faltschachteln. Dadurch entfällt beim Kunden die Notwendigkeit einer Lagerhaltung, welche immer damit verbunden ist, dass Übermengen und veraltete Verpackungen vernichtet und entsorgt werden müssen. Die daraus resultierende Ressourceneinsparungen werden in der weiteren Projektbeschreibung aber nicht eingerechnet, da sie für uns nicht messbar sind.

### **2.2. Technische Lösung**

Das gesamte Vorhaben bezieht sich auf die Implementierung und Abstimmung innovativer Technologien für eine neu aufgebaute, automatisierte und digitalisierte Faltschachtelproduktion. Die Neuheit besteht darin, alle Einzelkomponenten an einem Standort zusammenzuführen und erstmalig großtechnisch umzusetzen. Dabei ist zu betonen, dass die umweltschonenden Maßnahmen erst durch das Zusammenwirken der Innovationen in den einzelnen Wertschöpfungsstufen ermöglicht werden. Um dies möglich zu machen, ist weiterhin eine Standardisierung der Produktpalette sowie eine hohe Eigenverantwortung der Kunden notwendig. Nachfolgend wird der Prozess einer Verpackungsbestellung zwischen einer konventionellen Faltschachtelfirma und dem PackEx-Prozess verglichen.

#### **2.2.1 Angebotsanfrage, Bestellung und Auftragsanlage**

Üblicherweise startet der Prozess mit einer Angebotsanfrage, diversen Klärungsgesprächen und oftmals

---

<sup>1</sup> siehe auch Tabelle 1, Seite 13

<sup>2</sup> siehe Anhang A

auch einer Preisverhandlung, bis die Bestellung via E-Mail oder manchmal sogar noch via Fax getätigt wird. Aufgrund der entsprechenden Wartezeiten zwischen Frage, Antwort, Rückantwort, etc. dauert dieser Prozess üblicherweise zwei Wochen. Bei PackEx entfällt dieser komplett, da der Kunde im eigenentwickelten PackEx-Portal rund um die Uhr ohne Begrenzung von Geschäftszeiten sein Angebot entsprechend seiner Konfiguration per Knopfdruck erstellen und die Bestellung tätigen kann. Eine Auftragsbestätigung wird automatisch und auch nur dann versendet, wenn der Auftrag auch technisch produziert werden kann (bzw. die Druckdaten produzierbar sind). Der Auftrag ist dadurch gleich im System. Bis dies in einer klassischen Verpackungsfirma der Fall ist, hat der Auftrag bereits mehrere Stationen bzw. Hände durchlaufen (Worst-Case Papierauftragstasche).

Offene Fragen bzgl. der Produkte oder dem Bestellprozess werden bei PackEx unmittelbar ohne Wartezeiten via Chatbot, E-Mail, Online-Formular oder Telefon geklärt.

### **2.2.2 Druckvorstufe**

Normalerweise werden die Druckdaten des Kunden über verschiedenste Kanäle übermittelt (E-Mail, FTP-Server, etc.) und anschließend manuell oder evtl. halbautomatisch auf Produktionstauglichkeit geprüft und aufbereitet. Hierfür wird eine ganze Abteilung vorgehalten. Bei PackEx erfolgt die Datenprüfung bereits unmittelbar nach dem Upload der Datei mit direkten Kundenfeedback. Dies wird durch einen vollautomatisierten Workflow gewährleistet. Aufgrund der Komplexität der Anfragen, gilt es diesen Workflow kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Darüber hinaus erfolgt im zweiten Teil dieses Workflows die Generierung einer Sammelform, es werden mehrere Kundenaufträge zu einem Produktionsauftrag zusammengefasst um den Rüstaufwand entsprechend signifikant zu reduzieren. Welche Aufträge miteinander gepaart werden können hängt von diversen Attributen wie bspw. gewähltes Kartonmaterial, Faltschachtelgröße oder Produktionsauflage ab.

Die Zuteilung der Produktionsaufträge zu den beiden Druckmaschinen bei PackEx erfolgt anhand einer definierten Steuerlogik: Aufträge mit variablen Daten oder niedrigen Auflagen gehen auf die Digitaldruckmaschine, größere Auflagen auf die Offsetdruckmaschine nach dem FIFO-Prinzip. Planung und Steuerung entfallen somit als Abteilung komplett.

### **2.2.3 Drucken und Lackieren**

Im konventionellen Prozess werden zu druckende Farben nach dem Pantone-Farbsystem als körperliche Sonderfarben angemischt und in das Farbwerk der Druckmaschine gegeben. Ergänzend zu Sonderfarben werden auch Bilder gedruckt, welche aus den vier Grundfarben Cyan, Magenta, Yellow und Black (CMYK) erzeugt werden. Für jede der eingesetzten Farben wird eine Aluminium-Druckplatte hergestellt. Das Lackieren erfolgt in einem speziellen Lackwerk und erfordert ebenfalls die Herstellung einer Lackplatte aus Kunststoff mittels Schneideplotter.

Bei PackEx entfallen nun sämtliche vorbereitende als auch erhebliche Reinigungsprozesse an der Maschine. Durch die Erweiterung des Grundfarbensystems (CMYK) mit den Farben Orange, Grün und Violett auf sieben Farben müssen Sonderfarben weder angemischt noch in der Maschine gewechselt werden. D.h. anstatt eine Sonderfarbe anzumischen wird diese anhand der sieben Farben, welche sich kontinuierlich in der Druckmaschine befinden, nachempfunden. Darüber hinaus erfolgt das Lackieren auch mittels einer Druckplatte als achter transparenter „Druckfarbe“. Eine Lackplatte wird dadurch wie eine Druckplatte produziert. Die Herstellung erfolgt dabei vollautomatisch ohne jegliche Interaktion eines Bedieners. Für das Lackieren entfällt dadurch bei jedem Auftrag die Herstellung der Lackplatten aus Kunststoff und der zusätzliche Rüstaufwand für eine spezielle Lackiereinheit der Druckmaschine. Ermöglicht wird die

Anwendung dieser innovativen Lackiertechnik durch eine gemeinsame Lackentwicklung von PackEx und einem Lackhersteller.

Es kommen zwei verschiedene Druckverfahren bei PackEx zur Anwendung. Zum einen der in der Verpackungsbranche mit viel Skepsis betrachtete Digitaldruck, zum anderen der bekannte Offsetdruck mit der Besonderheit eines Kurzfarbwerkes<sup>3</sup>. Beide Verfahren verwenden das 7-Farbsystem und übertragen die Farben mittels eines Gummituchs auf das Substrat. Im Digitaldruck wird jedoch eine Druckeinheit für alle sieben Farben verwendet, im Offsetdruck je Farbe ein eigenständiges Druckwerk (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2). Ein weiterer Vorteil des Digitaldrucks ist der Entfall einer physischen Druckplatte. Durch die Parametrisierung eines einheitlichen Colormanagement-Systems für beide Druckverfahren erzielen beide PackEx-Druckmaschinen identische Farbergebnisse.

Die Neuheit im Druck steckt vor allem in der Erweiterung des Grundfarbensystems von vier auf sieben Farben sowie dessen konsequenter Anwendung und Perfektionierung in beiden Druckverfahren sowie dem Lackprozess an sich. Nachfolgende Abbildung zeigt die Maschinenaufstellung der eben genannten Prozesse.

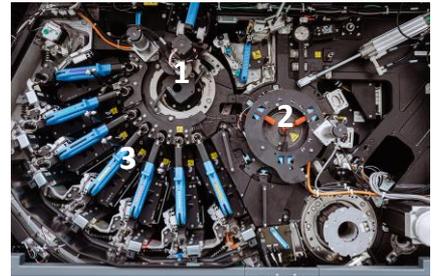


Abbildung 1: HP-Indigo Druckeinheit  
(1 = digitaler Druckzylinder,  
2 = Gummituchzylinder,  
3 = Zuführung sieben Grundfarben)



Abbildung 2: Anicolor-Kurzfarbwerk  
(1 = Farbzuführung, 2 = Rasterwalze für  
gleichmäßige Färbung, 3 = Übertragungs-  
walze, 4 = Druckplattenzylinder)



Abbildung 3: Digitaldruckmaschine (1) und Offsetdruckmaschine (2) beide mit 7 Druckfarben sowie Ablage der automatisierten Plattenstraße (3)

<sup>3</sup> auch genannt Anicolor-Offset; Quelle Bild Anicolor-Druckwerk siehe Literaturverzeichnis Nummer 7

## 2.2.4 Stanzen / Schneiden

In der konventionellen Faltschachtelherstellung erfolgt nach dem Drucken der Stanz- und Prägeprozess. Dieser Vorgang benötigt immer ein Werkzeug bestehend aus zwei Bauteilen, einer Matrize und einer Patrize. Die Herstellung dieser Werkzeuge ist mit einem Abstimmungsaufwand, Lieferzeit, Rohstoffverbrauch und schließlich Rüstzeiten verbunden. Rentabel wird dieser Prozess erst ab einer gewissen Auflagenhöhe. Um Kleinstauflagen ressourceneffizient abwickeln zu können, hat man bei PackEx zusammen mit der Firma LasX aus den USA eine Laser-Maschine entwickelt. Hierbei werden die Druckbögen von der Rückseite mit einem Laserstrahl bearbeitet. Dabei werden zum einen die einzelnen Faltschachteln in ihrer Kontur geschnitten, zum anderen aber auch die üblichen Falllinien anstatt zu rillen (mittels Werkzeug) mittels Laser-Nutlinien nachempfunden (siehe Abbildung 7). Abschließend erfolgt das roboterbasierte Ausbrechen und Sortieren der einzelnen Faltschachteln, ein Prozess welcher heute bei Kleinauflagen oftmals manuell ist oder ein zusätzliches Werkzeug erfordert. Vor allem in der Ausprägung der Nutlinien als auch den sauberen Schnittkanten steckt die Entwicklungsleistung von PackEx. Um eine perfekte Biegekante der jeweiligen Laschen reproduzierbar zu erhalten müssen bspw. eine verschiedene Anzahl an Nutlinien mit verschiedenen Abständen und Eindringtiefen eingestellt werden. Für eine verfahrensunabhängige, messtechnische Bewertung der Biegekanten wurde im FFI unter Mitwirkung von PackEx die technische Richtlinie „Gute Rillbarkeit“ erarbeitet, welche im August 2018 veröffentlicht wurde und in die DIN-Norm 55437 gegenwärtig eingearbeitet wird.<sup>4</sup>

