

BMUB-Umweltinnovationsprogramm

Abschlussbericht

zum Vorhaben:

Energie- und Ressourceneffizienter Digitaler Dekordruck für hochwertige Möbel- und Fußbodendekore,
NKa3 – 003261

Zuwendungsempfänger

SURTECO GmbH

Umweltbereich

(Wasser/Abwasser, Abfall, Ressourcen, Klimaschutz, Luft, Boden, Lärm)

Laufzeit des Vorhabens

(01.07.2017 bis 31.08.2023)

Autor/Ansprechpartner:

Michael Pfeifer

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau
und Reaktorsicherheit**

Datum der Erstellung

(13.10.2023)

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA:	Projekt-Nr.: NKa3 – 003261
Titel des Vorhabens:	
Energie- und Ressourceneffizienter Digitaler Dekordruck für hochwertige Möbel- und Fußbodendekore	
Autor: Michael Pfeifer	Vorhabenbeginn: 01.07.2017
	Vorhabenende: 31.08.2023
Zuwendungsempfänger (Name, Anschrift): Surteco GmbH Johan-Viktor-Bausch-Str. 2 86647 Buttenwiesen-Pfaffenhofen	Veröffentlichungsdatum: 11/2023
	Seitenzahl: 66
Kurzfassung:	
Einsatz des digitalen Dekordrucks für hochwertige Möbel- und Fußbodendekore, einhergehend mit der wirtschaftlichen Substitution des energie- und ressourcenintensiven Rotationstiefdrucks bei bestimmten Auftragsgrößen.	
Schlagwörter:	
Dekordruck, Holzwerkstoffindustrie, Tiefdruck, Energie- und Ressourceneffizienter Digitaldruck	
Anzahl der gelieferten Berichte	Sonstige Medien:
Papierform:	Veröffentlichung im Internet
Elektronische Datenträger:	Geplant auf der Website:

Report Coversheet

Reference-No. Feder Environment Agency:	Project-No.: NKa3 – 003261
Report Title: Energy- and resource-efficient digital decor printing for high-quality furniture and flooring decors	
Author: Michael Pfeifer	Start of project: 01.07.2017
	End of project: 31.08.2023
Performing Organisation: Surteco GmbH Am Brühl 6 86647 Buttenwiesen-Pfaffenhofen	Publication Date: 11/2023
	No. Of Pages: 66
Funded in the Environmental Innovation Program of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety	
Summary: Use of digital decor printing for high-quality furniture and flooring decors, accompanied by the economic substitution of energy- and resource-intensive rotogravure printing for certain job sizes.	
Keywords: Decor printing, wood-based materials industry, gravure printing, energy- and resource-efficient digital printing	
No. of Reports delivered Paperform: Electronic Medium:	Other Media: Publication on the Internet Planned on the website:

1. Einleitung.....	8
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens und der Projektbeteiligten.....	8
1.2 Ausgangssituation.....	9
1.2.1 Stand der etablierten Technik	10
1.2.2 Stand der Digitaldrucktechnologie	14
2. Vorhabenumsetzung	17
2.1 Ziel des Vorhabens.....	17
2.1.1. Digitalisierung der Vorlage	18
2.1.2. Papiervorbehandlung	18
2.1.3. Einmalige digitale Ausmusterung	19
2.1.4. Druckprozess	19
2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	22
2.3 Umsetzung des Vorhabens	29
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	30
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	30
2.6 Konzeption und Durchführung des Messprogramms	31
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	32
3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung	32
3.2 Stoff- und Energiebilanz	34
3.2.1 Energie- und ressourceneffizientere Produktion	34
3.2.2 Verringerung der Abfallmengen in der Produktion.....	38
3.2.3 Verzicht auf den Ausmusterungsprozess in der Andruckerei	41
3.2.4 Verzicht auf die Druckformherstellung	41
3.3 Umweltbilanz.....	44
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	47
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	50

4. Übertragbarkeit.....	51
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung.....	51
4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)	52
5. Zusammenfassung/Summary.....	53
6. Literatur	61
7. Anhang.....	62
7.1. Anhang 1: Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000 m ² bei Förderantragsstellung	62
7.2. Anhang 2: Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000m ² zum Vorhabenende....	63
7.3. Anhang 3: Relative Verbräuche aus Produktion und Druckformherstellung.....	64
7.4. Anhang 4: CO ₂ -Bilanzierung je 1000m ² zum Zeitpunkt des Vorhabenendes.....	65
7.5. Anhang 4: Relative CO ₂ -Bilanzierung zum Zeitpunkt des Vorhabenendes	66
7.6. Glossar	67

Abbildung 1: Weltkarte mit Standorten der SURTECO (Quelle: Nachhaltigkeitsbericht SURTECO SE 2020)	8
Abbildung 2: Farbübertrag im Tiefdruck	11
Abbildung 3: Konventionelle (Dekor)Tiefdruckanlage	13
Abbildung 4: Vergleich Workflow Rotationstiefdruck und digitaler Dekordruck	17
Abbildung 5: Automatischer Rollenwechsler bei der Abwicklung	23
Abbildung 6: Digitaldruckanlage Surteco – im Vordergrund die Druckeinheit.....	24
Abbildung 7: Schemazeichnung direktes und indirektes Kammerrakelsystem	25
Abbildung 8: Kammerrakel im direkten Auftragsverfahren.....	26
Abbildung 9: NIR-Trocknereinheit nach der Primerung.....	27
Abbildung 10: Papierlauf in der Druckeinheit	28
Abbildung 11: Verfahrensablauf zur Herstellung der Druckform	42
Abbildung 12: Berechnung Break-Even point	48
Abbildung 13: Diagramm Break-Even point.....	49

Tabelle 1: Energieverbrauch Digitaldruckmaschine.....	35
Tabelle 2: Aufträge bis zu 3 Tonnen.....	36
Tabelle 3: Muster-/Produktionszeiten im Vergleich	36
Tabelle 4: Druckzeit pro Jahr	37
Tabelle 5: Vergleich des Energieverbrauchs digital/analog	37
Tabelle 6: Energieeinsparung je m ²	38
Tabelle 7: Abfallbilanz hinsichtlich Papier, Farbe und Wasser	40
Tabelle 8: Energie- und Ressourcenverbrauch bei der Herstellung von Druckzylindern	43
Tabelle 9: CO ₂ -Äquivalente zum Vorhabenbeginn	45
Tabelle 10: CO ₂ -Äquivalente zum Vorhabenende	45
Tabelle 11: Darstellung der Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000m ² zum Zeitpunkt der Förderantragsstellung.....	62
Tabelle 12: Darstellung der Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000m ² zum Zeitpunkt des Vorhabenendes.....	63
Tabelle 13: Darstellung der Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000m ² zum Zeitpunkt des Vorhabenendes.....	64
Tabelle 14: Darstellung der CO ₂ Bilanzierung je 1000m ² zum Zeitpunkt des Vorhabenendes	65
Tabelle 15: Darstellung der relativen CO ₂ Bilanzierung zum Zeitpunkt des Vorhabenendes..	66

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens und der Projektbeteiligten

Eigentümer und Betreiber der geförderten Digitaldruckanlage ist die SURTECO GmbH (ehemalig SURTECO Decor GmbH) mit Firmensitz in Buttenwiesen-Pfaffenhofen. Das Unternehmen ist Teil des SURTECO Konzerns. Der SURTECO Konzern ist eine global agierende Gruppe sich ergänzender Unternehmen, die sich vor allem auf die Herstellung dekorativer Oberflächenbeschichtungen für Möbel, Fußböden oder für den Innenausbau spezialisiert haben. Zudem entwickelt, produziert und vertreibt der Konzern Sockelleisten sowie technische Profile.

Im Jahr 2020 erwirtschafteten die >3000 Mitarbeiter des SURTECO Konzerns an weltweit 36 Standorten (davon 22 Produktions- und Vertriebsstandorte (dunkelblau) und 12 weitere Vertriebsstandorte (hellblau)) ein EBITDA von 88,3 Millionen Euro.

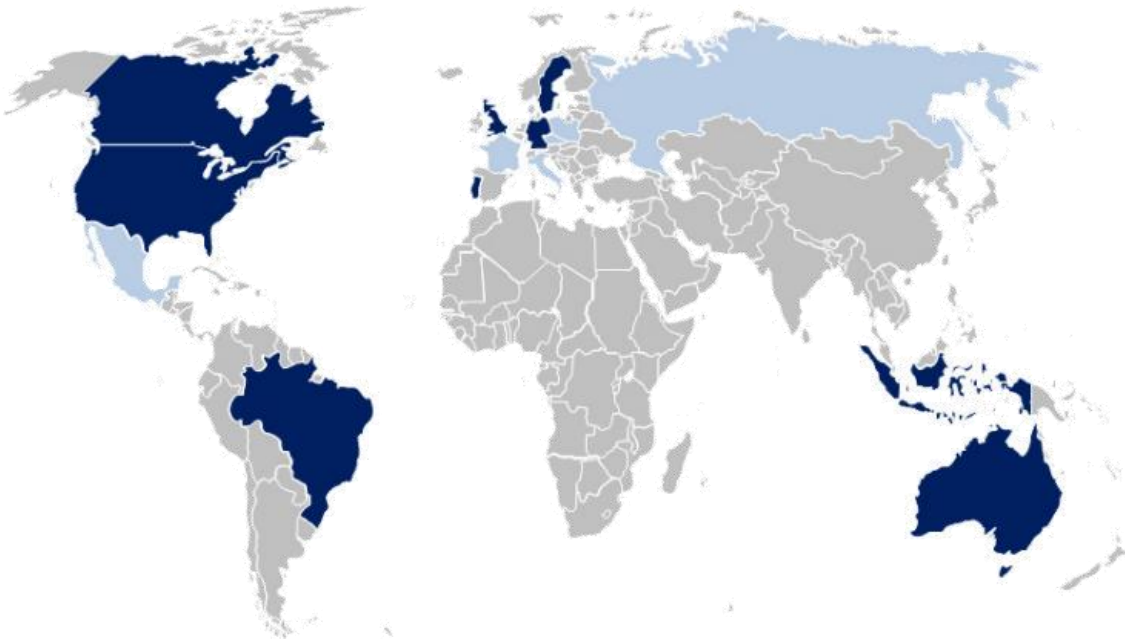


Abbildung 1: Weltkarte mit Standorten der SURTECO (Quelle: Nachhaltigkeitsbericht SURTECO SE 2020)

Die Produkte werden überwiegend von der Fußboden-, Holzwerkstoff-, Caravan- und Möbelindustrie sowie von Schreibern und Handwerksbetrieben verarbeitet. Dabei werden mit den Oberflächen-Erzeugnissen Holzwerkstoffe wie Span- oder Faserplatten beschichtet, die erst dadurch ihre finale Oberfläche mit entsprechenden optischen und haptischen Eigenschaften erhalten.

Die SURTECO GmbH betreibt ein zertifiziertes Umwelt- bzw. Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 14001/50001. Dementsprechend hat sich das Unternehmen zu einer systematischen Überwachung der Umweltauswirkungen und einem daraus resultierenden kontinuierlichen Verbesserungsprozess hinsichtlich der eigenen Umweltleistung verpflichtet. Die Umsetzung des Projektes wird federführend durch die SURTECO GmbH in Buttenwiesen umgesetzt. Die Lieferung und Anpassung der Digitaldruckmaschine als zentrales Element der neu zu errichtenden Drucklinie erfolgt durch den Anlagenausrüster Neos aus Italien.

1.2 Ausgangssituation

Surteco zählt zu den größten internationalen Anbietern für Dekorpapiere. Diese dekorativ bedruckten Spezialpapiere dienen als dekorgebendes Material für Möbel- und Fußbodenoberflächen und werden sowohl für die konzerninterne Herstellung von Finishfolien als auch für die interne und externe Herstellung von Imprägnaten verwendet. Die Produkte werden an Kunden aus der Möbel-, Holzwerkstoff-, Innenausbau- und Fußbodenindustrie geliefert. In Zusammenarbeit mit dem konzern-internen Designstudio entstehen hierbei jährlich über 100 neue Dekorstrukturen, die die Kollektion an Holz-, Stein- und Fantasiedekoren kontinuierlich erweitern. Stand der Technik für das Bedrucken der Dekorpapiere ist das so genannte Rotationstiefdruckverfahren. Die zur Produktion benötigten Druckzylinder stellt das Unternehmen in Eigenregie her. Seit einigen Jahren zeigt sich im Bereich der Dekorpapiere ein zunehmender Trend zu kleineren Losgrößen – dies gilt insbesondere für neu entwickelte Produktserien, für Markttests oder Nischenprodukte. Der derzeit genutzte Rotationstiefdruck ist jedoch aufgrund seiner Kostenstruktur vor allem für die Herstellung größerer Produktionsmengen geeignet. Bei kleineren Losgrößen von bis zu drei Tonnen kommt dieses Verfahren an seine wirtschaftlichen Grenzen. Dies ist zurückzuführen auf die ressourcen- und energieaufwändige Herstellung der Druckzylinder, die für jedes neue Dekor benötigt werden. Hinzu kommen lange Stillstandszeiten, bedingt durch den Wechsel der Druckzylinder zwischen jedem Auftrag. Außerdem wird während des Ausmusterungsprozesses eine große Menge Rohpapier, Druckfarbe, Energie und Personal sowie Anlagenkapazität eingesetzt. Der notwendige thermische und elektrische Energieverbrauch des Rotationstiefdrucks ist verfahrensbedingt sehr hoch, da große Walzen mit viel Masse angetrieben werden müssen

und eine Reihe von Heizprozessen auch während der nicht produktiven Zeiten erforderlich sind.

Mit der Digitaldruckmaschine liegt eine geeignete wirtschaftliche Alternative zur Produktion kleiner Auftragsmengen vor. Beim Digitaldruck kann auf die ressourcen- und energieaufwändige Herstellung von Druckzylindern verzichtet werden und die Produktivität der Anlage wird aufgrund der Reduzierung von Rüst- und Ausmusterungszeiten deutlich gesteigert. Somit wäre prinzipiell eine wirtschaftliche Fertigung bei gleichzeitig deutlicher Ressourcen- und Energieeinsparung gegenüber dem Tiefdruck möglich.

Bisher scheiterte die uneingeschränkte industrielle Realisierung des digitalen Dekordrucks daran, dass die verfügbaren Druckanlagen nicht in der Lage waren, die großen und nicht kontrollierbaren Wachstums- und Schrumpfungsprozesse der Papierbahn während des „Nass-in-Nass“-Druckverfahrens auszugleichen, sodass die Dekorfarben zwangsweise ineinanderlaufen bzw. der Übereinanderdruck der einzelnen Farben mit dem Wachstum des Papiers während dem Druckprozesses nicht übereinstimmt. Hierdurch entsteht ein deutlicher Qualitätsverlust gegenüber dem Rotationstiefdruck.

Aus diesen Gründen hat sich SURTECO dazu entschieden, in Zusammenarbeit mit dem Partner Neos, ein Digitaldruckkonzept zu entwickeln, welches trotz hoher Qualität eine energie- und ressourcenschonende Produktion von bedruckten Dekorpapieren ermöglicht.

1.2.1 Stand der etablierten Technik

Zum aktuellen Zeitpunkt wird zur Bedruckung von Dekorpapier für die Möbel- und Fußbodenindustrie überwiegend der industrielle Rotationstiefdruck eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein Druckverfahren, bei dem die Übertragung des Dekors auf das Papier mithilfe von Druckformzylindern erfolgt. Die hierzu notwendigen Prozessschritte werden in den folgenden Unterkapiteln erläutert:

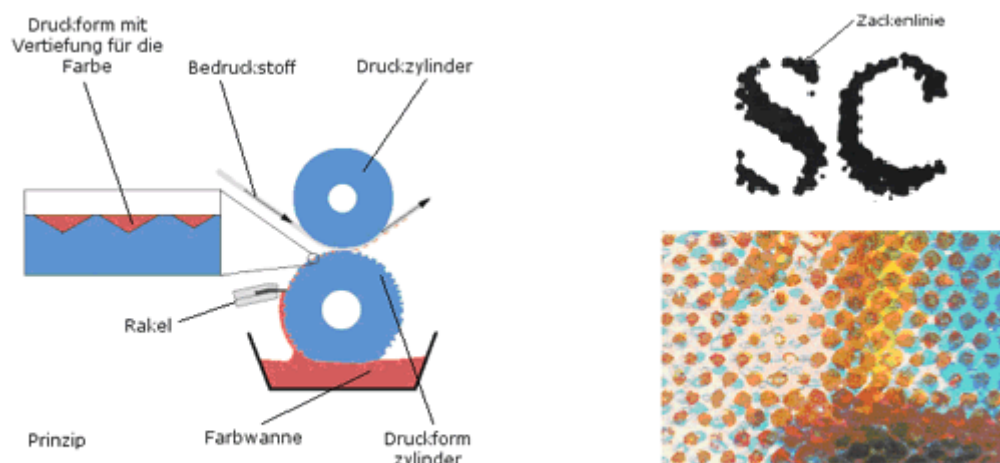
1.2.1.1 Digitalisierung der Vorlage

Die Einführung eines neuen Dekors erfordert i. d. R. die Abbildung natürlicher Strukturen in einer möglichst großen Detailtreue. Hierzu werden als Vorlage meist echte Materialien wie Hölzer oder Steine verwendet. Diese werden mit Hilfe spezieller Scanner digitalisiert, detailgetreu angeordnet, retuschiert und in die verschiedenen Farben des späteren

Druckvorgangs separiert. Hierbei entsteht ein digitaler Datensatz für den Dekordruck – dieser Datensatz bildet die Basis für die anschließende Gravur der Tiefdruckzylinder.

1.2.1.2 Druckformherstellung und Labordruck

Für jedes neue Design müssen die zu druckenden Elemente zunächst durch mechanische oder thermische Verfahren in Form von Vertiefungen (den so genannten „Näpfchen“) auf einen neuen Druckformzylinder übertragen werden. Dies geschieht, indem die Näpfchen durch mechanische Gravur mittels kleiner Diamantstichel oder alternativ durch Lasergravur erzeugt werden. Für den anschließenden Druckvorgang werden die Zylinder dekorspezifisch mit den notwendigen Farben eingefärbt. Nach dem Abrakelvorgang bleibt die Farbe nur in den vertieften Stellen des Zylinders zurück. Durch den Anpressdruck erfolgt anschließend die Übertragung der Farbe auf das Dekorpapier - die Farbauftragsmenge für einen Abbildungsbereich wird hierbei durch die Geometrie und Tiefe der Näpfchen bestimmt.



Quelle: Heidelberg-CD „World of Print Media“, 2001

Abbildung 2: Farbübertrag im Tiefdruck

Da das fertige Dekor erst durch die Kombination mehrerer Farben und Strukturen entsteht, werden üblicherweise drei bis vier Walzendruckwerke hintereinandergeschaltet.

Aus diesen Zusammenhängen ist ersichtlich, dass jedes neue Dekordesign die Anfertigung von neuen designspezifischen Druckformen erfordert. Hierzu muss die bestehende Gravur zunächst von der Zylinderoberfläche entfernt werden. Im nächsten Schritt werden diverse Arbeitsschichten (mehrschichtiger Kupferaufbau und Chrom) aufgebracht. Das zu nutzende Muster wird in die Kupferschicht eingraviert und im Anschluss zum Schutz gegen mechanische Beschädigungen mit einer Chromschicht überzogen. Dies erfolgt zunächst im Labormaßstab,

wofür mindestens ein Satz Dekorzylinder – häufig jedoch mehrere überarbeitete Versionen – hergestellt werden müssen. Erst nach abschließender Freigabe der Laborandrucke wird der Produktionszylinder hergestellt.

1.2.1.3 Rüstzeit zur Vorbereitung der Produktionsanlage für das jeweilige Design

Die anschließende Vorbereitung der Produktionsanlage auf den Druck des speziellen Designs erfordert längere Rüstzeiten (im Vergleich zum Digitaldruck), in denen die Maschine nicht für den Druckprozess zur Verfügung steht. Die Rüstzeit beinhaltet im Wesentlichen die folgenden Arbeitsabläufe:

Einrichten/Ausrichten der Produktionsanlage:

- Einbau/Ausbau der für das entsprechende Design benötigten Druckzylinder
- Einbau/Ausbau der auf die Materialbahnbreite abgestimmten Presseure (Gegendruckzylinder)
- Bereitstellung/Entfernung der designspezifischen Farbversorgung
- Ausrichten der Führungsspindeln für einen faltenfreien Materiallauf
- Ausrichten der benötigten Steuerungselemente für die Registerregelung

Reinigung der Produktionsanlage:

- Ablassen nicht benötigter Druckfarbe
- Reinigung der Farbwannen und Farbbottiche je Druckwerk
- Reinigung der für den Farbumlauf benötigten Pumpen und Rohrverbindungen
- Entfernung von Papierstaubablagerungen auf den Führungsspindeln
- Reinigung der Anlagenperipherie

1.2.1.4 Angleichen des Produktionsdrucks (Mustern)

Auch nach dem Einrichten der Maschine kann nicht unmittelbar mit dem Produktionsauftrag gestartet werden, da zunächst ein farblicher Angleichvorgang (Ausmusterung) des durch den Produktionszylinder erzeugten Druckbilds an die nachzustellende Vorlage (Laborausmusterung oder Vorauftrag) erforderlich ist. Um ein repräsentatives Ergebnis für den späteren Produktionsdruck zu erreichen, müssen die maschinell erstellten Andrucke bereits während

der Ausmusterung unter der später vorgesehenen Produktionsgeschwindigkeit erstellt werden. In dieser Phase wird eine große Menge von unverkäuflichem bedrucktem Dekorpapier, die so genannte Makulatur, erzeugt. Erst anschließend erfolgen die qualitative Freigabe des Druckauftrags und die kommerzielle Produktion in der erforderlichen Losgröße.

1.2.1.5 Kommerzielle Produktion

Der Betrieb einer industriellen Tiefdruckmaschine ist mit einem hohen Energiebedarf verbunden. Zum einen müssen massive Stahlwalzen beschleunigt und in Bewegung gehalten werden, so dass eine hohe elektrische Anschlussleistung und ein beträchtlicher mittlerer Stromverbrauch vorliegen. Zum anderen besteht ein hoher thermischer Energiebedarf durch die notwendigen Trocknungs- und Heizprozesse.



Abbildung 3: Konventionelle (Dekor)Tiefdruckanlage

Die für ein Dekor notwendigen Farben werden nacheinander aufgedruckt, indem i. d. R. drei bis vier Walzendruckwerke hintereinandergeschaltet werden. Hierzu müssen die Stahlwalzen zunächst beschleunigt und dann mit hoher Geschwindigkeit betrieben werden. Nach jeder Walze durchläuft die Materialbahn eine konvektive Trocknerstrecke, in der der Wasseranteil aus der aufgetragenen Druckfarbe mittels eines thermisch aufgeheizten Luftkreislaufs verdunstet wird. Der konventionelle Tiefdruck ist zudem dadurch charakterisiert, dass ein hoher Energiebedarf nicht nur während der eigentlichen Produktionszeit der Anlage vorliegt

– auch während der ausgedehnten Rüst- und Ausmusterungszeiten ist eine Reihe von Energieverbrauchern weiterhin zu betreiben.

1.2.2 Stand der Digitaldrucktechnologie

Aufgezeigt wird der Stand der Drucktechnologie bei der Einreichung des Förderantrages. Der Einsatz digitaler Single-Pass-Druckanlagen als Ergänzung zum Tiefdruck ist in jüngster Vergangenheit vereinzelt von wenigen Wettbewerbern, wie z. B. der Interprint GmbH in Arnsberg ([BMUB 2013], [Bergmann 2015]) oder dem österreichischen Unternehmen impress decor Austria GmbH, unter eingeschränkten Randbedingungen vorgenommen worden. Alle bisher realisierten industriellen Dekordruckanlagen weisen jedoch einen deutlichen Nachteil auf, der einen breiten Einsatz der Digitaltechnologie verhindert – der Auftrag der Dekorfarben erfolgt ausnahmslos Nass-in-Nass, d. h. in nur einem Drucklauf werden die Farben ohne Zwischentrocknung über die Inkjetdüsen auf das Papier gebracht. Dieses Auftragsverfahren bewirkt verfahrensbedingt ein Ineinanderlaufen der aufgetragenen Druckpunkte, so dass es insbesondere bei dunklen und kontrastreichen Dekoren zu einem Qualitätsverlust gegenüber dem etablierten Tiefdruck kommt. Zudem bringt der gleichzeitige Auftrag der notwendigen großen Flüssigkeitsmenge eine unkontrollierte Veränderung der Abmessungen der Papierbahn durch nicht planbare Wachstums- und Schrumpfungsprozesse mit sich. Diese technologieimmanenten Einschränkungen führen zu einer signifikanten Begrenzung der Anwendungsbreite:

- Dunkle, kontrastreiche Dekore sowie Dekore mit großer Tiefenwirkung können aufgrund des beschriebenen Ineinanderlaufens der Farben nicht in der angestrebten und im Markt etablierten Qualität verwirklicht werden.
- Passerempfindliche Dekore sind nicht realisierbar, da es aufgrund der unkontrollierten Wachstums- und Schrumpfungsprozesse nicht möglich ist, die geprägte Struktur im Weiterverarbeitungsprozess synchron zur gedruckten Dekorstruktur aufzubringen. Ein Beispiel hierfür ergibt sich aus dem sowohl im Möbel- als auch im Fußbodenmarkt zu beobachtenden steigenden Nachfrage-trend nach Dekoren mit dreidimensionaler Oberfläche. In diesen Fällen wird die tatsächliche Holzstruktur optisch und haptisch nachempfunden, indem im Anschluss an den Dekordruck eine dekorsynchrone

Prägung von Oberflächenstrukturen im Weiterverarbeitungsprozess erfolgt. Die mit dem derzeitigen Digitaldruck verbundene Veränderung der Papierbahnabmessungen stellt ein Hemmnis dar, das den Einsatz dieser Technologie für derartige Produkte signifikant einschränkt.

- Ein wirtschaftlicher Einsatz für die Kolorierung von Fußbodendekoren ist mit den derzeitigen Digitaldruckanlagen generell nicht möglich, da alle uns bekannten bisher betriebenen Anlagen auf eine maximale Arbeitsbreite von 1,60 m beschränkt sind. Sämtliche Weiterverarbeitungsschritte sind jedoch auf eine für den Tiefdruck typische Arbeitsbreite von 2,10 m ausgelegt, wie im Folgenden erläutert wird:

Eine Weiterverarbeitung der für den Fußbodenbereich bedruckten Dekorpapiere erfolgt über Unternehmen der Holzwerkstoffindustrie. Die für den Verbundwerkstoff benötigten Holzfaserverwerkstoffe (Span- und MDF-Platten) werden von diesen Unternehmen in Eigenregie hergestellt. Um eine maximale Auslastung der dort vorhandenen Produktionsanlagen realisieren zu können, müssen die eingesetzten Dekore eine Standardbreite von 207 cm aufweisen (207 cm = 10 Planken á 19,5 cm + Material für Fuge und Nut). Die Nutzung von Dekorpapieren in geringerer Breite würde dazu führen, dass die bestehenden Weiterverarbeitungsanlagen entweder nicht optimal genutzt werden können oder der komplette Weiterverarbeitungsprozess an die geringere Arbeitsbreite angepasst werden müsste – beide Optionen sind wirtschaftlich nicht vertretbar. Ein ähnliches Problem hinsichtlich der Forderung nach maximaler Auslastung der Weiterverarbeitungsanlagen liegt auch in der Möbelindustrie für anschließende dekorsynchrone Verpressungen vor, da sich die benötigten Endbreiten zwischen 60 und 70 cm nur bei Dekorpapierbreiten zwischen 190 und 220 cm nutzenoptimiert realisieren lassen.

Die Nutzung des digitalen Dekordrucks ist somit aktuell weder für anspruchsvolle Fußbodendekore noch für kontrastreiche und/oder registerempfindlich Möbeldekore in ausreichender Qualität und unter wirtschaftlichen Bedingungen möglich. Dies reduziert den Mehrwert des Digitaldrucks für den Dekordrucker derzeit erheblich, da sich die tatsächlich über eine derartige Anlage realisierbaren Produkte auf einfache Möbeldekore in schmalerer Breite (z.B. Arbeitsplatten) beschränken. Gerade die Vielfältigkeit und Flexibilität bei der Realisierung anspruchsvoller Kundenwünsche wird jedoch heute und zukünftig ein wesentlicher Wettbewerbsfaktor am internationalen

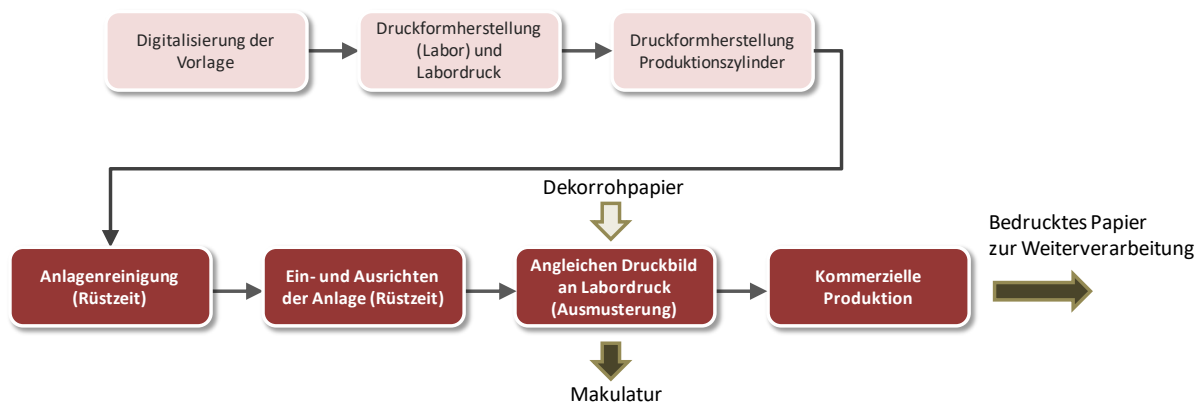
Markt sein. Da die Mehrzahl der Dekordruckbetriebe vor diesem Hintergrund eine möglichst große Dekorbandbreite anstrebt und zudem sowohl im Möbel- als auch im Fußbodendekorbereich tätig ist, wird sich das bisher verfolgte Technologiekonzept aufgrund der mit den angesprochenen Einschränkungen verbundenen fehlenden Wirtschaftlichkeit mittelfristig nicht durchsetzen. SURTECO plant daher die erstmalige großtechnische Demonstration einer energie- und ressourceneffizienten digitalen Dekordruckanlage, die ohne Einschränkung des realisierbaren Design- und Anwendungsbereichs eingesetzt werden kann. Dieses Ziel ist nur erreichbar, wenn es gelingt, die derzeit mit dem Digitaldruck verbundenen unkontrollierten Veränderungen der Papierbahnabmessungen während des Prozesses zu vermeiden. Hierfür ist die Abkehr vom Vierfarbendruck im Nass-in-Nass-Verfahren (hierbei erfolgt der Druck und die anschließende Trocknung aller vier Farben des CMYK-Farbsystems in einem Schritt) notwendig. Diese Herausforderung ist gleichzeitig mit der erstmaligen Realisierung einer Arbeitsbreite von $> 2,07$ m zu lösen, so dass ein breiter Anwendungsbereich (z.B. auch die Realisierung anspruchsvoller Fußbodendekore) abgedeckt wird.

2. Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Das geplante Vorhaben wird erstmals den umfassenden Einsatz des digitalen Dekordrucks auch für hochwertige Möbel- und Fußbodendekore ermöglichen und somit den Weg für die wirtschaftliche Substitution des energie- und ressourcenintensiven Rotationstiefdrucks, insbesondere für Losgrößen von bis zu drei Tonnen, ebnen. In der folgenden Abbildung erfolgt daher zunächst eine vergleichende Darstellung des Workflows der beiden Druckverfahren „Tiefdruck“ und „Digitaler Dekordruck“.

Workflow Rotationstiefdruck



Workflow Digitaler Dekordruck

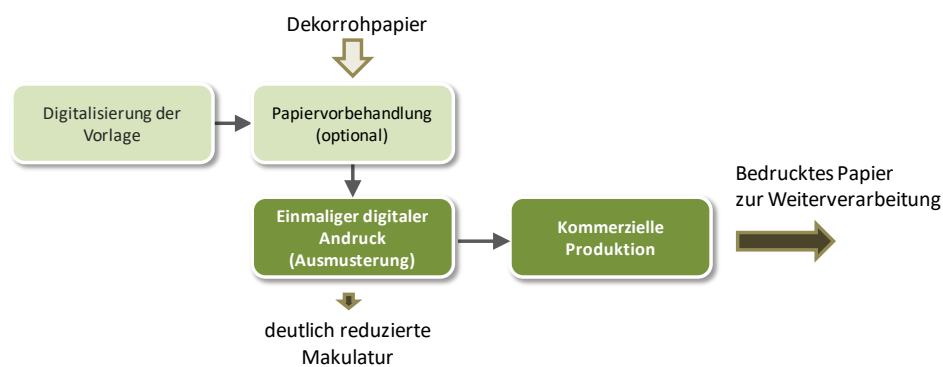


Abbildung 4: Vergleich Workflow Rotationstiefdruck und digitaler Dekordruck

Um den digitalen Dekordruck auch für die Herstellung passereempfindlicher Dekore und Fußbodendekore zugänglich zu machen, müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Das Ineinanderlaufen der einzelnen Druckfarben ist zu vermeiden.
2. Unkontrollierte Wachstums- und Schrumpfungsprozesse sind weitgehend zu reduzieren.

3. Die bisher für den digitalen Dekordruck realisierte Arbeitsbreite ist deutlich zu erhöhen.

Der zur Erreichung dieser Ziele angestrebte Verfahrensablauf und die hierzu eingesetzten innovativen Technologien werden in den folgenden Abschnitten ausführlich beschrieben:

2.1.1. Digitalisierung der Vorlage

Eine Digitalisierung der Vorlage ist sowohl im digitalen Dekordruck als auch im Tiefdruck notwendig und unterscheidet sich für beide Technologien bis auf geringe Anpassungen im Workflow (z. B. Ausrichtung der Vorlagendigitalisierung auf das abweichende Farbsystem des Drucks) nicht signifikant – dieser Arbeitsschritt ist somit nicht Teil des umzusetzenden Demonstrationsvorhabens. Unterschiede sind in den aufwändigen Separationen in den Tiefdruckdaten zu sehen, die im Digitaldruck so nicht benötigt werden. Ein weiterer Vorteil ist die mögliche Rapportlänge (maximale Drucklänge des Dekores – ohne Wiederholung) von 6 Metern.

2.1.2. Papiervorbehandlung

Im digitalen Dekordruck ist üblicherweise im Gegensatz zum Rotationstiefdruck vor dem eigentlichen Druckvorgang eine Vorbehandlung des Rohpapiers erforderlich, um eine optimale Aufnahme der über den Drucker aufgetragenen Farbe und eine schnelle Fixierung durch die Zwischentrocknung zu gewährleisten. In den bisher realisierten digitalen Dekordruckanlagen erfolgt dies durch das Aufbringen einer Farbempfangsschicht (Primer) und einer anschließenden Trocknung der aufgetragenen Schicht.

In Abgrenzung hierzu gehen wir nach heutigem Sachstand davon aus, dass mit der von uns zu demonstrierenden Technologie für etwa die Hälfte der zu produzierenden Papiere keine Papiervorbehandlung mehr benötigt wird – die angestrebte Zielqualität kann in vielen Fällen (insbesondere bei wenig farbintensiven Dekoren) über die Verwendung einer geeigneten Farbe erreicht werden.

Bei den noch vorzubehandelnden Papieren erfolgt in diesem Arbeitsschritt der Auftrag eines dünnen Strichs (Acrylat Dispersion) über ein Flexodruckwerk und eine anschließende

Trocknung der aufgetragenen Schicht. Der Trocknungsprozess wird mittels Nahinfrarot (NIR) durchgeführt – im Vergleich zur konventionellen Infrarottechnologie der bisher realisierten digitalen Dekordruckanlagen ist die Nahinfrarottrocknung besonders energieeffizient, da sie in einem anderen Wellenlängenbereich (angepasst an die Tinte) arbeitet und tiefer in den Farbfilm eindringt, ohne das Substrat oder die Umgebung über die Maßen zu erwärmen [adph]. Die NIR-Technologie wird innerhalb der neu zu errichtenden Druckstraße sowohl in der Papiervorbehandlung als auch zur Trocknung der aufgetragenen Druckfarbe verwendet.

2.1.3. Einmalige digitale Ausmusterung

Im Gegensatz zum Rotationstiefdruck erfolgt der Ausmusterungsprozess digital. Eine aufwändige vorangehende Ausmusterung im Labor entfällt vollständig. Dies reduziert die einzusetzenden Ressourcen deutlich, da die Herstellung von Laborzylindern vollständig entfällt und die Personalbindung für den Ausmusterungsprozess signifikant sinkt (der Zeitbedarf beträgt im Vergleich zur Laborausmusterung nur noch 30 %). Zudem wird der Angleichvorgang an der Produktionsmaschine deutlich verkürzt, da die Farbanpassung digital erfolgt. Der Angleichvorgang entspricht dem im nachfolgenden Abschnitt beschriebenen Druckprozess mit den dort genannten Vorteilen.

2.1.4. Druckprozess

2.1.4.1. Farbauftrag

Zur Realisierung eines mit dem Tiefdruck vergleichbaren Druckbilds ist eine hohe Bildauflösung und eine exakte Positionierung und Fixierung der feststehenden Druckköpfe erforderlich – insbesondere in Verbindung mit der angestrebten hohen Druckgeschwindigkeit von bis zu 200 m/min stellt dies eine große Herausforderung dar. Die zu errichtende Demonstrationsanlage sieht daher erstmalig den Einsatz der innovativen Archer®-Technologie der Firma SPGprints im digitalen Dekordruck vor. Durch die Verwendung von hierauf abgestimmten Fuji-Druckköpfen in Verbindung mit einer optimierten Anordnung (Überlappungsbereiche) und einem exakt einstellbaren Fixierungssystem ist hierbei die Realisierung einer hohen Bildauflösung von 1.200 dpi möglich. Gleichzeitig kann der Abstand der Druckköpfe zum Substrat auf bis zu 4 mm vergrößert werden, ohne dass die Qualität des Druckbilds darunter leidet. Dies ermöglicht eine hohe Druckgeschwindigkeit und reduziert das

Risiko einer Druckkopfbeschädigung deutlich. Alle uns bekannten bisher realisierten digitalen Dekordruckverfahren (diese basieren ausnahmslos auf Kyocera-Druckköpfen) weisen eine Auflösung von max. 600 dpi und einen Abstand der Druckköpfe zum Substrat von nur 1,5 mm auf – dies führt bei gleicher Druckgeschwindigkeit zu einem deutlich schlechteren Druckbild und zu höherer Fehleranfälligkeit.

2.1.4.2. Trocknungsprozess

Die Lösung zur Vermeidung des Ineinanderlaufens der Druckfarben und der Vermeidung unkontrollierter Wachstums- und Schrumpfungsprozesse liegt in der Abkehr vom „Nass-in-Nass“-Verfahren, das bisher in jedem bekannten digitalen Dekordruckverfahren angewendet wird. Die von uns vorgesehene Anlagenplanung sieht nach jedem Farbauftrag eine Zwischentrocknung vor, so dass es nicht mehr zum Ineinanderlaufen der Druckfarben kommen kann. Dies hat gleichzeitig auch Vorteile hinsichtlich des unerwünschten Breiten- und Längenwachstums der Papierbahn, da dies aufgrund des in kleinen Schritten ablaufenden Flüssigkeitsauftrags deutlich reduziert wird [Schnieder 2014]. Die geplante Zwischentrocknung hat gegenüber der im „Nass-in-Nass“-Verfahren angewendeten Trocknung in einem Prozess keine energetischen Nachteile, da

- in beiden Varianten insgesamt die gleiche Wassermenge verdampft werden muss,
- ein mehrfacher Auftrag geringer Schichtdicken mit anschließender Trocknung eine deutlich bessere Effizienz aufweist als ein einmaliger Schichtauftrag in Verbindung mit nur einem Trocknungsschritt – dies ist bereits aus ähnlichen Anwendungen (wie z. B. dem Auftrag von Lacken) bekannt. Wesentliche Gründe hierfür sind zum einen die mit der geringeren Schichtdicke verbundenen verbesserten Stoffübergänge und -transporte in und durch die Luft. Zum anderen wird die durch die Verdunstungskälte von Wasser hervorgerufene Temperaturabsenkung an der Oberfläche insgesamt deutlich reduziert.

Durch die in unserem geplanten Vorhaben einzusetzende Trocknungstechnologie (Nahinfrarot – NIR) wird die Energieeffizienz der Papiertrocknung im Vergleich zu den bisher in Betrieb befindlichen digitalen Dekordruckanlagen (konventionelles Infrarot – IR) sogar noch erhöht. Dies wird im Folgenden erläutert:

Die NIR-Technologie arbeitet in einem anderen Wellenlängenbereich als die konventionelle Infrarottrocknung, die unseres Wissens in allen bisher realisierten digitalen Dekordruckanlagen eingesetzt wird. Die NIR-Strahlung (kurzwellige IR-Strahlung im Bereich von 780 nm bis 1.400 nm) dringt im Vergleich zur konventionellen IR-Technologie tiefer in den Farbfilm ein und bewirkt eine direkte, starke Temperaturerhöhung im Druckfilm. Dies sorgt für eine besonders schnelle Erwärmung des Farbfilms, ohne dass das darunterliegende Substrat übermäßig aufgeheizt wird. Hierdurch wird eine sehr schnelle Trocknung ermöglicht, wobei die Trocknungsenergie im Wesentlichen für die Verdampfung des Wassers und nicht für die zusätzliche Aufheizung des Substrats benötigt wird. Dies erhöht die Energieeffizienz und sorgt zudem für eine Reduzierung der thermischen Belastung des zu bedruckenden Papiers. Die aufgetragenen Farbtropfen erhalten außerdem keine Möglichkeit, zu tief in das Papier zu penetrieren – hierdurch wird eine zu starke Bindung des Flüssigkeitstropfens im Substrat vermieden und die Effizienz der Trocknung weiter erhöht. Zudem verbleibt das Pigment in diesem Fall weitgehend an der Oberfläche und geht nicht durch das Eindringen in die Papierschicht verloren.

In der zu errichtenden Demonstrationsanlage werden wir somit eine Trocknungstechnologie einsetzen, die gegenüber dem Tiefdruck als Stand der Technik für hochwertige Möbel- und Fußbodendekore einen deutlich geringeren Energiebedarf erfordert. Auch im Vergleich mit der IR-Technologie der bisher realisierten Digitaldruckanlagen (diese sind für hochwertige Möbel- und Fußbodendekore nicht geeignet) weist das von uns verwendete Nahinfrarot noch spürbare energetische Vorteile auf.

2.1.4.3. Exakte Positionierung der übereinanderliegenden Druckbilder

Um das mit dem jeweils folgenden Farbauftrag verbundene Druckbild exakt auf den vorangegangenen Farbauftrag anzupassen und somit Passerfehler zu vermeiden, soll zwischen den Druckwerken automatisch der Rapport des Druckes in Länge und Breite erfasst und durch eine Software korrigiert werden. Ein zweiter möglicher Ansatz zur exakten Positionierung besteht in der Fixierung der zu bedruckenden Bahn auf einem Führungszylinder, über dem die entsprechenden Druckkopfreihen angeordnet sind. Die geplanten Maßnahmen ermöglichen, im Zusammenhang mit der zuvor beschriebenen

innovativen Zwischentrocknung, erstmalig eine von Wachstumsprozessen des Papiers unabhängige Realisierung beliebiger Dekore ohne Einschränkung des Anwendungsbereichs.

Über die im Projekt zu demonstrierende und in den vorangegangenen Abschnitten beschriebene Technologie lässt sich somit erstmals das gesamte Spektrum dekorativer Oberflächenqualitäten unter Anwendung des digitalen Dekordrucks abbilden:

- Dunkelfarbige Dekore können ohne Vergrauungseffekt hergestellt werden, da die Farbwirkung nicht durch das Ineinanderlaufen wässriger Druckfarben verlorengeht.
- Punkscharfe Drucke mit hoher Auflösung bewirken ein homogeneres Druckbild ohne Fehlstellen.
- Durch die exakte Positionierung der gedruckten Einzelfarben zueinander lassen sich kontrastreiche Dekorabbildungen mit der geforderten optischen Tiefenwirkung erzeugen.
- Das Breiten- und Längenwachstum der bedruckten Papierbahnen mit der für die Möbelindustrie üblichen großen Bahnbreite (187-225 cm) lässt sich aufgrund des dosierten Auftrags der wässrigen Druckfarben mit integrierter Zwischentrocknung sehr kontrolliert steuern. Die erstmalige Realisierung der angestrebten Arbeitsbreite ermöglicht zudem die wirtschaftliche Umsetzung des digitalen Dekordrucks auch für Fußbodendekore (mit und ohne dekorsynchroner Verpressung).

Die hierdurch gegebene breite Anwendung des digitalen Dekordrucks führt zu der im Folgekapitel aufgeführten Umweltschutzwirkung des Vorhabens.

2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Die ursprüngliche Konzeption mit SPGprints wurde aufgrund unterschiedlicher Interpretationen in der Ausführung nicht durchgeführt. Es zeigten sich Unterschiede im Lasten- und Pflichtenheft, womit die weitere Zusammenarbeit zwischen SPGprints und Surteco beendet wurde. Damit die angestrebte Projektumsetzung zum Erfolg geführt werden kann, wurde mit unterschiedlichen Maschinenherstellern gesprochen und letztendlich mit dem italienischen Hersteller Neos Srl eine digitale Druckmaschine im Single-Pass Verfahren entwickelt.

Die Anlage ermöglicht den Durchlauf eines zu bedruckenden Dekorpapierses in einer Breite von 2250 mm mit einer Geschwindigkeit von 150 m/min (bei einer Auflösung von 1200dpi) und wird, wie im Rollendruck üblich, jeweils an den Enden der Digitaldruckmaschine mit einem Auf- und Abroller ausgestattet. Hiermit ist ein Papiertransport durch die Maschine, inklusive eines automatischen Rollenwechsels gewährleistet.