Die Laser-Technologie macht es möglich, Sammelformen mit einer perfekten Bogenausnutzung bzw. minimalen Kartonabfall in sehr kurzer Lieferzeit fertigen zu können. Aktuell sind Rüstzeiten von nur wenigen Minuten möglich. Ziel ist es nach wie vor, einen nahezu unterbrechungsfreien Auftragswechsel bei laufender Maschine zu erreichen. Auch die Maschinengeschwindigkeit gilt es noch zu erhöhen, um die Laser-Technik für höhere Auflagen auch wirtschaftlich zu machen. Hierfür ist man im kontinuierlichen Austausch mit dem Maschinenhersteller zur Weiterentwicklung der Maschine bzw. des Prozesses. Nachfolgende Abbildungen zeigen die Laser-Maschine, welche aus den Funktionseinheiten Bogenanleger, Laser-Einrichtung, Roboter-Ausbrechstation und Auslaufband bestehen.



Abbildung 4: Lasermaschine LasX

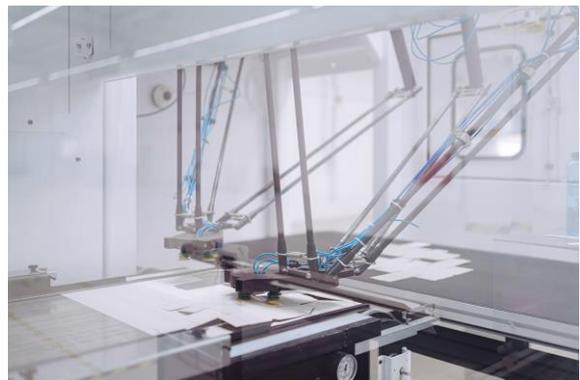


Abbildung 5: Robotersystem zum Ausbrechen der Faltschalten aus dem Druckbogen

Wie im Druckprozess werden die Vorteile der digitalen und konventionellen Technologien bestmöglich genutzt und für Großauflagen alternativ auch eine klassische Stanzmaschine eingesetzt. Im klassischen Stanzverfahren werden Werkzeuge benötigt. Da bei PackEx auf einem Druckbogen pro Auftrag verschiedene Kundenaufträge zusammengefasst werden, wäre bei dem klassischen Stanzvorgang für jeden Auftrag ein neues Werkzeug zu erstellen. Dies entfällt bei PackEx durch den Einsatz eines eigenentwickelten

<sup>4</sup> siehe Literaturverzeichnis Quelle 4

und patentierten Einspannrahmens für oberes und unteres Werkzeug. Dieser Rahmen kann vier kleine, kundenindividuelle Werkzeuge aufnehmen und ein passgerechtes Einrichten in vertretbarer Zeit gewährleisten.<sup>5</sup>



Abbildung 6: Schließrahmen zum Aufnehmen von 4 Werkzeugen

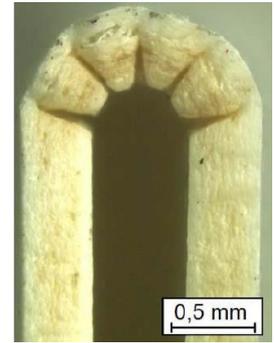
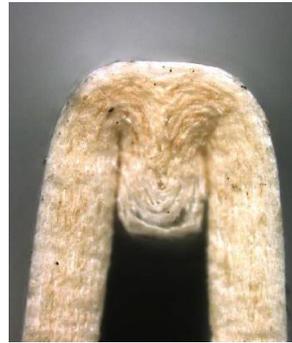


Abbildung 7: Vergleich konventionelle Rillung (links) mit Laser-Nutlinien (rechts)

### 2.2.5 Prägen

Geprägte Elemente wie Blindenschrift werden Stand heute mit Werkzeugen, entweder im Stanz- oder im Klebprozess aufgebracht. Wiederum nutzt PackEx die Stärken zweier Technologien: Für Großauflagen kann die Stanzmaschine mit Werkzeugen eingesetzt werden, im Standard-Prozess wird die Blindenschrift digital aufgebracht. Dazu kommt abermals eine innovative Maschine zum Einsatz, welche in Zusammenarbeit mit fünf verschiedenen Partner als Weltneuheit entwickelt wurde. Die einzelnen Blindenschriftpunkte werden additiv mit einem transparenten UV-Lack aufgebracht, welcher mittels LED-Licht aushärtet (siehe Abbildung 8). Im Prozess integriert erfolgt eine 100%-Kontrolle der Anwesenheit, Platzierung und Höhe der Blindenschrift – auch hier handelt es sich um ein absolutes Novum. Mit dieser Technik kann die oftmals vorhandene Skepsis gegenüber digitalen Produktionsverfahren entkräftet werden. Weiterhin wird dadurch der üblicherweise später angesiedelte Qualitätsprüfungsprozess vollends digitalisiert. Mittels einer Master-Thesis wurde sowohl der Applikations- als auch Prüf-Prozess bis zur Produktionsreife entwickelt. Nachfolgende Abbildung 9 zeigt die transparenten Druck- bzw. Braille-Punkte auf einer Faltschachtel.

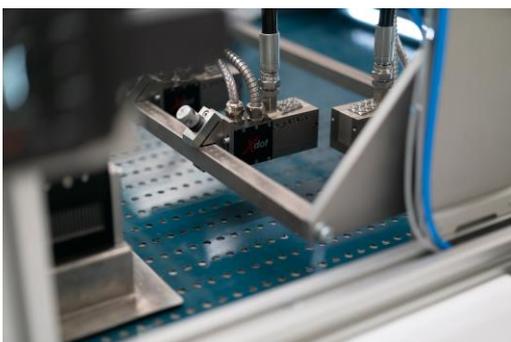


Abbildung 8: Drei Braille-Druckköpfe mit anschließender LED-Trocknung



Abbildung 9: Faltschachtel mit digitaler Braille

<sup>5</sup> Quelle Abbildung 6 siehe Literaturverzeichnis Nummer 5

### 2.2.6 Falten und Kleben inkl. Qualitätssicherung

Nun werden die einzelnen Faltschachtelzuschnitte geklebt. Hierfür verwendet PackEx eine entsprechende Maschine ausgerichtet für Kleinauflagen, welche sich größtenteils automatisch einrichtet. Nichtsdestotrotz ist an diesem Prozessschritt immer noch der größte manuelle Aufwand erforderlich. Dieser wurde jedoch soweit wie möglich automatisiert, eine Digitalisierung erfolgte auch hier beim Qualitätsprüfungsprozess. Dieser wurde als eigenständiger, nachgelagerter Prozess vollends obsolet, da auch das Druckbild jeder einzelnen Schachtel in der Faltschachtelmaschine mit dem Kunden-PDF abgeglichen und ggf. bei Abweichungen direkt ausgeschleust wird. Ein wesentlicher Beitrag zur Erfüllung von Qualitätssicherungsanforderungen im geregelten GMP-Umfeld.

Zusätzlich werden im Klebeprozess für die Branche ungewöhnliche jedoch innovative semi-automatische Klebeprozesse eingesetzt. Mit dieser Technologie können vielseitige Konstruktionen ohne großartigen Einrichteaufwand abgewickelt werden.

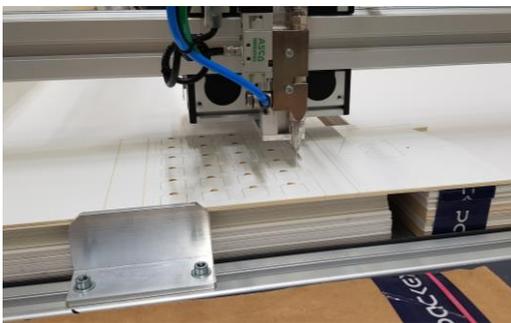


Abbildung 10: Klebeleimdüse (Adventskalender als zu klebendes Produkt)



Abbildung 11: Halbautomatische Klebelinie

### 2.2.7 Umverpackung und Versand

Statt vorproduzierte und gelagerte Wellpappkisten in verschiedenen Größen einzusetzen, werden bei PackEx die Wellpapp-Umverpackungen passgenau je Auftrag gefertigt. Anhand der Konstruktion, den gewählten Maßen, der Kartondicke sowie schließlich der Auflage errechnet der Produktions-Workflow Abmessungen und Stückzahl der Wellpapp-Umverpackungen und gibt diese Daten zur Fertigung weiter. Dadurch bieten die PackEx-Umverpackungen zum einen optimalen Produktschutz, zum anderen wird auch keine unnötige Luft versendet. Dieser Prozess ist vollends digitalisiert und automatisiert. Produziert werden die Umverpackungen auf einer Standard-Anlage der Firma Packsize (Abbildung 12). Die Fertigung dieser passgenauen Umverpackungen ermöglicht es erst, den Versand der Ware von Palettenverladung via LKW auf Paketdienst umzustellen.