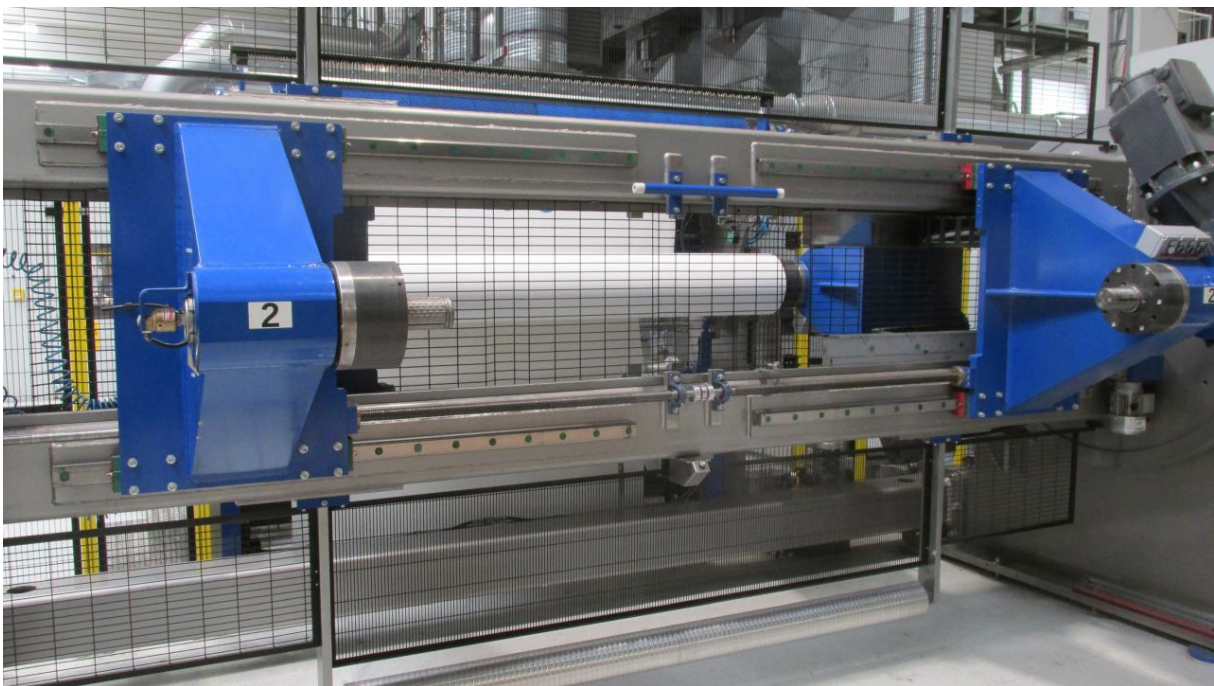
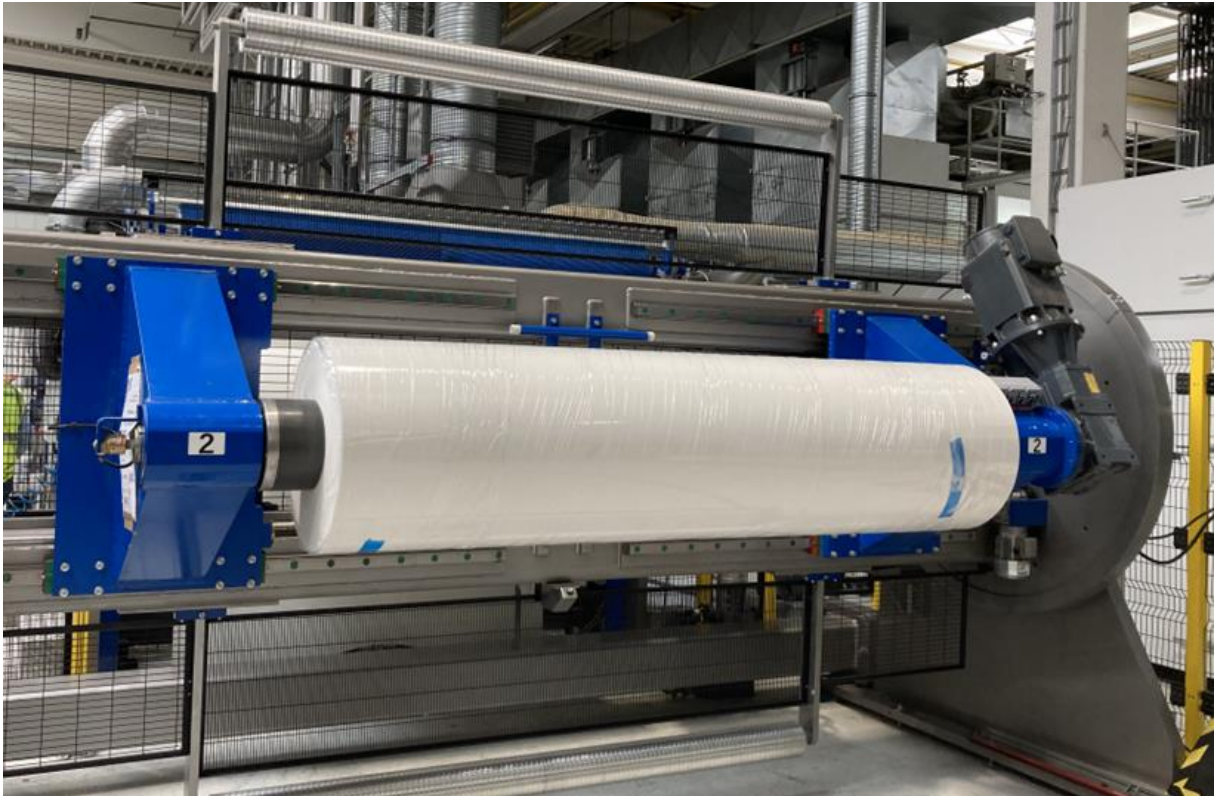


Abbildung 5: Automatischer Rollenwechsler bei der Abwicklung

Durch die konzipierte Breite ist es möglich, die erforderliche Arbeitsbreite für den Fußbodenmarkt zu erreichen und ist somit auch für die weiterverarbeitende Möbelindustrie interessant, da deren bisheriger Maschinenpark verwendet werden kann.

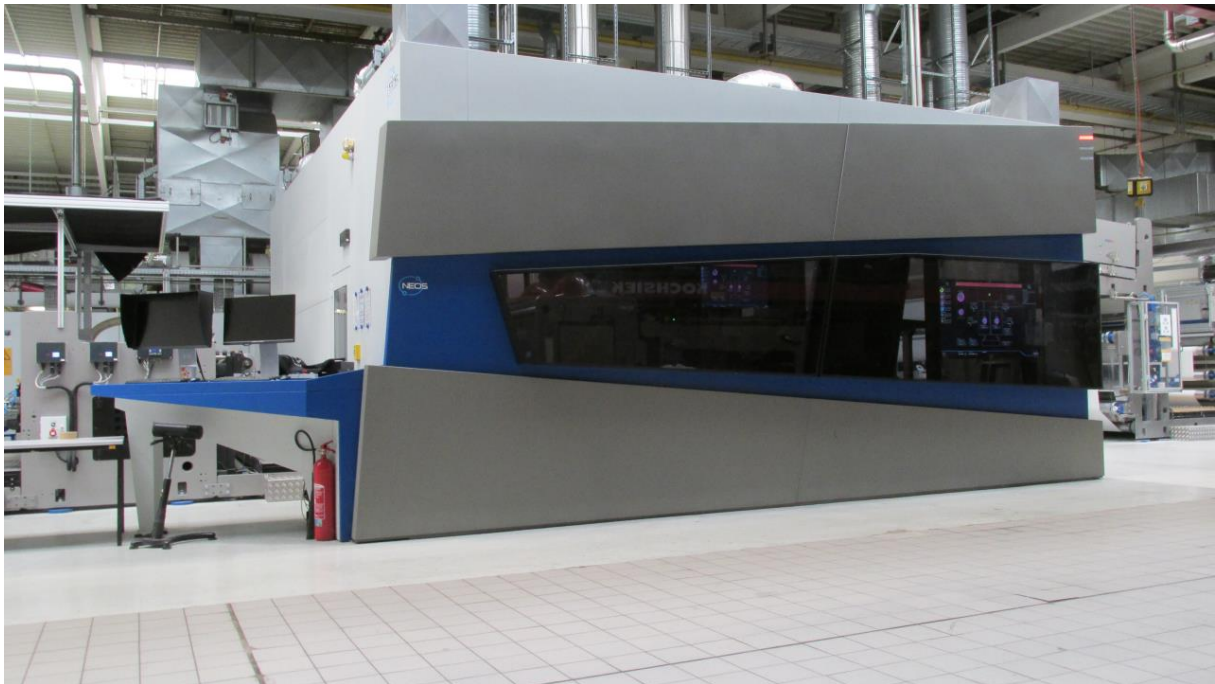


Abbildung 6: Digitaldruckanlage Surteco – im Vordergrund die Druckeinheit

Nach der Abrollung wird das zu bedruckende Papier der Oberflächenbeschichtung (Primerung) zugeführt. Dabei handelt es sich um eine Kammerrakelsystem. In diesem System werden die Nöpfchen einer Rasterwalze mit Primer aus der Kammer gefüllt und auf die Papierbahn übertragen. Zudem kann im direkten oder auch im indirekten Verfahren der Nassauftrag des Primers auf das Papier erfolgen, d.h. zwischen Rasterwalze und Papierbahn wird zusätzlich eine Auftragswalze angestellt. Somit sind die Einstellmöglichkeiten bei der Primerung vielfältiger, um die homogene Verteilung des Primers und somit die Qualität des Auftragsbildes bzw. die spätere Druckqualität besser zu beeinflussen. Ein weiterer Vorteil ist, dass viel Know-how hinsichtlich des Kammerrakelsystems bei der Surteco GmbH bereits vorhanden ist. Diese Gründe waren ausschlaggebend für die Einbindung eines Kammerrakelsystems, entgegen der ursprünglichen Planung ein Flexowerk zu installieren.

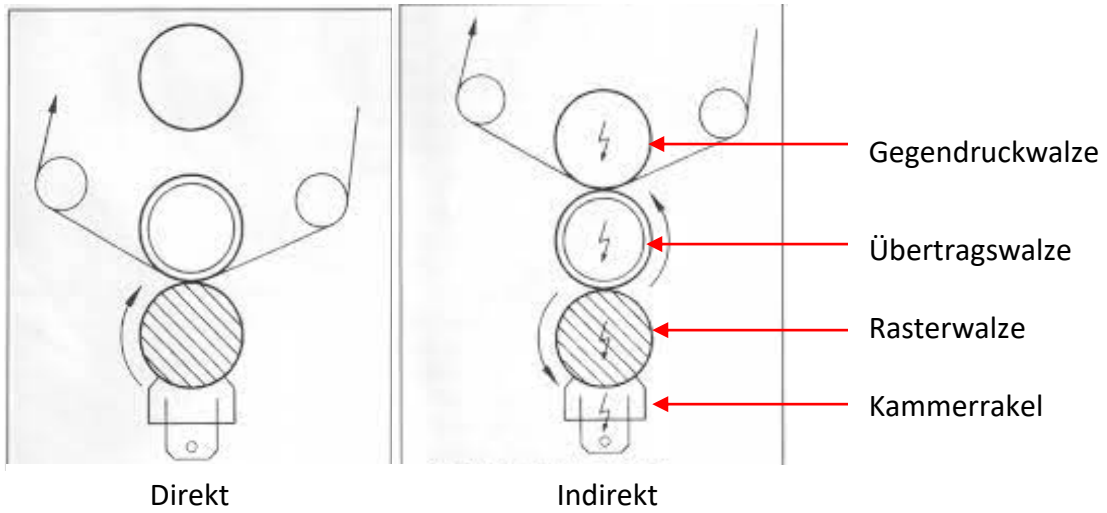


Abbildung 7: Schemazeichnung direktes und indirektes Kammerrakelsystem



Abbildung 8: Kammerrakel im direkten Auftragsverfahren

Das ursprüngliche Konzept eines Zentralzylinders mit Zwischentrocknung wurde trotz der in Punkt 2.1.4.3 genannten Vorteile, nach Rücksprache mit mehreren Maschinenherstellern, mit folgendem Hintergrund verworfen:

Bedingt durch die geringen Abstände der Druckkopfreihen entstehen aufgrund der Zwischentrocknung erhöhte Temperaturen, die zum Antrocknen von Tinte, an den nicht im Einsatz befindlichen Nozzlen (Austrittsdüsen der Druckköpfe) führt.

Eine Reinigung und ein Austausch der Druckköpfe sind durch die kompakte Bauweise und den daraus resultierenden geringen Platz erheblich erschwert. Zudem ist durch die Größe des Zentralzylinders und der damit einhergehenden nicht unerheblichen Trägheitsmasse, viel Energie notwendig, um den Zylinder beim Anfahren und Abbremsen zu bewegen. Weiterhin wird mit fortlaufender Druckdauer der Zylinder sukzessive erwärmt, was zu veränderten Druckbedingungen führen kann. Abhilfe kann nur durch eine aufwändige Temperierung erreicht werden. Die ursprüngliche Konzeption in Anlehnung an eine bereits vorhandene UV-Digitaldruckmaschine bei der Surteco GmbH, wurde somit wieder verworfen. Damit eine ausreichende Druckqualität mit einem entsprechenden Druckpunktstand erreicht werden kann, wird dies mit Hilfe der Primerung verfolgt.



Abbildung 9: NIR-Trocknereinheit nach der Primerung

Das geprimerete Dekorpapier wird vor der Druckeinheit mittels NIR-Strahler getrocknet und anschließend durch Kühlwalzen temperiert. Die Druckeinheit selbst ist eingekapselt und bietet durch die Klimatisierung eine optimale Umgebung für den Inkjet-Druck.

Bei der Bedruckung des geprimereten Dekorpapieres in der Druckeinheit, wird die Papierbahn mechanisch ungeführt (schwebend) über einen Saug-/Gebläsetisch geführt, damit ein falten-

und verzugsfreier Papierlauf ermöglicht wird. Das ist insofern wichtig, um die entsprechende Druckqualität zu erreichen und eine Beschädigung der Druckköpfe zu vermeiden, da die Bahn

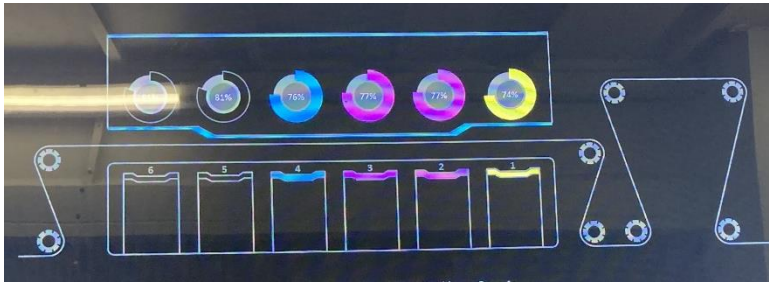


Abbildung 10: Papierlauf in der Druckeinheit

in einem Abstand von 1,5 mm bedruckt wird. Zudem soll mit dieser Konstruktion das Breiten- und Längenwachstum reguliert werden, um dekorsynchrone Drucke zu erreichen. Weiterhin

wird das Breiten- und Längenwachstum softwaretechnisch unterstützt bzw. korrigiert. Des Weiteren ist die Wegstrecke zwischen Tintenauftrag und abschließender Trocknung stark verkürzt. All die voran angesprochenen Punkte erlauben es, den Mehrfachauftrag im Nass-in-nass Verfahren zur Anwendung kommen zu lassen. Die vormalig geplanten Fuji-Samba Köpfe kommen nicht zum Einsatz, da eine Qualifizierung der Tinte auf diese Druckköpfe technisch kritisch erscheint. Daraufhin hat man sich für den Druckkopfhersteller Xaar entschieden, die ebenfalls eine Auflösung von 1200 dpi aufweisen.