Die Informationen zum Etikett der Umverpackungen werden direkt vom Produktionssystem an den Label-Drucker gesendet. Letztlich erfolgt der digitale, papierlose Versand der Rechnungen an den Kunden.



Abbildung 12: Packsize-Maschine zur maßgenauen Herstellung der Wellpapp-Umverpackung

Aus den neu konzipierten, digitalisierten Prozessen ergeben sich vielfältige Umweltentlastungen, die primär im Bereich der Ressourceneffizienz und Abfallvermeidung liegen. Für die im Förderzeitraum installierte Maschinenkapazität werden die im Projektantrag berechneten Umweltentlastungen in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Den Berechnungen liegt keine Vollauslastung, sondern eine jährliche Fertigungsmenge von 25 Mio. Faltschachteln und eine durchschnittliche Menge je Auftrag von 1.100 Faltschachteln zu Grunde. Rechnerisch resultieren die Umweltentlastungen somit aus ca. 22.750 Aufträge/Jahr, was ca. 90 Aufträge pro Arbeitstag entspricht. Diese Auftragsstruktur und Auslastungsniveau sollte im ursprünglichen Projektantrag bis zum geplanten Projektende April 2019 erreicht werden. Nach Verzögerungen beim Projektstart und in der Projektumsetzung wurde die Projektlaufzeit bis zum 31.12.2019 verlängert. Die Berechnung nachfolgender Tabelle beruht auf den oben genannten geplanten Auftragskennzahlen sowie der Erreichung der Leistungswerte in den einzelnen Prozessstufen. Die Soll und Ist-Werte sind in Kapitel 3.2, Tabelle 3 dargestellt.

*Tabelle 1: Berechnung der Umweltentlastung bis zum Projektende im Projektantrag mittels der geförderten Anlagen*

Umweltentlastung	Bisher	Neu mit DPS	Einsparung Menge	in %	Einsparung in €/a
<b>Rohmaterialeinsatz im Gesamtprozess (Drucken, Stanzen, Kleben)</b>					
Reduzierung Frischfaserkarton	1.250 t/a	640 t/a	610 t/a	49%	549.000 €
<b>Drucken</b>					
Aluminium für Druckplatten	60.000 m <sup>2</sup> /a	11.000 m <sup>2</sup> /a	40 t/a	82%	245.000 €
Entwicklerchemie Druckplatten	2.450 l/a	150 l/a	2.300 l/a	85%	1.500 €
Frischwasser Druckplattenentwicklung	7.300 l/a	450 l/a	6.850 l/a	85%	50 €
Waschmitteln zur Säuberung der Farbwerke und der Gummitücher	1500 l/a	200 l/a	1.300 l/a	87%	1.500 €
Vliesstoff zur Reinigung Offsetdruck-Gummitücher	3.000 m <sup>2</sup> /a	600 m <sup>2</sup> /a	0,01 t/a	80%	1.200 €
Farbwechsel Offsetdruckfarben	800 kg/a	10 kg/a	0,79 t/a	98%	12.000 €
Entfall der Kunststoff-Lackplatte (PET)	2.500 Stück/a	0	1,8 t/a	100%	108.750 €
<b>Stanzen</b>					
Entfall von Stanzwerkzeugen	850 Stück/a	85 Stück/a	765 Stück/a	90%	612.000 €
- Holzfaserplatten	8.500 kg	850 kg	7,65 t/a	90%	
- Metalllinien	4.250 kg	425 kg	3,825 t/a	90%	
- Gummi	850 kg	85 kg	0,765 t/a	90%	
<b>Versand</b>					
Einsparung der Paletten	10.000 St.	0	150 t/a	100%	90.000 €
Einsparung der Stretch Folie	4.000 kg	0	4 t/a	100%	5.000 €
<b>Einsparungen total:</b>					<b>1.626.000 €</b>

Rechnet man die oben gezeigten Einsparungen der Materialien um in CO<sub>2</sub>, so ergibt sich wie in nachfolgender Tabelle dargestellt eine Einsparung in Höhe von ca. 620 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Die Berechnungsgrundlagen sind in Anhang A einzusehen.

Tabelle 2: Einsparungen in CO2 für Einsparmengen bis Projektende lt. Projektantrag

Material	Einsparungen je Einheit gegenüber konventioneller Produktion	Freisetzung von CO2 bei Herstellung je Tonne des Materials	Einsparung CO2
Frischfaserkarton inkl. Faltschachtelherstellung	610 t/a	885 kg	540 t/a
Aluminium	40 t/a	1.200 kg	48 t/a
Holzfasern	7,65 t/a = 28,3 m <sup>3</sup>	917 kg/m <sup>3</sup> Holz	26 t/a
Bandstahl	3,825 t/a	1.720 kg	6,6 t/a
Gummi	0,765 t/a	900 kg	0,7 t/a
<b>Gesamtsumme:</b>			<b>621,3 t/a</b>

### 2.3. Umsetzung des Vorhabens

Die wesentlichen konzeptionellen Planungen und Erprobungen der Technologie haben bereits in den Jahren 2016 und 2017 in einer kleinen Projektgruppe stattgefunden. In diese Zeit fällt auch die Ausarbeitung des UIP Förderantrages, um die Finanzierung des Vorhabens sicherzustellen. Nach dem positiven Kurzvotum auf die Projektskizze wurde am 30.01.2018 der Förderantrag eingereicht. Mit Schreiben vom 6. Februar erhielten wir auch die Genehmigung, im Rahmen der weiteren Projektvorbereitung unverbindliche Bestellungen mit Rücktrittsklauseln vornehmen zu dürfen. Viele der Anlagen hatten sehr lange Lieferzeiten und es war wichtig, für die weiteren Planungen die Lieferanten und Aufstellungsrichtlinien der Maschinen zu kennen. Die Lieferanten waren auch sehr daran interessiert bei diesem innovativen Projekt beteiligt zu sein und haben im Frühjahr 2018 entsprechende Verträge mit uns geschlossen. Auf dieser Basis konnte die Planung der Infrastruktur im anzumietenden Gebäude beginnen. Parallel wurde das Projektteam mit Fachleuten aus den Bereichen Marketing, Business Development und Business Administration verstärkt.

Am 01.08.2018 wurde uns das angemietete Gebäude übergeben und die Infrastruktur konnte für die bevorstehende Installation von Maschinen vorbereitet werden. Mit Schreiben vom 15. Oktober 2018 erhielten wir die Genehmigung zum Beginn des Vorhabens. Ab diesem Zeitpunkt konnten die Maschineinbetriebnahmen nach und nach abgeschlossen werden und die Fertigungsprozesse mit den neuen Mitarbeitern eingeübt werden. Mit Pilotpartnern wurden ab Dezember 2018 erste Aufträge realisiert. Parallel wurde die Programmierung der individuellen Software vorgenommen und auch der finale Markenauftritt unter dem Namen PackEx vorbereitet. Die Umfirmierung zur PackEx GmbH erfolgte zum 1. Februar 2019.

Zum 01. April 2019 wurde das PackEx Bestellportal erstmals frei zugänglich live geschaltet sowie PR-Maßnahmen zum Marktstart lanciert. Beispielhaft sei erwähnt, dass die beiden Press Releases im April 2019 von 71 Presseportalen und von 23 Zeitungen und Fachzeitschriften aufgegriffen und veröffentlicht wurden. Die Pressemeldung zu „Ressourcenbewusster Beschaffung“ und zur Förderung durch das UIP vom 8. Mai 2019 wurde von 35 Medien aufgegriffen.<sup>6</sup> Weitere Beispiele zu Veröffentlichungen sind im Literaturverzeichnis aufgeführt.

<sup>6</sup> siehe Literaturverzeichnis Quelle 1 und 2

Die Grund-Funktionalität des Bestellportals war zum 1. April 2019 hergestellt. Die intuitive Bedienbarkeit und der Funktionsumfang waren zu diesem Zeitpunkt aber noch sehr rudimentär. Die Programmierung von neuen Funktionen und ein verbessertes UI- und UX-Design sind seither ein kontinuierlicher Prozess.

Erst im vierten Quartal 2019 konnte verspätet die geplante maschinelle Ausstattung in der Weiterverarbeitung für größere Formate, semi-manuelles Kleben von Sonderkonstruktionen und die innovative Weltneuheit „Digitale Blindenschrift auf Faltschachteln“ abgeschlossen werden. Damit wurden alle technischen Ziele im Förderprojekt bis zum verlängerten Abschlussdatum des Förderzeitraums realisiert.

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

Die im Rahmen des Vorhabens realisierten Anlagen sind nicht genehmigungspflichtig bzw. unterliegen keiner Abnahmepflicht. Für den Betrieb der Anlagen bedurfte es somit keiner behördlichen Genehmigung. Zur Umsetzung des Projektes musste lediglich ein Bauantrag für den Umbau des angemieteten Standortes eingereicht werden. Dieser wurde in der entsprechenden Bearbeitungszeit genehmigt, und somit die erforderliche Betriebserlaubnis erteilt.

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

Die wesentlichen notwendigen Betriebsdaten in der Start- und Ramp-Up Phase sind die Zahl der Aufträge, die durchschnittliche Bestellmenge, die Zahl der eingesetzten Werkzeuge und die erzielten Ausschussquoten beim Einrichten der Maschine. Bis auf die Ausschussquote werden alle Werte durch die integrierte PackEx-Auftragsbearbeitung automatisch erfasst. Die Ausschussquoten wurden durch manuelle Aufschriebe und Beobachtung durch die Produktionsvorgesetzten erfasst. Auch bei Maschinenabnahmen mussten entsprechende Leistungsvorgaben und die zum Ziel gesetzten Ausschussquoten erreicht werden.<sup>7</sup>

Ein speziell konzipiertes Messprogramm zur Erfassung von Energiedaten oder Verbrauchsdaten ist nicht erforderlich.

---

<sup>7</sup> Auftragskennzahlen sowie die Erreichung der Leistungswerte in den einzelnen Prozessstufen sind in Kapitel 3.2, Tabelle 3 dargestellt

### 3. ERGEBNISDARSTELLUNG ZUM NACHWEIS DER ZIELERREICHUNG

#### 3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung

Das Vorhaben konnte in technischer Hinsicht erfolgreich umgesetzt werden. Im technischen Bereich bestanden die Schwierigkeiten vor allem in längeren Lieferzeiten von Maschinen und Lieferverzögerungen auf zugesagte Termine. Insbesondere die um vier Monate spätere Lieferung der Laseranlage verhinderte, dass wir die innovative Lasertechnik Pilotpartnern und Referenzkunden frühzeitig vorstellen konnten und dadurch Freigaben für die neue Spezifikation der Faltschachtelherstellung erhielten. Es ist uns nicht gelungen im Projektzeitraum bei einem großen namhaften pharmazeutischen Hersteller für die Lieferung in die Supply Chain freigegeben zu werden. Trotz großem Interesse auf der Kundenseite, sind solche Firmen sehr träge und benötigen vielfältige Ressourcen, um die Qualifizierung mit einem neuen Lieferanten und dazu noch mit neuer, innovativer Technologie abzuschließen. In einem Fall wurde im September 2019, kurz vor Abschluss der Gespräche, vom Konzern die baldige Schließung des Standorts bekanntgegeben und damit die Qualifizierung abgebrochen. In drei weiteren Fällen läuft (auch bedingt durch die Corona Krise) die Qualifizierung auch im Jahr 2020 immer noch.

Wir haben den Zeitbedarf für den Go-to-Market und für die Kundengewinnung falsch eingeschätzt. Wir sind davon ausgegangen, dass viele Bestandskunden des Mutterunternehmens die vielfältigen Vorteile von PackEx erkennen und nutzen wollen. Das innovative Angebot wird von vielen Kunden durchaus gesehen und begrüßt, doch ist ihre Organisationen nicht darauf ausgerichtet, in einem digitalen Portal zu bestellen. Die Beschaffungsprozesse großer Firmen funktionieren sehr arbeitsteilig und sind den ERP-Systemen wie SAP darauf ausgelegt alle Materialgruppen mit wenigen Standardprozessen zu bedienen. Diese Prozesse beinhaltet ein Lieferantenmanagement mit Qualifikation und Freigabe zugelassener Lieferanten für definierte Materialgruppen, die Hinterlegung der Spezifikation in Artikelbeschreibung sowie verhandelter Preise pro Liefereinheit, eine Eingabe von Bedarfsmeldungen durch eine Fachabteilung, ein zusammenführen der Bedarfe und Bestellung durch die Einkaufsabteilung, und einen geregeltm Auftragsbestätigungsprozess mit Lieferüberwachung. Durch die Eingabe der Bestellung im Kunden ERP-System werden weitere materialwirtschaftliche Prozesse wie Wareneingang, Bestandsverwaltung und Bedarfsrechnung gesteuert, ebenso die Rechnungskontrolle und Bezahlung. Eine Eingabe einer Bestellung auf dem PackEx Portal wäre ein weitreichender Bruch der Organisationsregeln auf Kundenseite. Um eine Bestellung aus dem Kunden ERP-Systems im PackEx Portal zu ermöglichen, bedarf es eines gemeinsamen Projektes mit beiderseitigen Anpassungen, Schnittstellen und neuen Prozessbeschreibungen. Diese Anpassungen sind durchaus möglich, bedürfen aber deutlich längere Vorlaufzeiten und die Bereitschaft zur Veränderung auch auf Kundenseite. Ein schmerzhaftes Learning für PackEx. Zum Ende des Förderzeitraums haben wir unsere Marktziele nicht annähernd erreichen können.

Als sich diese Schwierigkeiten im dritten Quartal 2019 abzeichneten, wurden unsere Go-to-Market Aktivitäten branchenoffen auf kleinere Unternehmen, Start-Ups, Agenturen und Werbemittelbedarf ausgerichtet. Bis zum Ende der Förderzeit 2019 wurden 77 verschiedene Kunden bedient, dabei allerdings nur 369 Aufträge verbucht. Der neue Go-to-Market Ansatz wurde im Jahr 2020 weiterverfolgt, und durch Marketingmaßnahmen sowie den Aufbau eines branchenoffenen Business Development unterstützt. Die Corona Pandemie bremste PackEx erneut aus. So sank der Werbemittelbedarf weltweit zeitweise um 80 %, und auch Agenturen hatten aufgrund der sehr viel geringeren Zahl an Markteinführungen von neuen Produkten einen erheblichen Auftragseinbruch zu verkraften. Trotz dieser Schwierigkeiten ist es PackEx im Jahr 2020 gelungen die aktive Kundenbasis auf über 160 Kunden auszubauen. Diese Zahl zeigt den durchaus vorhanden Bedarf am Markt und die Akzeptanz der neuen Technologien durch eine wachsende Anzahl an Kunden. Auch die Auszeichnung mit dem Deutschen Verpackungspreis 2020 in der Sparte Digitalisierung, vergeben durch das Deutsche Verpackungsinstitut unter der Schirmherrschaft des Bundesministers für Wirtschaft und Energie, sowie der Erhalt des VisionAward\_20 zeigen den Leuchtturmcharakter der PackEx Lösung und sind ein hoffnungsvolles Signal für die Zukunftsfähigkeit des Konzeptes. Der VisionAward zeichnet bereits seit 2006 Unternehmen mit besonders zukunftssträchtigen,

innovativen und disruptiven Geschäftsmodellen aus. Initiiert wurde der Award von Ulrich Clef, der auch als Jury-Vorsitzender fungiert. Unter den bisherigen Preisträgern finden sich so bekannte Namen wie Last FM, Amiando, Brands for Friends oder MyTaxi.

### 3.2. Stoff- und Energiebilanz

Wie unter 3.1 erläutert, gab es im Projektverlauf Verzögerungen bei der Aufnahme des Geschäftsbetriebs und erhebliche Probleme beim Go-to-Market mit dem digitalen Bestellportal. Ursprünglich sind wir davon ausgegangen bis zum Abschlussbericht auf ein Produktionsvolumen von 90 Aufträgen am Tag zu kommen. Mit dieser Grundauslastung hätten wir die in Tabelle 1 im Kapitel 2.2 dargestellten Einsparungen fundiert belegen können. Im Förderzeitraum lag die Zahl der täglich produzierten Aufträge durchschnittlich bei fünf. Eine viel zu geringe Zahlenbasis zur Berechnung der Ist-Einsparungen im Projekt. In die Bewertung schließen wir deshalb die Erfahrungen und Produktionskennzahlen bis zum 30.10. 2020 mit ein. Aber auch im Jahr 2020 konnten die Marktziele nicht erreicht werden. Bis März stieg die Zahl der Aufträge und Kunden kontinuierlich an. Der Corona Lockdown führte dann im April und Mai zu rückläufigen Auftragseingängen bevor ab Juli wieder ein zumindest linearer Anstieg der Auftragszahlen festzustellen ist.

PackEx erhält weithin sehr positives Kundenfeedback. Die innovative Lasertechnologie wird angenommen, geradezu nachgefragt. Die Lasertechnologie ist zur Schlüsseltechnologie und zum Markenzeichen von PackEx geworden. Nur in wenigen Ausnahmefällen wird kundenseitig die Fertigung mit einer Stanzform verlangt, oft begleitet mit parallelem Testlauf von mit Lasertechnologie gefertigten Faltschachteln und anschließender Freigabe des Verfahrens. Mehrfach wurde die Funktionalität der mit Laser gefertigten Faltschachteln auf schnell laufenden Abpackmaschinen nachgewiesen. Auch die Qualität überzeugt. Die Reklamationsquote ist sehr gering. Der überwiegende Teil der Kunden sind Wiederbesteller. Unser Angebot und Leistungsversprechen ermöglicht einigen unserer Kunden überhaupt erst ihr Geschäftsmodell. Viele unserer Kunden steigen mit neuen Produkten in Kleinmengen in den Markt ein oder verbreitern – bzw. individualisieren ihr Angebot. Diese Marktbearbeitung braucht aber deutlich mehr Zeit als angenommen, insbesondere unter den bestehenden Corona-Kontakteinschränkungen.

In qualitativer Hinsicht können anhand der produzierten Aufträge nachvollziehbare Aussagen getroffen werden, welche einerseits die mangelnde Zielerreichung aufgrund der fehlenden Auslastung belegen aber andererseits uns an den berechneten Einsparungszielen weitgehend festhalten lässt.