Die Farben werden in der Reihenfolge gelb, rot, blau und schwarz gedruckt. Zudem sind noch zwei weitere Druckkopf-Arrays (Druckkopf-Reihen) installiert worden, um den Farbraum bei Bedarf durch zwei weitere Sonderfarben zu erweitern.

Das Eintrocknen der Tinte wird durch eine spezielle Tintenformulierung vermieden. Das Ausrichten der Druckköpfe zueinander wird softwaretechnisch erreicht und durch das Vision System[®] unterstützt. Die Software erkennt automatisch Nozzle-Aussetzer, die zu Fehlstellen führen und richtet die Druckköpfe so aus, dass ein Übereinanderdruck in der für den Dekordruck üblichen Qualität erreicht werden kann. Ein weiterer Punkt zur Erreichung der erforderlichen Druckqualität, ist in der Eigenentwicklung (in Zusammenarbeit mit dem Maschinenlieferanten) des Primers und der Tinte zu sehen. Somit werden die beiden Medien aufeinander abgestimmt, womit eine verbesserte Druckqualität erreicht werden kann.

Nach dem Druck wird die bedruckte Bahn über den NIR-Strahler geführt, womit die Tinte getrocknet wird. Die Strecke zwischen Tintenauftrag und Trocknung ist konstruktionsbedingt sehr kurz. Grund dafür ist eine bessere Kontrolle des Längen- und Breitenwachstums des bedruckten Papiers, was durch ein schnelleres Fixieren der Tinte erreicht wird. Zudem wird das Wegschlagen bzw. Wegpenetrieren der Tinte gebremst und somit minimiert. Beim Einsatz

von schmälere Bahnen kann die Trocknerbreite dementsprechend angepasst werden. Damit kann ein weiterer Beitrag zur Energieeinsparung erzielt werden.

Im Anschluss an den Druck wird die bedruckte Papierbahn aufgerollt und kann für die Weiterverarbeitung oder auch die Kundenanlieferung herangezogen werden.

2.3 Umsetzung des Vorhabens

Vor dem Projektstart im Januar 2018 mussten die Angebote mehrerer Maschinenhersteller und somit auch die verschiedenen Lösungsansätze verglichen werden. Mit der Entscheidung, die Firma Neos mit dem Projekt zu beauftragen, wurde ein detailliertes Lastenheft erarbeitet. Hauptaugenmerk lag dabei auf dem verzugfreien Bahnlauf des Dekorpapiers in einer Papierbreite bis maximal 2250 mm, der einen dekorsynchronen Druck für dimensionskritische Dekore gewährleisten kann. Zudem ist die Entwicklung von Tinten und Primern beinhaltet, die dem Anspruch der Dekorqualität entsprechen und darüber hinaus die Eigenschaft haben, lösemittelfrei (VOC frei) nach der Lösemittelverordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV 31) zu sein.

Mit dem beidseitig akzeptierten Pflichtenheft konnten die Vorbereitungen im Projekt beginnen. Hierzu wurde beim Maschinenhersteller in Italien eine Technikumsanlage aufgebaut, um bei schmalen Papierbreiten, erste Tests in der Tintenentwicklung durchführen zu können. Da an der Testanlage kein Primerwerk zur Verfügung stand, wurde für die Versuche analog geprimertes Material nach Italien geschickt. Dabei wurde deutlich, dass das Zusammenspiel zwischen Tinte und Primer entscheidend hinsichtlich den Qualitätskriterien Intensität, Trocknungsverhalten, Ausblutverhalten, Imprägnierfähigkeit, Sublimierung, Farbdichte und Kontrast der bedruckten Tinte ist. Das hatte zur Folge, dass viele Iterationsschleifen notwendig gewesen waren, um das Thema Imprägnierfähigkeit bzw. Ausblutverhalten in der Weiterverarbeitung von dekorativen Oberflächen zu testen.

Zeitgleich musste für den Aufbau der Anlage in Buttenwiesen, vorab der Aufstellungsort definiert werden und notwendige Gebäudeanpassungen eingeplant werden.

Zudem wurde die Produktionsanlage in Italien aufgestellt, um in Vorbereitung des FAT (Factory Acceptance Test), die Anlage bzw. die Produktionstauglichkeit laut Pflichtenheft zu gewährleisten.

Aufgrund der Tatsache, dass die Firma Xaar die damals favorisierte Druckkopfreiher produktionsseitig eingestellt hat, wurde der Projektfokus auf die Qualifizierung neuer Druckköpfe gelegt. Hierdurch verschiebt sich die Abnahme der gesamten digitalen Produktionsanlage. Die Qualifizierung der Druckköpfe der Firma Ricoh ist erfolgt und die Bestellung ausgelöst. Ziel ist es, die Produktionsanlage zeitnah am Aufstellungsort zu montieren und nachträglich die Druckeinheit einzusetzen.

Durch das Einbringen der digitalen Druckanlage in den Drucksaal, sind erhöhte Unterdruckverhältnisse zu erwarten gewesen, die mit Hilfe der beauftragten Luftmessung quantifiziert wurden und die als Grundlage für Abhilfemaßnahmen dienen. Mit der zusätzlichen digitalen Druckanlage ist ein erhöhter Energiebedarf zu erwarten. Die benötigte Bereitstellung der zusätzlichen Leistung bedingt einen leistungsstärkeren Transformator.

2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Da der Aufstellungsort der Digitaldruckmaschine in der analogen Druckerei erfolgt ist und der Gesamtbereich nach BImSchG nicht genehmigungsbedürftig ist, sind diesbezüglich keine zusätzlichen behördlichen Anforderungen zu erfüllen gewesen.

Sicherheitstechnische Vorkehrungen wurden durch die Abnahme der Berufsgenossenschaft bestätigt und können durch eine CE-Zertifizierung ausgewiesen werden.

2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Ausschlaggebend für den Vergleich der Umwelt- und Energiebilanz zwischen dem analogen und digitalen Dekordruck, ist u.a. die Gegenüberstellung der Verbräuche an Energie. Hierzu werden die Strom- und Gasverbräuche der analogen Druckmaschinen bzw. die Energieverbräuche bei der Zylinderherstellung mit den Energieverbräuchen der Digitaldruckmaschine verglichen. Die Datenerfassung erfolgt über das Messsystem Efficio[®] der Berg GmbH (Teil des zertifizierten Energiemanagements nach ISO 50001). Dabei können die Verbräuche hinsichtlich Gas, Strom und Wasser für jede einzelne Druckmaschine mit einer Auflösung von 15 min ganzjährig ausgelesen werden. Der Wasserverbrauch zur Reinigung an der analogen Tiefdruckanlage wurde mittels einer Wasseruhr händisch ermittelt, da hier die Daten aus Efficio[®] nicht spezifiziert werden können.

Der Material- und Energieaufwand für die Zylinderherstellung wurde durch die Firma Surteco Art in Willich erfasst. Die Datenbasis stammt aus dem Jahr 2014. Nicht mit einbezogen sind die Zylinderrohlinge, da diese extern bestellt werden und somit keine Daten zur Verfügung stehen.

Druckfarbenverbräuche und Druckparameter (Druckzeit, Ausmusterungsstufen, Papierverbrauch, Makulatur, Druckgeschwindigkeit) der analogen Druckmaschinen können direkt aus den Maschinendaten (hinterlegt in SAP®) entnommen werden und wurden über das gesamte Jahr 2022 gemittelt.

Für der Bestimmung des Tinten- und Primerverbrauches wurden Durchflusssensoren zwischen den IBC Tanks und den Druckeinheiten angebracht, um die Verbrauchsmengen zu bestimmen. Diese wurden an die Analysesoftware Efficio® angebunden, womit der Verbrauch an Wasser, Primer und Tinte überwacht werden kann.

Zudem werden die Mengen der Tinten mit den errechneten Verbräuchen aus den Rip-Daten (nach Farbfreigabe = vor Produktionsstart) verglichen. Hier zeigte sich eine sehr gute Übereinstimmung, womit die Rip-Daten für die weitere Berechnung herangezogen werden, da die Durchflusssensoren aufgrund des Zwischentanks eine Abweichung (Puffer) von ca. 1,5 Litern aufweisen.

Für die Auswertung relevante Daten der Druckparameter (analog den Tiefdruckmaschinen) können ebenfalls mit Hilfe der in SAP® hinterlegten Maschinendaten bereitgestellt werden. Somit können die Daten aus den jeweiligen Software-Systemen ausgelesen und in Microsoft Excel® zur weiteren Auswertung importiert werden.

2.6 Konzeption und Durchführung des Messprogramms

Mit diesem Messprogramm sollen die Entlastungseffekte hinsichtlich Umwelt und Energie dargestellt werden. Die Effekte werden anhand folgender Kriterien verglichen:

- Materialeinsparung
 - Makulatur Anteil Papier
 - Makulatur Anteil Farbe
 - Rohstoffe zur Zylinderherstellung (Stahl, Kupfer und Chrom)
- Energieeinsparung (Strom und Gas) Produktion und Zylinderherstellung
- Einsparung Wasserverbrauch

- Reduktion der Abfallmengen – Abwasser
- CO₂ Minderung (CO₂-Äquivalente)

Da es sich teilweise um sensible Produktionsdaten handelt, werden die Einsparungen bzw. gemessenen Werte relativ angeben, in diesem Fall prozentual zum Ist-Stand der analogen Produktion.

Die absoluten Zahlen werden gesondert beigefügt, da diese nach §9 Abs. 1 des Umweltinformationsgesetzes (UIG) dem Betriebs- bzw. Geschäftsgeheimnisses zugeordnet werden und somit der Geheimhaltungsbedürftigkeit unterliegen.

Der Zeitraum der aufzunehmenden Messdaten erstreckt sich über einen Zeitraum von acht Monaten.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Die damals vorherrschende Corona-Pandemie wirkte sich negativ auf den Projektverlauf aus. Die wesentlichen Lieferanten haben ihren Sitz in Nord-Italien (Anlagenbauer und Druckkopfreihenhersteller), wo weitreichende Beschränkungen zur Eindämmung der Pandemie vorab die Abstimmungen erheblich erschwerten. Vornehmlich wirkte sich das auf den FAT vor Ort aus. Zunächst wurde geplant, dass die Anlage ohne Druckeinheit geliefert und montiert wird. Die Montage der Druckkopfeinheit und die anschließende Abnahme der Anlage sollten im Nachgang am Aufstellungsort erfolgen. Zwischenzeitlich wurde auch vereinbart, eine Vorabnahme der Anlagenkomponenten ausnahmsweise per Video vorzunehmen. Infolge der auch in Deutschland herrschenden Einschränkungen und der Schließung aller nicht lebensnotwendigen Betriebe in Italien waren auch diese Überlegungen nicht mehr realisierbar.

Erste Tests beim Druckmaschinenhersteller vor der Pandemie in Italien zeigten technische Schwierigkeiten bei der Papiereinziehvorrichtung und somit beim Bahnlauf auf. Diese sollten in beidseitiger Abstimmung bei der Anlageninstallation mitberücksichtigt und im Vorfeld neu konstruiert werden. Zudem sollten noch Modifikationen am Primer-Werk vorgenommen werden.

Bei der Installation vor Ort in Buttenwiesen wurden jedoch weitere Mängel am Primer-Werk festgestellt. Dabei war die Qualität der Beschichtung des zu bedruckenden Papiers nicht

ausreichend, was zur Folge hatte, dass die Qualifizierung der Primer Einheit sich weiterhin verzögert hat.

Ferner wies die Trocknungseinheit noch keinen ausreichenden Trocknungsgrad bei Farbe und (geprimerten) Papier auf – es kam hierdurch zu Kondensation im Druckwerk. Hinsichtlich der Papierlaufbahn konnten zwar erhebliche Fortschritte erreicht werden, allerdings entstanden weiterhin Falten in der Papierbahn, die die Qualität beeinträchtigten. Die aufgetretenen Schwierigkeiten waren allesamt konstruktionsbedingt und wurden von den Lieferanten überarbeitet und abgestellt.

Parallel zum Aufbau der Digitaldruckanlage in Buttenwiesen wurden an der Pilotanlage weiterhin Drucke auf verschiedenen Papieren (geprimert/ ungeprimert) durchgeführt. Auch wurden unterschiedliche Dekore auf die Qualität mit dem Digitaldruckverfahren getestet. Diese Erkenntnisse sollten bei der Inbetriebnahme der Digitaldruckanlage mit einfließen, um hier weitere Verzögerungen zu vermeiden.

Da der ursprüngliche Druckkopflieferant Xaar seine Druckkopfreihe 5601 überraschend aus wirtschaftlichen Gründen eingestellt hat, musste ein Alternativdruckkopf schnellstmöglich qualifiziert werden, hierzu waren erneut zahlreiche Abstimmungen mit den Lieferanten erforderlich. Zur Qualifizierung des neuen Druckkopfes wurden Alternativen der Hersteller Xaar, Ricoh und Minolta getestet. Hierbei kristallisierte sich ein Druckkopf der Firma Ricoh heraus, welcher auch auf der Single-Pass-Technologie basiert. Die Kompatibilität zu den entwickelten Tinten als auch zur Steuerungstechnik der Druckköpfe waren wesentliche Indikatoren der Entscheidungsfindung. Der unvermeidbare Wechsel auf Ricoh-Druckköpfe wird sich allerdings auf die Gesamtperformance der Digitaldruckanlage auswirken, da die Auflösung von 1200 dpi auf 600 dpi fällt. Die durchschnittliche Druckgeschwindigkeit wird auf etwa 120 m/min statt den ursprünglichen 150m/min reduziert werden.

Hier sollen die Qualitätsverluste mit der Entwicklung von Primer und Tinte ausgeglichen werden. Zudem wurden zwei weitere Druckkopfreiheiten installiert, um den Farbraum zu erweitern. Dabei besteht auch die Möglichkeit durch die Befüllung mit doppelten Farben (z.B. zwei Druckkopfreiheiten Schwarz, plus eine weitere Rot-Reihe), die Verluste in Dichte und Kontrast auszugleichen. Zudem kann mit der sog. Nozzle-Compensation der Ausfall einer Düse mit einer der weiteren Druckreihe ausgeglichen werden. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass eine Bedruckung des Dekorpapieres ohne Primerung aufgrund von Qualitätsverlusten durch das Nass-in-nass Verfahren nur zu einem prozentualen Anteil von 5% möglich ist

(ursprüngliche Annahme: 50% der Dekore werden ohne Primer gedruckt). Zudem auch nur bei hellen Dekoren, mit entsprechender Farbsättigung.

Die automatische Steuerung der Druckköpfe durch das Vision System® zeigte bei der Inbetriebnahme Schwächen und wurde vom Anlagenbauer daraufhin in Italien optimiert. In der Zwischenzeit wurde das System zur laufenden Kalibrierung der Druckköpfe händisch gesteuert, um die Vielzahl an Qualitätsthemen weiter zu bearbeiten.