*Tabelle 3: Soll – Ist Vergleich Produktionskennzahlen zur Berechnung der erzielten Umweltentlastungen (Stand Okt.2020)*

<b>Einsparungskriterium</b>	<b>Geplant bis Abschlussbericht</b>	<b>Bisher erreicht</b>	<b>Erreichbar unter Vollaustattung</b>
Anzahl Aufträge je Arbeitstag	90	7	200
Ø Anzahl Aufträge je Druckbogen	4	1,3	4
Anteil der Aufträge im Digitaldruck	40 %	49 %	40 %
Makulaturbogen je Auftrag Digitaldruck	7	8	7
Makulaturbogen je Auftrag Anicolor-Offsetdruck	35	80	40
Anteil Aufträge ohne Stanzwerkzeug	90 %	> 99 %	> 90 %
Makulaturbogen Stanzen	5	15	5
Makulaturbogen Laser-Schneiden	1	5	3
Ø Anzahl FS je Auftrag	1.100	1.360	1.100
Anlauf-Schachteln Faltschachtelklebmaschine <sup>8</sup>	15	30	15

<sup>8</sup> In Bezug auf Längsnaht-Konstruktionen

Die Kennzahlen und bisherige Produktionserfahrungen bestätigen das unsere Annahmen zur Ressourceneinsparung bei ausreichender Auslastung erreicht werden können. Die angenommenen Einsparungen bei Stanzwerkzeugen werden deutlich übertroffen. Die Vorteile der PackEx-Innovationen können Kunden insbesondere bei neuen Produkten nutzen indem gänzlich auf die Anschaffung von Stanzwerkzeugen verzichtet wird und dadurch Kosten reduziert, und die Liefergeschwindigkeit deutlich erhöht wird. Allein im Förderzeitraum bis Ende 2019 wurden über 235 verschiedene Packungsgrößen gefertigt und damit die Herstellung von Stanzwerkzeugen in fast gleicher Größenordnung vermieden. Auch der berechnete Anteil der im Digitaldruck gefertigten Aufträgen entspricht bereits heute den Erwartungen. Die zu geringe Zahl täglich eingehender Aufträge verhindert noch die wichtige Zusammenfassung von Aufträgen auf einem Druckbogen und das effektive Training der Mitarbeiter, um die Makulaturquote auch zu erreichen.

*Tabelle 4: Stoffbilanz Ausgangssituation vs. Innovation*

Produktionsschritt	Einheit	Stand der Technik	Innovationsziel PackEx
Einrichtemakulatur Drucken	Bogen je Auftrag	250	7
Einrichtemakulatur Stanz-Laserschneidprozess	Bogen je Auftrag	25	4
Klebeprozess	Stück Faltschachteln	300	15

### **3.3. Umweltbilanz**

PackEx ist als StartUp ohne bestehende Umweltbelastung gestartet. Eine Umweltbilanz von PackEx baut auf den Vergleich des CO<sub>2</sub>-Austoßes zum Branchenstandard, dargelegt in Kapitel 2.2, multipliziert mit der Menge der gefertigten Aufträge. Die CO<sub>2</sub>-Einsparungen korrelieren direkt mit dem Markterfolg von PackEx und der dadurch generierten Anzahl an Aufträgen. Die Einsparung von CO<sub>2</sub> durch dieses Projekt im Berichtszeitraum bis 30.10.2020 werden in den nachfolgenden Tabellen näherungsweise aus den Einsparungen der Hauptmaterialien berechnet.

Die Berechnungsgrundlagen für die Einsparungsberechnung im Zeitraum von Marktstart bis zum 30.10.2020 sind neben den obigen Tabellen 2 und 3 folgende Kennzahlen:

- Anzahl Kundenaufträge: 1.610
- Durchschnittliche Bestellmenge je Auftrag: 1.360
- Anzahl Faltschachtelgrößen: 840
- Durchschnittliche Anzahl FS je Druckbogen: 8
- Durchschnittliches Gewicht des eingesetzten Kartonbogens: 116 g

Nachfolgende Tabelle zeigt die Einsparungen am Hauptrohstoff Karton auf. Dieser wird insbesondere beim Rüsten in allen drei Prozessschritten eingespart. Dabei werden die Makulaturbogen zum Einrichten der Maschinen im Vergleich zum heutigen Branchen-Standard signifikant eingespart.

Tabelle 5: Ist-Einsparung Frischfaserkarton bis zum 30.10.2020 (unter Einbeziehung der Werte aus Tabelle 2 und 3)

Kartonverbrauch	konventionelle Fertigung	PackEx-Fertigung	Einsparung
Anzahl Aufträge je Bogen	1	1,3	---
Anzahl Produktionsaufträge	1.610	1.238	---
Makulatur Druck in Bogen je Auftrag	250	45	---
Makulaturbogen Druck	402.500	55.731	346.769
Makulaturbogen Stanzen/Laserschneiden in Bogen je Auftrag	25	5	---
Makulaturbogen Stanzen/Laserschneiden	40.250	6.192	34.058
Makulatur Kleben umgerechnet in Bogen je Auftrag	38	4	---
Makulaturbogen Kleben	60.375	4.644	55.731
<b>Summe eingesparte Kartonbögen bis 30.10.2020</b>			<b>436.558</b>
Einsparung Frischfaserkarton in Tonnen			50,7
Einsparung CO2 je Tonne Frischfaserkarton in kg			885
<b>Einsparung CO2 durch Einsparung Frischfaserkarton in t</b>			<b>44,8</b>

Die Einsparung an Aluminium für Druckplatten wird im Wesentlichen erzielt durch den Einsatz der Digitaldrucktechnologie sowie der Zusammenfassung von mehreren Kundenaufträgen zu einem Fertigungsauftrag.

Tabelle 6: Ist-Einsparung Aluminium bis zum 30.10.2020 (unter Einbeziehung der Werte aus Tabelle 2 und 3)

Druckplattenverbrauch	konventionelle Fertigung	PackEx-Fertigung	Einsparung
Anzahl der Druckplatten je Auftrag	5	7	---
Anzahl der Aufträge mit Druckplatten	1.610	632	---
Verbrauch Druckplatten in Stück	8.050	4.421	3.629
Gewicht je Druckplatte in kg			0,366
<b>Einsparung Aluminium in t</b>			<b>1,3</b>
Einsparung CO2 je Tonne Aluminium in kg			1.200
<b>Einsparung CO2 durch Einsparungen Druckplatten in t</b>			<b>1,60</b>

Nachfolgende Tabelle zeigt die Einsparung an Stanzwerkzeugen, welche aus den Rohstoffen Holz, Stahl und einem Gummimaterial bestehen. Die Anzahl der Werkzeuge entspricht dabei der Anzahl an gefertigten Faltschachtelgrößen.

Tabelle 7: Ist-Einsparung Stanzwerkzeug bis zum 30.10.2020 (unter Einbeziehung der Werte aus Tabelle 2 und 3)

Einsatzstoffe für Stanzwerkzeuge in kg		Einsparung CO2 je Tonne Einsatzstoff in Tonnen	Einsparung CO2 in Tonnen
Holzfaserverplatten (10 kg je Stanzwerkzeug)	8.400	3,4	28,6
Bandstahl / Metalllinien (5 kg je Stanzwerkzeug)	4.200	1,72	7,2
Gummi (0,1 kg je Stanzwerkzeug)	840	0,9	0,8
<b>Einsparung CO2 durch Einsparung Stanzwerkzeuge in t</b>			<b>36,5</b>

Die CO2-Einsparungen auf Basis der Ressourceneinsparung der eben berechneten Hauptmaterialien addiert sich bis zum Ende des Bericht-Zeitraums gemäß nachfolgender Tabelle.

Tabelle 8: Summe der erzielten Einsparungen bis zum 30.10.2020

Einsatzgebiet	Einsparungen CO2 in Tonnen
Einsparungen Kartonverbrauch	44,8
Einsparungen Druckplattenverbrauch	1,6
Einsparungen Stanzwerkzeuge	36,5
<b>SUMME</b>	<b>82,9</b>

Der ermittelte Wert von 82,9 Tonnen CO2 aus 1.610 gefertigten Aufträgen im Berichtszeitraum liegt deutlich unter der veranschlagten Größenordnung von 621,3 Tonnen CO2 bei Antragstellung. Dies ist aber einzig und allein auf die deutlich langsamere Marktdurchdringung im Projektverlauf zurückzuführen. Eine deutlich bessere Umweltbilanz durch die Verfahrensumstellung ist bei den Haupteinsatzstoffen nachgewiesen. Hinzukommen weitere Einsparungen durch Hilfsmaterialien, Verpackungsmaterialien und den Paketversand, deren Berechnung nicht in das Projekt einbezogen wurden.

Mit zunehmendem Markterfolg, welcher nach Abklingen der Corona-Krise erwartet wird, werden auch die im Projektantrag genannten Einsparungen erzielt werden.

### 3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Mit Blick auf die Realisierung der Multiplikatoreffekte in der Branche ist es von großer Bedeutung, dass das Investitionsvorhaben gegenüber dem Stand der Technik nicht nur unter ökologischen, sondern auch unter ökonomischen Gesichtspunkten vorteilhaft ist. Die im Projekt hinterlegte Wirtschaftlichkeitsberechnung mit einem ROI (Return on Investment) von 7,9 Jahren unter Einberechnung der Förderung wird für dieses Pilotprojekt

wegen fehlender Auslastung nicht erreichbar sein. Wirtschaftliche Vorteile haben aktuell unsere Kunden, da die Abgabepreise auf Basis der geplanten Auslastung kalkuliert werden und sie Übermengen und Lagerhaltung bereits heute vermeiden können. Auf der Investitionsseite ist es weitgehend gelungen das Budget der förderfähigen Ausgaben von 8,197 Mio. € und auch die sonstigen Investitionen in die Betriebstechnik mit etwas über 1 Mio. € einzuhalten. Ohne die gewährte UIP- Förderung über 1.639.540 € wäre das Projekt nicht gestartet worden. Leider liegen die Umsätze aus dem viel zu geringen Faltschachtelabsatz in der Anlaufphase deutlich unter dem geplanten Budget, so dass die Gesellschafter zusätzliche Mittel bereitstellen mussten.

Die wirtschaftliche Projektbilanz spricht trotzdem für die Einführung der innovativen Technik. Die Einsparungen bei Werkzeugen, Rohmaterial und Einrichtezeit sind nachvollziehbar gegeben. Je nach Größe und Machart liegt der Kostenschnittpunkt zwischen dem aktuellen Stand der Technik und dem PackEx-Verfahren wie erwartet zwischen 2.000 und 5.000 Faltschachteln je Auftrag. Nicht einberechnet sind dabei die ersparten Einmalkosten für Stanzwerkzeuge für unsere Kunden, da im Einkaufsverhalten diese Einmalkosten pro Größe vielfach nicht beachtet werden. Die innovative PackEx Lösung ermöglicht zusätzlich um den Faktor 3 schnellere Lieferzeiten für neue Verpackungen. Damit reduzieren wir die Time-to-Market für unsere Kunden, was in vielen Fällen einen Mehrwert darstellt. In solchen Fällen werden auch Aufträge von 20.000 Stück und mehr bei PackEx bestellt, obwohl ein reiner Stückkostenvergleich für eine konventionelle Herstellung sprechen würde.

Die technischen Grundlagen sind nun erarbeitet und die eingetreten Projektrisiken können zukünftig durch eine Fokussierung auf die Marktbearbeitung vermieden werden. Erfahrungsgemäß verbessert sich auch die Leistungsfähigkeit der Anlagen, sobald die Innovationen eine stärkere Verbreitung finden. Bei entsprechender Auslastung lassen sich Folgeprojekte mit einem kürzeren ROI realisieren.

### **3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren**

Die werkzeuglose (digitale) Fertigung ist die Überschrift des Technologiekonzeptes aller PackEx Verfahren. Nicht immer lässt sich dieses Konzept wirtschaftlich sinnvoll realisieren. Es bestätigt sich, dass das Anicolor-Offsetdruckverfahren mit integrierten Lackiermöglichkeiten ab einer Auflage von ca. 500 Druckbogen das kostengünstigere und kapazitativ leistungsfähigere Verfahren ist, auch wenn dafür noch Druckplatten in House ausgegeben und eingerichtet werden müssen. Der Schlüssel zur Zeit- und Ressourceneinsparung ist der 7-Farb-Druck.

In der nachfolgenden Tabelle werden die erreichbaren Leistungswerte der installierten Anlagen mit durchschnittlichen Leistungswerten der konventionellen Technologie auf dem Stand der Technik verglichen. Da in der PackEx Produktion im Drucken und im Stanzen/Lasern jeweils zwei unterschiedliche Verfahren zur Verfügung stehen, werden die dargestellten Vergleichswerte als gewichtete Durchschnittswerte beider Verfahren ausgewiesen. Wie in Tabelle 3 bereits ausgeführt, rechnen wir mit einem Anteil von 40 % der Aufträge im Digitaldruckverfahren und 90 % Anteil beim Laserverfahren. Um einen reinen Verfahrensvergleich transparent dazustellen, wird in dieser Tabelle darauf verzichtet, die Vorteile einer Sammelform bei der Berechnung der Einrichtezeit je Kundenauftrag auszuweisen.

Tabelle 9: Vergleich Produktivitätskennzahlen mit dem Stand der Technik

Produktionsschritt	Einheit	Stand der Technik	Innovationsziel PackEx
Einrichtezeit Druckmaschine	Minuten je Auftrag	30	4
Leistung Druck	Bogen pro Stunde	11.500	7.660
Einrichtezeit Stanz- Laserprozess	Minuten je Auftrag	30	5
Leistung Stanz- Laserprozess	Bogen pro Stunde	7.000	790
Einrichtezeit Blindenschrift	Minuten je Auftrag	20	10
Leistung Blindenschrift	Stück pro Stunde	inkl. Stanzen/Kleben	3.750
Einrichtezeit Klebeprozess Längsnaht-FS	Minuten je Auftrag	15	9
Leistung Klebeprozess Längsnaht-FS	Stück pro Stunde	52.000	20.000
Einrichtezeit Klebeprozess kompliziert	Minuten je Auftrag	90	5
Leistung Klebeprozess kompliziert	Stück pro Stunde	12.000	300

Die Leistung der Laseranlage wird heute oftmals begrenzt durch die Leistungsfähigkeit des installierten Abnahmeroboters und erreicht noch nicht den gewünschten Leistungswert. Zusammen mit dem Hersteller wurden bereits konzeptionelle Änderung für ein Retrofit besprochen, so dass die Produktionsleistung noch um ca. ein Drittel gesteigert werden kann. Weiter wird die Einrichtezeit mittels Workflow-gesteuerten Datenanpassungen aktuell verbessert, um unser Ziel eines nahezu unterbrechungsfreien Auftragswechsel mit lediglich einem Kontrollbogen zu erreichen. Die gegenwärtigen Rüstzeiten betragen ca. 15 Minuten. Trotzdem ist die Lasertechnik absolut unverzichtbar für den Erfolg des Konzeptes. Denn das Leistungsversprechen von PackEx sind nicht nur geringe Fixkosten durch geringe Einrichtezeiten, sondern auch eine schnelle Lieferzeit. Standard Lieferzeiten von Tagen und Express Bestellungen mit Lieferzeiten von 72 Stunden auch für neue Packungsgrößen sind mit konventioneller Werkzeugtechnik schlicht unmöglich. Bei gut eingespieltem Partner bewegen sich die Lieferzeiten bei konventioneller Fertigung zwischen 15 bis 10 Tagen Arbeitstagen.

Im Projektverlauf konnten wir auch nachweisen, dass sich das Konzept der werkzeuglosen Fertigung auch auf die Herstellung von Faltschachteln mit Blindenschrift übertragen lässt, um keinen Bruch des Leistungsversprechens aufkommen zu lassen. Der Rüstprozess der digitalen Braille ist vergleichbar mit dem Rüsten eines Werkzeuges an einer Klebmaschine, jedoch deutlich schneller als mit einem Werkzeug an einer Stanzmaschine. In beiden Fällen entfällt der gesamte Prozess der Werkzeugbeschaffung, -Herstellung, - Organisation.

Beim Kleben der Faltschachteln benötigt PackEx weiter deutlich weniger Zeit und Makulatur zum Rüsten der Maschine. An der Standardmaschine zur Fertigung nur an der Längsnaht geklebter Faltschachteln welche sich automatisch bereits voreinstellt kann die Rüstzeit im Vergleich zu einer klassischen Faltschachtelklebmaschine halbiert werden. Zieht man die Semi-Automatischen Maschine für Spezialkonstruktionen heran, so kann diese mit ca. fünf Faltschachteln in weniger als fünf Minuten gerüstet werden. Die Fertigungsmengen pro Stunde sind im Klebeprozess jedoch deutlich geringer, weshalb dieser Verfahrensschritt entscheidend ist, bis zu welcher Auflagenhöhe eine Fertigung bei PackEx wirtschaftlich lohnt.

Sowohl beim Aufbringen der Braille als auch beim Kleben der Faltschachteln erfolgt eine 100 % Kamerakontrolle. Diese umfasst den Abgleich des Druckbilds der Faltschachtel mit dem PDF der Druckfreigabe sowie bei Applikation von Blindenschrift die Korrektheit und Lesbarkeit der Blindenschrift. Dadurch ist es möglich auf eine Qualitätsabteilung mit Stichprobenprüfung als eigenständige Einheit zu verzichten, wie es im konventionellen Verfahren vielfach der Fall ist und von den Kunden gefordert wird.

Eine weitere Schlüsselkomponente in unserem Leuchtturmprojekt ist die Lieferung per Paketdienst statt auf Palette und LKW-Verladung. Mittels der installierten Technik werden auftragsindividuell perfekt passende Umkartons hergestellt, so dass die Ware beim Versand gut geschützt wird. Im Projekt sind keine Beschädigungen der Ware aufgetreten. Dadurch wurden auch in diesem wichtigen Aspekt unsere Annahmen bestätigt. Auf Kundenseite erfordert dieser Punkt aber auch ein Umdenken, was bei großen Konzernen mit starren Warenwirtschaftssystemen noch einige Zeit brauchen wird.

## 4. ÜBERTRAGBARKEIT

### 4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

In den vorangegangenen Kapiteln werden schon sehr viele Erfahrungen aus der Projektumsetzung berichtet. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass „Digital Packaging Solutions“ ein funktionierendes Konzept ist, dessen Leistungsfähigkeit und Vorteile am Markt aber erst bekannt gemacht werden müssen. Dazu braucht es eine breite Unterstützung auf Kundenseite, aber auch Mitstreiter innerhalb der Branche. Zur Nutzung der vollen Vorteile ist auf Kundenseite eine Anpassung auf das neue Angebot erforderlich. Das gelingt kleineren Betrieben ohne Probleme. Bei größeren Kunden stehen die oben beschriebenen Beschaffungsstrukturen und geteilten Verantwortlichkeiten und Zielvorgaben einer schnellen Umsetzung entgegen. Für große Kunden wäre es auch hilfreich, wenn mehrere Firmen aus der Branche den 7-Farb-Druck anbieten und/oder auch die Laserstanztechnik, da sie bevorzugt mit mehreren Lieferanten zusammenarbeiten.

### 4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit

Mit dem Projekt „Digital Packaging Solutions“ hat PackEx gezeigt, dass die Digitalisierung auch in der Faltschachtelherstellung angekommen ist. Durch die Zusammenarbeit mit den verschiedensten Lieferanten ist die benötigte technische Ausstattung heute am Markt frei erhältlich. Als förderlich für eine weitere Verbreitung am Markt sehen wir auch das PackEx Angebot (öffentlich auf zwei FFI Veranstaltungen unterbreitet) an alle Faltschachtelhersteller zum Start in die digitale Zukunft zunächst Aufträge bei PackEx fertigen zu lassen. Damit kann die Akzeptanz bei den jeweiligen Endkunden ermittelt werden, ohne dass man die enormen Investitionskosten leisten muss. Drei Faltschachtelhersteller machen bereits von diesem Angebot Gebrauch, weitere haben einmalige Testbestellungen getätigt.