Eine weitere Verzögerung entstand durch den Ausfall bzw. Beschädigung mehrerer Platinen in sehr kurzer Zeit, bedingt durch einen „Fehlstrom“ in der Anlage. Diese Mängel wurden vom Hersteller durch aufwändige Analysen beseitigt.

Alles in allem haben die umfangreichen Verzögerungen infolge der technischen Schwierigkeiten, der pandemisch beschränkten Limitierungen, dem erforderlichen Lieferantenwechsel und den unsicheren Rohstoffströmen (bedingt durch den Ukraine-Krieg) das Projekt vor große Herausforderungen gestellt.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

3.2.1 Energie- und ressourceneffizientere Produktion

Die mit dem Druckprozess verbundenen Energieentlastungen gegenüber dem Stand der Technik ergeben sich insbesondere durch die deutliche Erhöhung der Produktivität des Druckprozesses. Eine Tiefdruckanlage weist auch während der Zeiträume, in denen keine Herstellung von verkaufbarem Produkt stattfindet (z. B. Montage-/Rüstzeiten, Ausmusterung), einen spürbaren Energieverbrauch auf. Dieser beträgt erfahrungsgemäß ca. 40 % des durchschnittlichen Energieverbrauchs der regulären Produktion. Nach Auswertung der Energiedaten beläuft sich der Wert tatsächlich auf ca. 26%.

Zur Quantifizierung dieser Umweltentlastung wird im Folgenden der Energiebedarf der neuen Digitaldrucklinie je Produktionsstunde bzw. je Rüststunde abgeschätzt.

Der Energieverbrauch pro Produktionsstunde ergibt sich aus dem Leistungsbedarf der einzelnen Aggregate und Maschinen, der sich aus der angeschlossenen Leistung ableiten lässt. Der theoretische Ansatz geht von maximal 80% der angeschlossenen Leistung aus. Da, wie Eingangs beschrieben, nur 5% der Dekore ohne Primer gedruckt werden können, wird die Energiereduzierung bei der Primerung in den Berechnungen außer Acht gelassen. Die Summe

der Verbräuche der einzelnen Leistungen ergibt den Energieverbrauch für die Digitaldruckmaschine je Produktionsstunde (zum Vorhabenbeginn).

In den nicht produktiven Zeiten reduziert sich der theoretische Energieverbrauch der digitalen Dekordruckanlage auf nur noch 10 % des Energiebedarfs pro Produktionsstunde, da die Verbraucher der Anlage (insbesondere Aufwickler, Abwickler, Primerauftrag, Zwischen- und Endtrocknung) zum größten Teil abgestellt werden können und nur noch eine geringe Grundlast durch generelle Einrichtungen und einen „Standby-Betrieb“ der digitalen Druckmaschine inkl. Klimatisierung verbleibt.

Durch Auswertung der Strom- und Gaszähler ist es möglich, Energiebilanzen für die konventionellen Tiefdruckanlagen und für die Digitaldruckanlage aufzustellen und miteinander zu vergleichen. Daraus resultiert ein Anstieg des theoretischen Energieverbrauches, begründet aus der Abkehr der Zwischentrocknung, womit mehr Farbangebot in sehr kurzer Zeit getrocknet werden muss. Somit ist die Leistung der Trockner um ein Vielfaches höher.

Dem gegenüber konnte durch die Auswertung (Analysesoftware Efficio[®]) von Produktionsaufträgen im Digitaldruck (Zeitraum: Januar bis einschließlich August 2023), die Verbräuche in der Praxis ermittelt werden.

Daraus ergibt sich folgende Übersicht hinsichtlich des theoretischen und praktischen Ansatzes (Auswertung Efficio[®]) des relativen Energieverbrauches. Der theoretische Energieverbrauch zum Vorhabenbeginn wird entsprechend mit 100% bewertet:

	Vorhabenbeginn (theoretisch)	Vorhabenende (theoretisch)	Vorhabenende (praktisch)
E _{Rüststunde}	100%	215%	111%
E _{Produktionsstunde}	100%	215%	52%

Tabelle 1: Energieverbrauch Digitaldruckmaschine

In der Praxis hat sich gezeigt, dass die theoretischen Annahmen beim Vorhabenende um ein Vielfaches unterschritten werden und der tatsächliche Stromverbrauch bei der Produktion an der Digitaldruckmaschine wesentlich geringer ist (siehe Tabelle 1). Zudem fällt auf, dass die Annahme bei Vorhabenbeginn (Energieverbrauch je Produktionsstunde = 80% der angeschlossenen Leistung) sich nicht bestätigt hat. Der tatsächliche Wert beläuft sich auf ca. 24% der angeschlossenen Leistung, da die NIR-Trockner nicht mit voller Leistung gefahren werden müssen, um eine ausreichende Trocknung von Primer und Tinte zu erreichen.

Zur Auswertung der Energieeinsparungen im Hinblick auf die beiden Druckverfahren sind Maschinendaten über einen definierten Zeitraum ausgewertet worden (analog: Jahr 2022; digital: Jan. bis einschließlich Aug. 2023). Zugrunde gelegt wurden hier Produktionen bis zu einer Losgröße von 3 Tonnen (Break-Even aus der fachtechnischen Beschreibung), und zusätzlich wurden Dekore mit Haptik, Metallic und Deckweiß ausgeklammert, da diese im dekorativen Digitaldruck, Stand heute, auf Papier nicht druckbar sind. Daraus resultieren ca. 28% der gesamten Anzahl der analogen Aufträge im Tiefdruck (TD) – ausgewertet aus den Maschinendaten für das Jahr 2022). In Tabelle 2 ist eine prozentuale Aufstellung der Produktionen mit einer Losgröße von ein bis drei Tonnen in Relation zur Gesamtanzahl der Produktionen, ersichtlich.

Anzahl Aufträge - digital bedruckbar	Tatsächliche Aufträge 2022			GESAMT
	1 Tonne	2 Tonnen	3 Tonnen	
Losgröße				
Anteil der analogen Produktion [%]	7,0	12,5	8,6	28,1

Tabelle 2: Aufträge bis zu 3 Tonnen

Eine Gegenüberstellung der unproduktiven Zeit (Rüsten/ Mustern – Erklärung siehe Kap. 1.2.1.3) und der Produktionszeit (Erklärung siehe Kap. 1.2.1.4) zwischen dem analogen Tiefdruck und dem Digitaldruck, zeigen erhöhte Produktionszeiten im Digitaldruck. Das Maß der Produktivität im Hinblick auf die Produktionszeit, ist mit steigender Losgröße erwartungsgemäß profitabler im analogen Tiefdruck. Dem entgegengesetzt bietet der digitale Druck eine wesentliche Zeitersparnis in den Prozessen des Rüstens und des Musterns. Eine prozentuale Gegenüberstellung der Zeiten in Abhängigkeit der Losgröße ist in Tabelle 3 zu entnehmen:

	1 Tonne		2 Tonnen		3 Tonnen	
	Produkt.-zeit	Rüsten/ Mustern	Produkt.-zeit	Rüsten/ Mustern	Produkt.-zeit	Rüsten/ Mustern
Analoger Druck [%]	100	100	100	100	100	100
GESAMT	100		100		100	
Digitaler Druck [%]	191	25	191	25	191	25
GESAMT	46		63		76	

Tabelle 3: Muster-/Produktionszeiten im Vergleich

Legt man die Anzahl der Aufträge bis zu einer Losgröße von drei Tonnen zu Grunde (siehe Tabelle 4) und stellt demgegenüber die entsprechenden Zeiten für das Rüsten/Mustern bzw. die Produktionszeiten, beides aus den BDE-Daten für das Jahr 2022 ausgelesen und

anschließend in Excel dargestellt, ergibt sich folgende Aufstellung bzw. Auswertung (die Druckzeit des analogen Druckes wird in diesem Fall mit 100% bewertet):

Anzahl Aufträge	1 Tonne	2 Tonnen	3 Tonnen	GESAMT
Analog	7,0	12,5	8,6	28,1
Druckzeit Gesamt [%]	100	100	100	100
Produktionszeit [%]	11,6	16,3	27,1	18,3
Rüsten/Mustern [%]	88,4	83,7	72,9	81,7
Digital	7,0	12,5	8,6	28,1
Druckzeit Gesamt [%]	44,7	53,8	69,3	55,9
Produktionszeit [%]	49,6	60,4	73,2	61,1
Rüsten/Mustern [%]	50,4	39,6	26,8	38,9

Tabelle 4: Druckzeit pro Jahr

Im Vergleich der Gesamt-Druckzeit pro Jahr, zwischen analogen und digitalen Dekordruck ist eine Zeitersparnis von 44% aufzuweisen und bietet somit das Potential Energie und Ressourcen einsparen zu können.

Bei der Auswertung der Maschinendaten ist eindeutig zuordenbar, wann für die einzelnen Aufträge die jeweiligen Aktivitäten eingeloggt wurden. Die für die Auswertung relevanten Aktivitäten waren zum einen ‚Rüsten/Mustern‘ und zum anderen ‚Produzieren Gutlaufmeter‘. Mit Hilfe der Auswertung des Messprogrammes Efficio[®], konnte jeder Aktivität der jeweilige Energieverbrauch (Strom und Gas) zugeordnet werden. Im analogen Druck sind folgende Strom- und Gasverbräuche ermittelt worden:

Energieverbrauch	analog - Strom	analog - Gas	digital
Produktionszeit [%]	100,0		192,3
Energie gesamt [%]	16,7	83,3	40,7
Rüsten/Mustern [%]	100,0		25,5
Energie gesamt [%]	22,2	77,8	33,7
Gesamte Energie [%]	19,6	80,4	41,6
Je m² Produktion	0,011	0,045	0,023

Tabelle 5: Vergleich des Energieverbrauchs digital/analog

Die Energieverbräuche für Gas sind mit Hilfe des Brennwertes (laut örtlichem Netzbetreiber 11,5 kWh/m³) von m³ in kWh umgerechnet worden.

Damit ergibt sich eine Energieeinsparung im Digitaldruck gegenüber des Dekortiefdruckes von ca. 58%.

Umgerechnet auf die Energieeinsparung je Quadratmeter bzw. Gesamt-Output pro Jahr in m², ergibt sich folgende Berechnung:

Energieersparnis je produziertem m²:	0,032 kWh
Prozent. Ersparnis je produziertem m²:	58,4 %

Tabelle 6: Energieeinsparung je m²

Diese Einsparung in Tabelle 6 bezieht sich nur auf die benötigte Energie im Produktionsprozess bei den Vorgängen Rüsten/Mustern und der eigentlichen Druckproduktion.

Die Energieeinsparung pro 1.000m² kann zusätzlich der Aufstellung im Anhang 7.2 (Tabelle 12) entnommen werden. Dabei wurden die Energieverbräuche zur Druckformherstellung und dem Produktionsprozess herangezogen und weichen dementsprechend von den o.g. Werten ab.

3.2.2 Verringerung der Abfallmengen in der Produktion

Eine Gegenüberstellung der Verbräuche an Papier, Farbe/Tinte und Wasser (Frisch- und Abwasser) weisen deutliche Einsparungen der Ressourcen zugunsten des Digitaldruckes auf. Berücksichtigt wird dabei die vor dem Produktionsstart eines Auftrags notwendige Ausmusterungsphase.

Hierdurch wird die mit dem Ausmusterungsprozess verbundene Makulaturmenge (nicht verkaufter Papierausschuss) deutlich verringert. Anbei sind folgende Parameter zur Berechnung herangezogen worden:

a) Berechnung der eingesparten Makulaturmenge

Der jährliche prozentuale Anteil an digitalen Druckaufträgen beläuft sich auf ca. 28% (entspricht der Auftragsmenge aus Tabelle 4) und ist die Basis für die weiteren Berechnungen.

Im Rotationstiefdruck wird eine gewisse Anzahl an Ausmusterungsanläufen benötigt, bis die Produktionsmaschine an den Laborandruck zufriedenstellend angeglichen ist. Da der Ausmusterungsvorgang die gleiche Geschwindigkeit wie der spätere Produktionsprozess aufweisen muss, werden je Anlauf etliche Laufmeter bedrucktes Basispapier verbraucht. Entgegen der ursprünglichen Annahme, dass der Ausmusterungsprozess nur 25% der Farbkorrekturen des Dekordruckes benötigt werden, hat sich in der Praxis bestätigt, dass durchschnittlich 75% Farbkorrekturen bis zur Produktionsfreigabe benötigt werden.

Im Gegensatz zur Tiefdruckanlage, ist die Maschinenlänge kürzer und durch die geringere Geschwindigkeit bei der Ausmusterung, verringert sich die Makulaturmenge des Papiers deutlich.

Die Festlegung der durchschnittlich zu bedruckenden Papierbreite erfolgte sowohl für den Tief- als auch für den Digitaldruck anhand der durchschnittlichen Breite über die Aufträge des Jahres 2022.

b) Berechnung der eingesparten Druckfarben/-Tinten

Die in der Ausmusterungsphase pro Quadratmeter aufgebrauchte durchschnittliche Druckfarbenmenge beträgt, gemäß den Auswertungen aus den Maschinendaten, im Digitaldruck 29% der Menge im Dekortiefdruck. Die Reduzierung des Farbverbrauches resultiert zum einen aus der Drucktechnologie und dem Auftrag eines Primers, der die Penetration der Tinte in das Papier weitgehend verhindert.

c) Berechnung der Verringerung des Frischwasserverbrauchs/Abwasseranfalls

Nach Abschluss eines Produktionsauftrags sind im Rotationstiefdruck umfassende Reinigungsprozesse erforderlich, die im Rotationstiefdruck Frischwasser je Produktionsauftrag und je Druckwerk erfordern. Diese Messung erfolgte mit Hilfe einer Wasseruhr bei ausgewählten Druckaufträgen. Die Anzahl der eingesetzten Druckfarben je Auftrag belaufen sich auf durchschnittlich 3,25 Druckwerke, die zu reinigen sind. Der Gesamtverbrauch wurde auf 28% der Aufträge berechnet.

Der Reinigungsaufwand bei der Digitaldruckmaschine ist lediglich für das Primerwerk vorzusehen und findet nur einmal je Produktionstag statt. Zur besseren Reinigung wird hier Warmwasser verwendet, dessen Verbrauch mit Hilfe der Auswertesoftware Efficio[®] ausgelesen wurde. Der Reinigungsaufwand hinsichtlich der Druckköpfe kann aufgrund geringer Frischwassermengen vernachlässigt werden.

Die zu entsorgende Abwassermenge ist im Rotationstiefdruck mit der Frischwassermenge gleichzusetzen. Entgegen der ursprünglichen Annahme wird die ausgespülte Restfarbe beim Reinigungsvorgang nicht mit einberechnet, da diese gesammelt und wieder dem Mischprozess in der Farbmeterik hinzugefügt wird. Dasselbe gilt für die Frischwasserzufuhr zur Viskositätseinstellung der Tiefdruckfarben.

Eine Übersicht der Abfallbilanz ist nachfolgend der Übersichtstabelle zu entnehmen:

	Konventioneller Dekortiefdruck	Digitaler Dekordruck	Jährliches Einsparpotenzial
Rahmenbedingungen Ausmusterung (Prozess der Farbangleichung)			
Ø Anläufe für Farbkorrekturen [%]	100,0	75,0	
Ø Laufmeter Basispapier je Anlauf [%]	100,0	29,7	
Makulatur (nicht verkaufbarer Papierausschuss)			
Makulaturmenge Papier (kg/a)			324.372
Druckfarbenverbrauch durch Verluste			
Ø Druckfarbe-/Tinte auf Makulatur [%]	100,0	29,3	
Jährlicher Farbverlust durch Makulatur (kg/a)			
Ø Farbverlust durch Reinigung (kg/a)	entfällt*	0	
Druckfarbenverbrauch Makulatur/Reinigung (kg/a)			65.808
Wasserverbrauch/ Abwasseranfall			
Wasserverbrauch			
Jährl. Frischwasserbedarf Viskositätseinstellung (Ltr./a)	entfällt*	0	
Jährl. Frischwasserbedarf durch Reinigung (Ltr./a)	299.325	73.399	225.926
Jährl. Abwasserbedarf durch Reinigung (Ltr./a)	299.325	121.759	177.566

* = Restfarben werden in die Farbmeterik zurückgeführt (außer Haptik und Metallic, die nicht mit aufgeführt werden in den Berechnungen)

Tabelle 7: Abfallbilanz hinsichtlich Papier, Farbe und Wasser

Zusammenfassend können bei der angestrebten Auftragsmenge durch die neue Digitaldruckanlage, folgende jährlichen Abfall- und Frischwassermengen eingespart werden:

ca. 324t Dekorpapier-Makulatur durch Verschlankung des Anlaufvorgangs

ca. 66t Druckfarbe durch geringere Makulatur und Reduzierung der Reinigungsvorgänge

ca. 226m³ weniger Frischwasser durch Reduzierung der Reinigungsvorgänge

ca. 178m³ weniger Abwasseranfall durch Reduzierung der Reinigungsvorgänge

Demgegenüber steht ein Zusatzverbrauch von ca. 14t Primer (Acrylat) durch Makulaturverluste. In der Produktion werden ca. 275t Primer benötigt, was insgesamt einen Zusatzverbrauch an Primer von 289t Primer bedeutet. Durch den Einsatz des Primers und die damit verbundene Entsorgung des Primers aus der Kammerrakel, ist der Abwasserbedarf im Digitaldruck höher als der Frischwasserbedarf.

Die Ressourceneinsparung pro 1.000m² kann zusätzlich der Aufstellung dem Anhang 7.2 aus Tabelle 12 entnommen werden.

3.2.3 Verzicht auf den Ausmusterungsprozess in der Andruckerei

Bei der konventionellen Vorgehensweise zur Platzierung eines neuen Dekors, wird vorab mit dem Kunden das Dekor in der Andruckerei angedruckt. Da dieser Kunden-Ausmusterungsprozess zukünftig digital ausgeführt wird, kann auch hier Energie in der Andruckerei eingespart werden. Der prozentuale Anteil der im Digitaldruck zu bedruckenden Aufträge beträgt 28,1%.

Somit ist eine jährliche Energieeinsparung (Strom und Gas) von ca. 2,97 kWh/1000m² (0,9 kWh/1000m² + 2,07 kWh/1000m²) zu erreichen (siehe auch Anhang 7.2/ Tabelle 12). Die Annahmen bei Antragsstellung, basierend auf Betriebsauswertungen aus dem Jahr 2015 belaufen sich auf 4,40 kWh/1000m². Zu beachten ist, dass mittlerweile ca. 50% der Ausmusterungen in der Andruckerei digital gedruckt werden.

3.2.4 Verzicht auf die Druckformherstellung

Ein weiterer großer Vorteil des Digitaldrucks ist der Verzicht auf die energie- und ressourcenintensive Herstellung und Gravur der Druckzylinder, da die digitalisierte Vorlage direkt über die Druckmaschine – d. h. ohne Druckform – verarbeitet wird (siehe Abbildung 4). Dies bezieht sich sowohl auf die Laborzylinder zur Herstellung der Laborandrucke als auch auf die industriellen Produktionszylinder, mit denen die Aufträge anschließend produziert werden. Sowohl Labor- als auch Produktionszylinder werden nach dem folgenden Verfahrensablauf hergestellt:

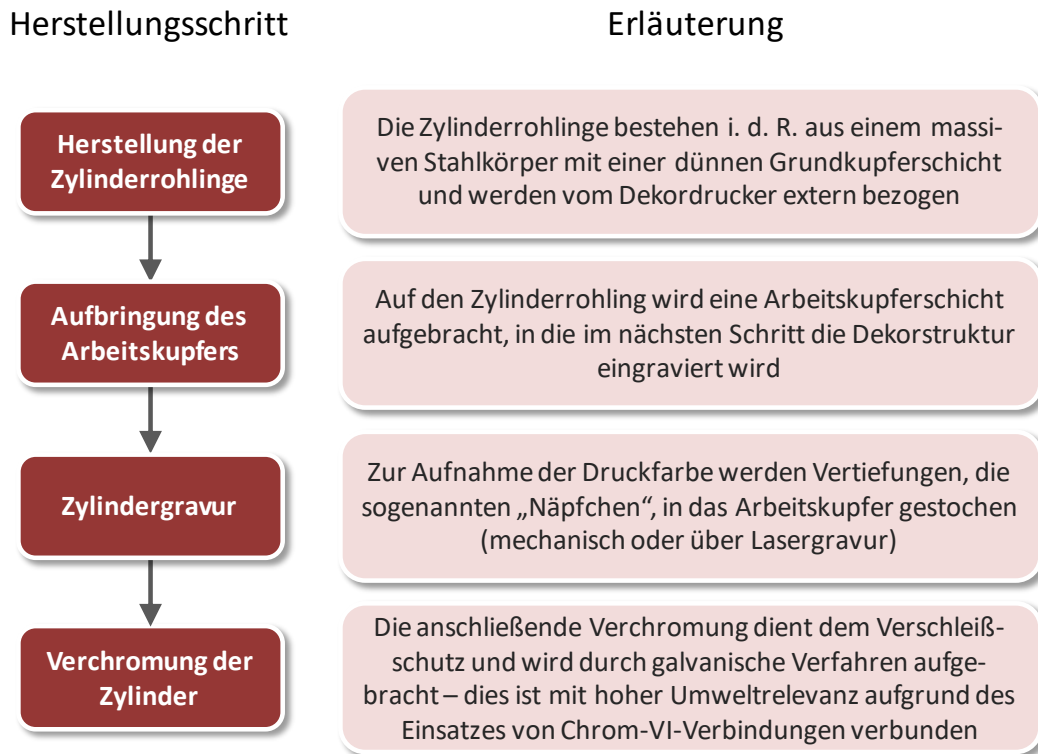


Abbildung 11: Verfahrensablauf zur Herstellung der Druckform

Für jeden Auftrag, der mit einem neuartigen Dekor verbunden ist, ist die Herstellung neuer Labor- und Produktionszylinder (durchschnittlich 3,25 Zylinder je Dekor) erforderlich. Zudem ist in regelmäßigen Abständen eine Erneuerung der Arbeitskupferschicht an den für Folgeaufträge genutzten Produktionszylindern notwendig. Hierzu ist die alte Schicht vollständig zu entfernen, eine neue Schicht aufzubringen und die Struktur erneut zu gravieren und verchromen. Auf Basis der neu platzierten Dekore, die nur digital bedruckt werden, können diese Zylinder in Produktion und Andruckerei eingespart werden.

Die Neuverkupferung bzw. Verchromung von Zylindern wird in die Auswertung nicht mit aufgenommen, da bei einer Verschleißgrenze von 600.000 Laufmetern, der Einfluss hinsichtlich Losgrößen bis zu drei Tonnen, nicht relevant ist. Die durchschnittlichen spezifischen Verbräuche hinsichtlich Zylinderherstellung sind in Tabelle 8 aufgeführt:

		Produktionszylinder			Laborzylinder		
		Abfall	Material	Energie	Abfall	Material	Energie
Abfall	Stahl [kg]	5.040	50.400	Fremdleistung	1.080	10.800	Fremdleistung
Material	Stahl [kg]						
Energie	Herstellung neuer Zylinderrohlinge						
Abfall	Kupfer [kg]	108	324	6.480	36	108	3.240
Material	Kupfer [kg]						
Energie	Aufkupfern Grundkupfer [kW]						
Abfall	Kupfer [kg]	180	540	10.800	58	180	5.400
Material	Kupfer [kg]						
Energie	Aufkupfern und Drehen Gravurkupfer [kW]						
Abfall	Abfallspäne			648			216
Material	Hilfsmittel						
Energie	Zylindergravur [kW]						
Abfall	Abwasser/ Filter/ Badzusätze		14,4	2520		5,0	1296
Material	Chrom [kg]						
Energie	Zylinderverchromung [kW]						
		Jahresverbrauch					
		Gesamt	Produktion	Labor			
Stahl [kg]:		67.320	55.440	11.880			
Kupfer [kg]:		1.534	1.152	382			
Chrom [kg]:		19,4	14,4	5,0			
Energie [kW]:		30.600	20.448	10.152			

Tabelle 8: Energie- und Ressourcenverbrauch bei der Herstellung von Druckzylindern

Durch den Verzicht auf die Druckformherstellung (Labor- und Produktionszylinder) werden somit, allein bezogen auf die Kapazität der geplanten Digitaldruckanlage, jährlich die folgenden Ressourcen eingespart:

- **67 t Stahl**
- **1,5 t Kupfer**
- **87,3 kg Chromsäure (50 %) zum Aufbringen von 19,4 kg Chrom**
- **31 MWh Strom**

Die Abschätzung der eingesparten Chromsäure erfolgt hierbei anhand der stöchiometrischen Verhältnisse von Chromsäure (H_2CrO_4) zu abgeschiedenem Chrom (für 1 Mol Chrom wird 1 Mol Chromsäure benötigt) und der üblicherweise angewendeten Chromsäurekonzentration:

$$m_{\text{Chromsäure,50\%}} = m_{\text{Chrom}} \cdot \frac{M_{\text{H}_2\text{CrO}_4}}{M_{\text{Cr}}} \cdot \frac{1}{50\%} = 19,4 \text{ kg/Jahr} \cdot \frac{116,95 \text{ g/mol}}{51,99 \text{ g/mol}} \cdot 2 = 87,3 \text{ kg/Jahr}$$

mit	$m_{\text{Chromsäure,50\%}}$	= Jahresbedarf 50%ige Chromsäure
	m_{Chrom}	= Jährlich aufzubringende Menge Chrom
	$M_{\text{H}_2\text{CrO}_4}$	= Molare Masse Chromsäure
	M_{Cr}	= Molare Masse Chrom

Die o. g. Auflistung beinhaltet dabei nur die wesentlichen Einsparpotenziale – weitere Umweltvorteile ergeben sich durch den Wegfall bisher nicht berücksichtigter Schritte wie beispielsweise Zylindervorbehandlung, weiterer Chemikalienverbrauch, Abluftabsaugung in der Galvanik sowie Entsorgung von Galvanik-Abfällen. Zudem wurde der negative Umwelteinfluss der für den Tiefdruck notwendigen Herstellung der Zylinderrohlinge aus dem Rohstoff Stahl nicht berücksichtigt, da die Rohlinge nicht über unseren Unternehmenskonzern hergestellt werden, sondern extern zugeliefert werden – eine genaue Abschätzung der hiermit verbundenen Energieverbräuche und anderer produktionsbezogener Umwelteinflüsse ist uns nicht möglich, da uns keine Produktionsdaten des Lieferanten vorliegen.

3.3 Umweltbilanz

Die folgende Bilanzierung des Treibhausgasausstoßes, gemessen in CO₂-Äquivalenten, beruht auf der im vorangegangenen Kapitel aufgeführten Ressourcen- und Energiebilanz. Soweit möglich, wurden für die Festlegung der CO₂-Äquivalente die Angaben der ProBas-Umweltdatenbank des Umweltbundesamtes [ProBas 2017] herangezogen. Sofern der entsprechende Datensatz nicht verfügbar war, wurde auf die Umweltdatenbank EcoInvent Version 3 zurückgegriffen und auf dieser Basis eine Berechnung des Treibhausgasausstoßes für die Produktion des jeweils betrachteten Materials (inkl. Vorkette) durchgeführt. Die Berechnung wurde hierbei mit der Software openLCA vorgenommen. Die folgende Tabelle führt die genutzten Datensätze und die sich daraus ergebenden Werte für die jeweiligen CO₂-Äquivalente auf:

Zum Zeitpunkt der Antragsstellung wurden folgende CO₂-Äquivalente zu Grunde gelegt:

Vorhabenbeginn				
Ursache der Emission	CO2 - Äquivalent	Einheit	Quelle	Datensatz
Strom (Strommix)	0,513	kg/kWh	ProBas 2017	EL-KW-Park-DE-2015
Erdgas	0,233	kg/kWh	ProBas 2017	Gas-Kessel-DE-2010
Makulatur	2,98	kg/kg	Esolvent/OpenLCA	Market for printed paper, GLO
Frischwasser	0,399	kg/m ³	ProBas 2017	Xtra-Trinkwasser-DE-2000
Abwasserentsorgung	0,274	kg/kg	ProBas 2017	Abwasser-Reinigung-DE-2005
Stahlzylinder	0,881	kg/kg	ProBas 2017	Metalle-Fe-Guss-DE-2005
Kupfer	3,97	kg/kg	ProBas 2017	MetallKupfer-DE-Mix-2010
Chromsäure 50%	4,39	kg/kg	Esolvent/OpenLCA	Sodium dichromate production, EU
Primer (Festkörper)	4,27	kg/kg	Esolvent/OpenLCA	Butyl acrylate production, EU
Druckfarbe	4,81		Esolvent/OpenLCA	Printing ink produciton, rotogravure, EU

Tabelle 9: CO₂-Äquivalente zum Vorhabenbeginn

Aktualisiert und vergleichend die CO₂-Äquivalente aus dem Jahr 2021:

Vorhabenende				
Ursache der Emission	CO2 - Äquivalent	Einheit	Quelle	Datensatz
Strom (Strommix)	0,00	kg/kWh	Zertifikate	Ökostrom
Erdgas	0,241	kg/kWh	BAFA 11/2021	Gas-Kessel-DE-2020 (Endenergie)
Makulatur	0,162	kg/kWh	Ffe	
Frischwasser	0,00033	kg/kg	BAFA 11/2021	
Abwasserentsorgung	0,000274	kg/kg	ProBas 2017	Abwasser-Reinigung-DE-2005
Stahlzylinder	0,881	kg/kg	ProBas 2017	Metalle-Fe-Guss-DE-2005
Kupfer*	1,73427	kg/kg	BAFA 11/2021	
Chromsäure 50%	4,39	kg/kg	Esolvent/OpenLCA	Sodium dichromate production, EU
Primer (Festkörper)	4,27	kg/kg	Esolvent/OpenLCA	Butyl acrylate production, EU
Druckfarbe	4,81	kg/kg	Esolvent/OpenLCA	Printing ink produciton, rotogravure, EU

* Cu sekundär

Cu primär = 6,65767

Tabelle 10: CO₂-Äquivalente zum Vorhabenende

Die ausgewählten und in der Tabelle angesetzten Datensätze beruhen auf den folgenden Überlegungen:

Die Surteco GmbH bezieht für den Standort in Buttenwiesen Ökostrom, was für den analogen Tiefdruck und den Digitaldruck eine CO₂ Emission von 0,00 kg/kWh ergibt und hinsichtlich des Stromverbrauches klimaneutral ist.

Das Erdgas zur Bereitstellung thermischer Energie wird als Energielieferant für unterschiedliche Wärmequellen, vor allem aber für die Aufheizung der Umluft im konventionellen Tiefdruck genutzt. Vereinfachend wird für alle Anwendungen ein einheitlicher Emissionsfaktor zur Erzeugung von Prozesswärme über einen gasbetriebenen Kessel angesetzt, da die Werte für die verschiedenen Anwendungen nicht wesentlich voneinander abweichen. Der angegebene Wert von 64.116 kg CO₂/TJ wurde auf die Einheit kg CO₂/kWh umgerechnet.