Aber nicht nur etablierten Faltschachtelherstellern bietet die innovative PackEx-Technologie einen innovativen Marktzugang. Die fünf großen Online Druckereien<sup>9</sup> streben alle in den Verpackungsmarkt. Diese besitzen heute schon einen digitalen Marktzugang zu über 1 Million Kunden im Bereich Werbemittel und Small Business. Individuelle Faltschachtelgrößen werden bisher nur von einem dieser Marktteilnehmer angeboten, wobei wichtige Aspekte einer Verpackung in der Regel noch nicht realisiert sind. In der Umsetzung der Anforderungen des Verpackungsmarktes tun sich jedoch alle klassischen Online-Drucker schwer. Ihr Geschäft und Know How stammt aus dem Akzidenz-Druck, welcher mit komplett anderen Anforderungen besticht. Dominiert dort der klassische 4 Farb-Druck (CMYK) mit, wenn überhaupt einer vollflächigen Lackierung, so sind es Pantone-Sonderfarben mit lackfreien Flächen welche eine Verpackung prägen. Sind es die rechtwinkligen DIN-Formate welche eine Akzidenzdruckerei standardisierbar machen, bedeuten komplett individuelle Verpackungskonstruktionen für solche Firmen Know-How Barrieren und Investitionsgelder in Millionenhöhe. Die werkzeuglose Fertigung entsprechend dem geförderten Digital Packaging Solution Konzept ist somit für alle Marktteilnehmer eine Schlüsseltechnologie, um den bestehenden Bedarf an kleinen Auftragsgrößen ressourcenschonend und wirtschaftlich zu decken und neue Bedarfe entstehen zu lassen.

In unseren Analysen sehen wir einen überproportional wachsenden Bedarf. Bis zur Corona Krise wurde das Marktwachstum für online bestellte Druckprodukte inkl. der Verpackung zwischen acht und 18 Prozent p.a. angegeben. Auch wenn in den nächsten drei Jahren nur ein Prozent des heutigen Faltschachtelbedarfs von über 50 Mrd. Faltschachteln in Deutschland auf diese innovative Technik umgestellt wird, benötigt es sieben gleichartige Faltschachtelwerke entsprechend der Endausbaustufe von PackEx. Aus vorhandenen Marktkennzahlen leiten wir ab, dass bereits heute mindestens 10 Prozent des Marktvolumens bei unseren Kunden in Produktionslose von unter 5.000 Stück fließen und somit das Potential hätten werkzeuglos gefertigt zu werden.

---

<sup>9</sup> Flyeralarm, Onlineprinters, Wir machen Druck/Cimpress, CEWE/Saxoprint, United Print

## 5. ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Der Megatrend der Individualisierung verursacht immer kleiner werdende Produktionsauflagen bei der Faltschachtelherstellung. Auf diese neuen Anforderungen war die Faltschachtelindustrie bisher noch nicht vorbereitet. Mit heutiger Fertigungstechnologie steigt der Ressourcenbedarf insgesamt und der relative Abfallanteil immer weiter zu. Mit dem Innovationsprojekt „Digital Packaging Solutions“ konnte die PackEx GmbH, eine 100%ige Tochtergesellschaft der August Faller GmbH & Co. KG, eine innovative, digitale Technologie am Markt etablieren, um damit den Ressourcenbedarf für Kleinauflagen wieder nachhaltig zu senken.

Das Innovationsprojekt umfasst eine vollumfänglich digitalisierte, weitgehend werkzeuglose Fertigung mit innovativen und ressourcenschonenden Prozess- und Verfahrensabläufen. Grundlage ist eine hohe Standardisierung bereits im digitalen Bestelleingang via Online Portal und im 7-Farb-Druck bei den eingesetzten Digital- und Anicolor-Offsetdruckverfahren. Der standardisierte 7-Farb-Druck und die werkzeuglose Fertigung mittels innovativer Lasertechnik in der Weiterverarbeitung ermöglichen die Zusammenfassung von unterschiedlichen Kundenaufträgen zu einem Fertigungsauftrag. Durch diese weitreichende Digitalisierung aller Prozessabläufe ist es möglich viele Kleinauflagen wirtschaftlicher, ressourcenschonender und schneller zu produzieren als mit dem heutigen Stand der Technik. Die individuelle Herstellung von Wellpappverpackungen ermöglicht zudem den sicheren und schnellen Versand per Paketdienstleister.

Mit PackEx werden erstmals verschiedenste, innovative Schlüsseltechnologien in einer Fertigungseinheit zusammengeführt und erfolgreich angewendet. Die Projektergebnisse zeigen, dass die im Vorfeld berechneten Ressourceneinsparungen möglich sind. Es zeigte sich jedoch, dass auf Kundenseite der Markt noch nicht reif ist für ein Online Bestellportal und die dadurch veränderten Beschaffungsprozesse. Deshalb blieb die Auslastung der Fertigungskapazitäten im Projektzeitraum deutlich unter den Erwartungen, was die angestrebte Wirtschaftlichkeit des Projektes gefährdet.

Trotzdem ist PackEx wie erhofft der digitale Leuchtturm in der Faltschachtelherstellung. Diesen digitalen Umbruch nun auch auf der Beschaffungsseite der Kunden zu bewirken wird die entscheidende Aufgabe für die langfristige Wirtschaftlichkeit und Etablierung dieses Modells in der Branche.

The megatrend of individualization is causing ever smaller production runs in folding carton production. The folding carton industry has not yet been prepared for these new requirements. With today's manufacturing technology, the overall resource demand and the relative share of waste continue to increase. PackEx GmbH, a subsidiary of August Faller GmbH & Co. KG, was able to establish innovative digital technologies on the market in order to reduce the resource requirements for short runs in a sustainable manner.

The innovation project „Digital Packaging Solutions“ comprises fully digitized, largely tool-free production with resource-saving processes. The key is a high standardization, starting already with a digital order intake via online portal and using 7-colour printing in the installed digital print and anicolor offset printing processes. Standardized 7-color printing and tool-free production with innovative laser technology in the converting enable the consolidation of different customer orders into one production order. Thanks to this far-reaching digitization of all processes, it is possible to produce many short runs more economically, resource-efficiently and faster than with the current state of the art. The Inhouse production of individual corrugated cardboard packaging materials also enables safe and fast shipping via parcel service provider.

PackEx is the first time that a wide range of innovative key technologies are brought together in one production unit and successfully applied. The project results show that the ecological savings calculated in advance are possible. However, it became apparent that on the customer side the market is not yet ready for an online ordering portal and the resulting changes in procurement processes. As a result, the utilization of production

capacities during the project period fell well short of expectations, which jeopardised the project's intended economic viability.

Nevertheless, PackEx is the digital beacon in folding carton production. To transfer this digital upheaval on the customer procurement side will be the decisive task for the long-term economic viability and establishment of this model in the industry.

## 6. LITERATUR- & QUELLENVERZEICHNIS

- [1] **Hüthig GmbH** (2020): Start-up PackEx stellt erste Referenzkunden vor. Neue Verpackung, Rubrik News. Heidelberg: Hüthig GmbH <https://www.neue-verpackung.de/64192/start-up-pack-ex-stellt-erste-referenzkunden-vor/> (eingesehen am 13.11.2020)
- [2] **Dembowski, Marco** (2019): Ressourcenbewusste Beschaffung von Faltschachteln mit dem virtuellen Lager von PackEx. Worms: PackEx GmbH <https://packex.com/ressourcenbewusste-faltschachteln-mit-dem-virtuellen-lager-von-packex/> (eingesehen am 13.11.2020)
- [3] **Hüthig GmbH** (2020): Auf den Punkt gebracht. Neue Verpackung, Rubrik News. Heidelberg: Hüthig GmbH <https://www.neue-verpackung.de/65989/auf-den-punkt-gebracht/> (eingesehen am 13.11.2020)
- [4] **Fachverband Faltschachtel -Industrie e.V.** (2018): Technische Richtlinie – Gute Rillbarkeit. Frankfurt am Main: Fachverband Faltschachtel -Industrie e.V. <https://www.ffi.de/assets/Uploads/FFI-Technische-Richtlinie-Gute-Rillbarkeit-Stand-August-2018.pdf> (eingesehen am 13.11.2020)
- [5] **Hauptmann, J., Klotzbach, A., Sykora, J., Pieper, S.** (2012): Hochflexibles Laser-Rillen und –Stanzen bei der Herstellung von digital gedruckten Umverpackungen. Dresden: Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik
- [6] **Kipphan, Helmut (Hrsg.)** (2000): Handbuch der Printmedien. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York
- [7] **Hayox** (2013): Anicolor-Technologie: Offsetdruck für kleinste Auflagen. Medientechnologie Druck – das online Magazin. <http://drucker.berufschule.com/?p=1393> (eingesehen am 13.11.2020)
- [8] **Deutsches Verpackungsinstitut e. V.** (2020): Deutscher Verpackungspreis 2020. Berlin: DVI e. V. <https://www.verpackung.org/events/deutscher-verpackungspreis/auszeichnungen> (eingesehen am 13.11.2020)
- [9] **Dembowski, Marco** (2019): PackEx bietet mit Siebenfarbdruck optimale Farbwiedergabe. Worms: PackEx GmbH <https://packex.com/packex-bietet-mit-siebenfarbdruck-optimale-farbwiedergabe/> (eingesehen am 13.11.2020)
- [10] **Glassmann, Michael** (2020): Laser-Revolution soll Verpackungsschwemme reduzieren. Welt, Rubrik Wirtschaft. Berlin: Axel Springer SE <https://www.welt.de/services/article7893735/Impressum.html> (eingesehen am 13.11.2020)
- [11] **Karle, Roland** (2020): Der Entwicklungshelfer: Verpackungen digitalisieren. Absatzwirtschaft. Hamburg: Handelsblatt Media Group GmbH <https://www.absatzwirtschaft.de/die-zukunft-der-branche-teil-3-der-entwicklungshelfer-168919/> (eingesehen am 13.11.2020)
- [12] **Gründerküche Redaktion** (2020): Gründerstory Verpackungs-Startup PackEx: Packaging-On-Demand in 72h. <https://www.gruenderkueche.de/gruendertalk/gruenderstory-verpackungs-startup-packex-packaging-on-demand-in-72h/> (eingesehen am 13.11.2020)
- [13] [www.packex.com](http://www.packex.com)

## 7. ANHANG A

# Digital Packaging Service GmbH

Geschäftsführer  
Nikolaus Reichenbach

---

### Aktennotiz

**Nachtrag: Berechnung der CO2 Einsparung bezogen auf den geförderten Umfang des Projekts Digital Packaging Solutions:**

**Ergänzung zum Förderantrag der Digital Packaging Service GmbH im BMU- UIP- Programm**

Bezüglich Ihre Nachfrage vom 26.10.2018 haben wir die Kapazitätsberechnungen für unser Projekt neu durchgeführt. Mit den geförderten Anlagen können pro Jahr 56,25 Mio. Faltschachteln und somit 75% des berechneten Projektvolumens hergestellt werden. Die Begrenzung der Kapazität liegt zunächst an fehlenden Kapazitäten im Prozess Kleben. Hier muss für die letzten 25% noch eine zusätzliche Klebemaschine angeschafft werden. Für die letzten 20% der Kapazität wird entweder eine zusätzliche Stanzmaschine oder eine Laseranlage benötigt. Im Druckprozess und in der Druckplattenherstellung sind die geförderten Maschinen bereits ausreichend um die im Projektantrag benannte Gesamtmenge von 75 Mio. Faltschachteln in diesem Werk herzustellen.

Qualitativ ergibt sich keine Änderung zum Projektantrag. Dies bedeutet die CO2 Einsparung kann im Dreisatz ermittelt werden. Auf dieser Basis haben wir die Berechnungen vom 28.06.2018 mit neuen Daten nachstehend aktualisiert

Durch Umsetzung des Projekts Digital Packaging Solutions werden durch die geförderten Anlagen **1.389,3 Tonnen CO2 pro Jahr** eingespart. Zur Berechnung der CO2-Einsparungen werden zu 75% der im Antrag ausgewiesenen Ressourceneinsparungen (Kapitel 4.1 Tabelle 1) öffentlich ermittelbare Werte herangezogen.

Allerdings konnten nicht für alle im Antrag aufgeführten Umweltentlastungen CO2-Werte ermittelt werden. Zudem sind in einigen Fällen lediglich Werte für die Rohstoffherstellung ohne die nachfolgend zwingend erforderlichen Veredelungsschritte verfügbar. Die nicht mit CO2-Werten zu quantifizierenden Veredelungsschritte würden zu weiteren CO2-Einsparungen führen.

Darüber hinaus werden keine weiteren Einsparungen durch Reduzierungen im Transportbereich sowie beim Lagerbedarf etc. miteingerechnet. Der erzielte Gesamteffekt der CO2-Ersparnis ist somit weitaus höher zu bewerten als unten in der Tabelle dargestellt.

Nachfolgend werden zunächst die Herleitung sowie die Quellen zur Berechnung erläutert. Im Anschluss folgt eine tabellarische Übersicht der CO2-Einsparungen.

1. **Frischfaserkarton:** Der Verband Pro Carton errechnete in seinem vom IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung) geprüften Umweltbericht 2014 für die Faltschachtelherstellung einen Wert von 885 kg CO2 pro Tonne erzeugten und

29.10.2018Seite 1 von 3

Abbildung 13: Berechnung/Logik CO2-Einsparung, Seite 1/3

## Aktennotiz

- weiterverarbeiteten Karton. Dieser Wert kann für den Gesamtprozess inkl. der Faltschachtelherstellung zu Grunde gelegt werden.  
Folglich ergibt sich aus der Einsparung von 1.365 Tonnen Frischfaserkarton pro Jahr eine **jährliche CO2-Einsparung von 1.208 Tonnen**.  
Quelle: <https://www.procarton.com/sustainability/sustainability/environment/carbon-footprint-fossil/?lang=de>
  
- 2. **Druckplatten:** Beim sog. Bayerprozess werden laut Ceramtec je hergestellter Tonne Aluminium jeweils 1,2 Tonnen CO2 freigesetzt. Durch die jährlichen Einsparungen von 90 Tonnen Druckplatten aus Aluminium durch die innovativen Herstellungsprozesse belaufen sich die **CO2-Einsparungen auf 108 Tonnen pro Jahr**. Für den Prozess von Rohaluminium bis zur dünnen beschichteten Druckplatte wären geschätzt mehr als 50% Aufschläge zu rechtfertigen.  
Quelle: <https://www.ceramtec.de/news/archiv/jahr/2011/id/1755/>
  
- 3. **Stanzwerkzeuge:** Hierfür werden die Materialien Holz, Bandstahl und Gummi herangezogen. Die Berechnung der Einsparung erfolgt einzeln je Komponente.
  - a. Holz: In einem Kubikmeter Holz sind ca. 250 kg Kohlenstoff gespeichert, die freigesetzt zu 917 kg CO2 oxidieren  
(Quelle: <http://www.proholz.at/holz-ist-genial/co2-neutral/kohlenstoffspeicher/>).  
Bei einer Dichte von 270 kg/m<sup>3</sup> der Holzfasertafeln (Quelle: <https://celit.de/datenblatt-celit.phtml>) und einer jährlichen Verbrauchersparnis von 16,9 Tonnen Holzfasertafeln beläuft sich die **CO2-Einsparung pro Jahr auf 57,4 Tonnen**.
  - b. Bandstahl: Für die Herstellung einer Tonne gewalzten Stahls werden gemäß Hans-Böckler-Stiftung 1.720 kg CO2 freigesetzt.  
(Quelle: [https://www.boeckler.de/pdf/v\\_2015\\_03\\_25\\_kerckhoff.pdf](https://www.boeckler.de/pdf/v_2015_03_25_kerckhoff.pdf))  
Bei einer jährlichen Einsparung von 8,4 Tonnen Stahl für Metalllinien in den Stanzwerkzeugen können **jährlich rd. 14,4 Tonnen CO2** eingespart werden.  
Die eingesetzten Metalllinien werden nach der Rohstahlherstellung noch mehrfach verarbeitet, so dass der reale Wert für die kleinen, geformten Linien geschätzt um 50% höher liegen dürfte.
  - c. Gummi: Das Bundesministerium für Umwelt (Quelle: [https://www.umweltinnovationsprogramm.de/sites/default/files/benutzer/36/dokumente/bmu\\_optiservice.pdf](https://www.umweltinnovationsprogramm.de/sites/default/files/benutzer/36/dokumente/bmu_optiservice.pdf)) rechnet mit durchschnittlich 900 kg CO2 pro produzierter Tonne Gummi. Daraus ergeben sich für das unveredelte Rohmaterial bei einem jährlichen Gummiverbrauch von 1,7 Tonnen insgesamt **CO2-Einsparungen von jährlich rd. 1,5 Tonnen**.

## Aktennotiz

Material	Einsparungen je Einheit gegenüber konventioneller Produktion	Freisetzung von CO2 bei Herstellung je Tonne des Materials	Einsparung CO2	Quelle
Frischfaserkarton inkl. Faltschachtelherstellung)	1.365 t/a	885 kg	1208 t/a	Pro Carton
Aluminium (Bayerprozess)	90 t/a	1,200 kg	108 t/a	Ceramtec
Holzfasern	16,9 t/a = 62,6 m <sup>3</sup>	917 kg/ m <sup>3</sup> Holz	57,4 t/a	Pro Holz und Celit
Bandstahl	8,4 t/a	1.720 kg	14,4 t/a	Wirtschaftsvereinigung Stahl und Hans Böckler Stiftung
Gummi	1,7 t/a	900 kg	1,5 t/a	Bundesministerium für Umwelt
<b>Gesamtsumme</b>			<b>1.389,3 t/a</b>	

### Fazit:

Die Umstellung von einer Standardfaltschachtelproduktion auf eine vollumfängliche digitalisierte Fertigung erzielt mit den geförderten Anlagen **jährliche CO2-Einsparungen von 1.389,3 Tonnen**. Durch die Umsetzung des Projekts DPS werden jedoch weitaus mehr Umweltentlastungen im Bereich der Ressourceneffizienz und Abfallvermeidung erzielt, die aufgrund nicht vorhandener CO2-Werte nicht zu quantifizieren sind. Das bedeutet, dass die durch das DPS-Projekt zu erzielenden CO2-Einsparungen demnach deutlich höher ausfallen als der oben errechnete CO2-Wert.

Dennoch sollten die konservativ ermittelten Einsparungen – sowohl hinsichtlich Ressourcen als auch bezogen auf die CO2-Einsparung – die beantragte Förderung aus dem Umweltinnovationsprogramm untermauern.

Wie Eingangs dargestellt, soll im weiteren Projektverlauf die Kapazität des Werkes final ausgebaut werden. Mit einer Klebmaschine und eine Stanzmaschine bzw. Laseranlage beträgt die konservativ berechnete Ersparnis dann 1852,5 Tonnen CO2 pro Jahr.

  
N. Reichenbach