Die Reduzierung der Makulaturmenge liefert einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung der CO₂-Emissionen der Dekorpapierherstellung, da schon die Herstellung des Dekorbasispapiers

als hochwertiges Spezialpapier sehr energie- und ressourcenintensiv ist. Dieses Dekorbasispapier wird zudem noch bedruckt, bevor es als Makulatur dem Prozess verlorengeht. Dementsprechend wurde ein Datensatz (Quelle: openLCA) verwendet. Daraus ergibt sich ein CO₂-Äquivalent von 2,98 kg/kg.

Zur Bewertung des Frischwasserverbrauchs wird der Emissionsfaktor von Trinkwasser aus der BAFA-Datenbank (11/2021) angesetzt. Dieser beträgt 0,00033 kg CO₂-Äquivalent/kg Wasser.

Der Emissionsfaktor für die Abwasserentsorgung beträgt gemäß ProBas-Datenbank 0,000274 kg/m³ Abwasser. Hierbei wurde lediglich der Wert für die Abwasserreinigung (Mittelwert aus kommunalem und industriellem Abwasser) herangezogen, der Transport durch den Entsorger wurde nicht berücksichtigt – insofern ist der tatsächliche Wert noch höher.

Die Bestimmung des Emissionsfaktors, des im Rahmen der Zylindergravur benötigten Arbeitskupfers, erfolgte auf Basis des BAFA-Datensatzes für einen Mix aus Primär- und Sekundärkupfer, da eine Aussage über die Herkunft des verwendeten Rohstoffs nicht getroffen werden kann.

Eine Bewertung der eingesparten Chromsäure findet unter Verwendung des über openLCA berechneten Emissionsfaktors für die Produktion von Natriumdichromat von 4,39 kg/kg Chromat statt, da die Chromsäure unter Einsatz von Chromsalzen angesetzt wird.

Der zur Papiervorbehandlung eingesetzte Primer basiert auf einer Acrylatdispersion, die bei der Surteco GmbH eingesetzt wird. Zur Bewertung der eingesetzten Trockenmasse (Festkörper) wird der Emissionsfaktor für die Produktion von Butylacrylat von 4,27 kg/kg Acrylat verwendet, der über openLCA berechnet wurde.

Die eingesparte Druckfarbe wird anhand eines über openLCA berechneten Emissionswertes von 4,81 kg CO₂-Äquivalent/kg Farbe bewertet. Der Wert wurde auf Basis des Datensatzes für die Produktion von Druckfarbe für den Rotationstiefdruck in Europa bewertet.

Basierend auf den voran beschriebenen CO₂-Äquivalenten ergeben sich folgende Emissionswerte. Dargestellt werden die Emissionen zum Vorhabenbeginn und Vorhabenende:

- Treibhausgasausstoß durch den Energieverbrauch im Produktionsprozess und in der Laborausmusterung:

Vorhabenbeginn (CO ₂ -Äquivalent/Jahr)	Vorhabenende (CO ₂ -Äquivalent/Jahr)
Einsparung: 462.007 kg	Einsparung: 309.583 kg

- Treibhausgasausstoß durch den Energieverbrauch in der Druckformherstellung:

Vorhabenbeginn (CO ₂ -Äquivalent/Jahr)	Vorhabenende (CO ₂ -Äquivalent/Jahr)
Einsparung: 21.054 kg	Einsparung: 0 kg

- Treibhausgasausstoß durch den verminderten Ressourcenverbrauch, insbesondere durch die Vermeidung von Makulatur:

Vorhabenbeginn (CO ₂ -Äquivalent/Jahr)	Vorhabenende (CO ₂ -Äquivalent/Jahr)
Einsparung: 2.512.983 kg	Einsparung: 113.189 kg

Aufgrund der Verwendung von CO₂ neutralem Strom aus wiederverwendbaren Energien, können hinsichtlich Treibhausgasausstoßes in der Produktion nur reduzierte Mengen eingespart werden. Die Einsparung erfolgt hier vornehmlich über den Gasverbrauch. Besonders wirkt sich dieser Effekt in der Druckformherstellung aus. Zusätzliche Einsparungen können durch Reduzierung der bedruckten Papier-Makulatur erreicht werden.

Im Bereich des Ressourcenverbrauches zeigt sich ein CO₂ Mehrausstoß durch die Verwendung des Primers. Hier unterscheiden sich die verwendeten Mengen zwischen Vorhabenbeginn und Vorhabenende, was sich in diesem Fall nachteilig auswirkt.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Digitaldruckanlage gilt es u.a. die Aspekte der Verbrauchsmaterialien und des Druckprozesses zu betrachten. Aufgrund der reduzierten Ausmusterungsstufen bei der Farbanpassung und der damit einhergehenden Einsparungen der Makulatur (Papier und Druckfarbe/-Tinte) bzw. der reduzierten Auftragsmenge im

Digitaldruck sind Einsparpotentiale erkennbar. Demgegenüber stehen erhöhte Tintenpreise im Gegensatz zur analogen Tiefdruckfarbe. Zudem wird beim Frischwasserbedarf eingespart, was sich dementsprechend auch auf den Abwasserbedarf auswirkt – siehe Angaben in Abschnitt 3.2.2 und Tabelle 7.

Dem entgegen steht der zusätzliche Einsatz/Verbrauch von Primer, der im analogen Tiefdruck nicht benötigt wird.

Eine weitere Reduzierung von Verbrauchsmaterialien ergibt sich auf den, durch das Druckverfahren bedingten Verzicht von Druckzylindern und den dafür benötigten Materialien (siehe Abschnitt 3.2.4 und Tabelle 8). Des Weiteren kann hier auf das umwelttechnisch kritische galvanische Verfahren zum Verchromen bzw. Aufkupfern von Zylindern verzichtet werden. Für den Prozess der Primerung werden zwar auch verchromte Rasterzylinder verwendet, sind aber aufgrund der geringen Anzahl nicht in den Berechnungen enthalten. Zudem gibt es in diesem Prozess die Möglichkeit, Keramikzylinder zu verwenden.

Ein Vergleich zwischen analogen und digitalen Druckverfahren, hinsichtlich variablen und fixen Kosten (unter Einbeziehung des Maschinenstundensatzes), in Abhängigkeit der Auftragsmenge (Losgröße), wird in der Break-Even Berechnung verdeutlicht.

Dabei werden noch die Kosten für die Dekorentwicklung mit eingerechnet, die sowohl im analogen als auch im digitalen Dekordruck anfallen.

Break-Even points per lot size

From lot size	Break Even-Point
	2.511
	2.842
	2.938
	2.858
	2.858
	2.858
Break even point	2.858

Abbildung 12: Berechnung Break-Even point

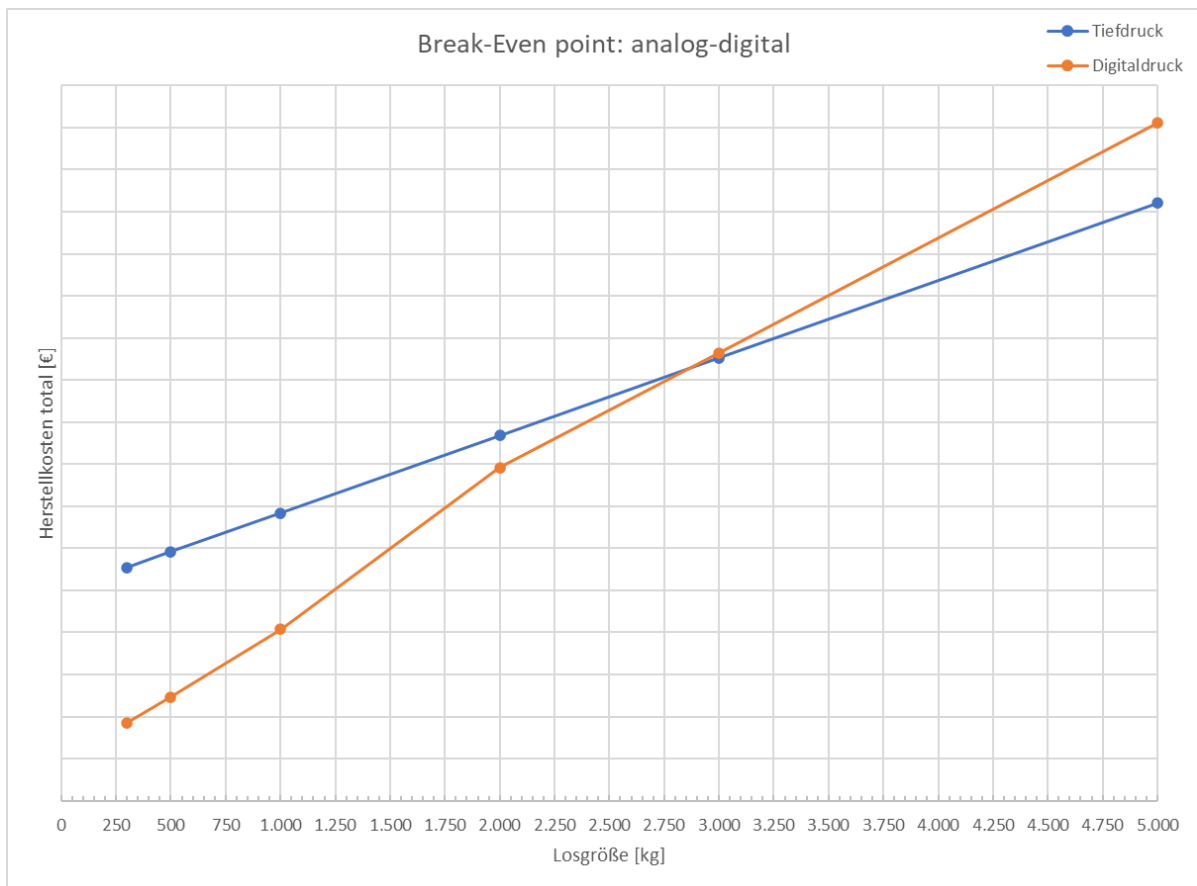


Abbildung 13: Diagramm Break-Even point

Unter Einberechnung der analogen Aufträge, in Abhängigkeit der Losgrößen (< 3 Tonnen) und Berücksichtigung der nicht bedruckbaren Dekore im Digitaldruck (Pigmentweiß, Glimmer, Unidruck, Haptik), ergibt sich ein jährlicher Gesamtoutput von ca. 28% an bedrucktem Dekorpapier im Vergleich zum Dekortiefdruck. Zudem ausgenommen ist hier der Druck auf Vorimprägnat, da die Tinten der Digitaldruckanlage für imprägnierbares Druckbasispapier ausgelegt sind.

Aufgrund einer Marktanalyse von Produktmanagement und Vertrieb, indem der Markt für digital bedruckbare Dekore beleuchtet wurde, ergibt sich perspektivisch ein Mehrvolumen von ca. 17% im Gegensatz zum analogen Tiefdruck (z.B. Fantasie-Dekore).

Das in der Wirtschaftlichkeitsrechnung berücksichtigte Marktvolumen und das Investitionsvolumen der Anlage (minus des förderfähigen Anteils von 20%), ergeben eine Amortisationszeit von 4,9 Jahren.

Gerechnet wird dabei das geschätzte Marktvolumen. Dieses Volumen könnte an der Digitaldruckmaschine in zwei Schichten gedruckt werden. Somit könnten zusätzliche Aufträge

in einer weiteren Arbeitsschicht gedruckt werden und würden in der Amortisationsrechnung weitere Vorteile bieten.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Die Marktanforderungen im Dekordruck entwickeln sich zusehends in die Richtung kleinerer Losgrößen. Durch die aufwändige und kostenintensive Druckformherstellung sind diese im Tiefdruck nicht immer wirtschaftlich realisierbar. Die Forderung nach höchster Flexibilität bei gleichzeitiger Minimierung des Energie- und Ressourcenverbrauchs für kleine Auftragsmengen ist prinzipiell mit der Substitution des Rotationstiefdrucks durch den Einsatz der Digitaldrucktechnologie erfüllbar. Die Realisierung erster digitaler Dekordruckanlagen unserer Marktbegleiter haben jedoch gezeigt, dass der Digitaldruck in einer Breite größer 1600mm nicht realisiert werden konnte und somit für den Fußbodenmarkt nicht einsetzbar ist.

In diesem Projekt wurde die Druckbreite auf 2.250mm erhöht und mit der softwaretechnischen Anpassung des Dekores an dimensionskritische Dekore, ist es möglich, auch den Fußbodenmarkt zu bedienen. Hierbei wird das Papierwachstum in den Dekoren mitberücksichtigt, damit bei der Verpressung der Kunden u.a. mit Pressblechen, die Vertiefungen (Poren) mit dem Dekor passergenau übereinstimmen. Zusätzlich ist eine Tinte entwickelt worden, die nach der Definition der 31. BImSchV VOC frei ist (Volatile Organic Compounds) und trägt somit zur Umweltentlastung bei.

Erfahrungsgemäß sind die Losgrößen bei einem Dekor, das neu in den Markt aufgenommen wird, verhältnismäßig klein. Der Digitaldruck bietet hier die Möglichkeit, diese Dekore bis zum Break-Even-Point wirtschaftlich zu drucken. Sollte sich ein neues Dekor im Markt etablieren, wird das Produktionsvolumen den Punkt der Wirtschaftlichkeit überschreiten, womit der Wechsel einer Produktion zum analogen Tiefdruck hin, gegeben ist. Da es sich technisch dabei um zwei unterschiedliche Druckverfahren handelt (additive Farbmischung im Digitaldruck; subtraktive Farbmischung im Tiefdruck), kann nicht immer gewährleistet werden, dass derselbe Farbeindruck beim Wechsel zwischen digital und analog, erreicht werden kann. Zudem ist zu beachten, dass die gleichen Pigmente in Tinte bzw. Farbe angewandt werden, um eine Metamerie (Farbeindruck bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen) in den Dekoren zu vermeiden.

Weiterhin zu beachten ist, dass Dekore, die mit Sonderfarben im Tiefdruck gedruckt werden (Deckweiß, Glimmer, Haptik), aufgrund des Durchmessers der Tintendüsen, im Digitaldruck nicht zum Einsatz kommen. Des Weiteren ist es schwierig Unidrucke (Dekore mit großen gleichmäßigen Flächen – einfarbig/mehrfarbig) aufgrund von Nozzle-Aussetzern fehlerfrei zu drucken.

Ein großer Unterschied zwischen den beiden Druckverfahren besteht in der Empfindlichkeit der Digital-Druckeinheit gegenüber Temperatur- und Klimaschwankungen. Aufgrund dessen ist es zwingend notwendig, dass mindestens die Druckeinheit klimatisiert wird, damit ein reproduzierbares Drucken möglich ist und eine wirtschaftliche Produktion von Wiederholaufträgen ermöglicht werden kann.

4. Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Wie bereits eingangs erwähnt, ist die Projektumsetzung durch die weltweite Pandemie und die Abkündigung der bereits eingeplanten Tintenköpfe, im höchsten Maße erschwert gewesen. Von dem abgesehen, zeigten sich einige Schwierigkeiten auf, da sich Surteco entschieden hat, die Entwicklung der Digitaldruckmaschine, der Tinte und des Primers, nicht mit den im Dekordruck branchenüblichen Maschinenbauern durchzuführen (bzw. die zur Verfügung stehende Maschinenkonfiguration, mit den vorgegebenen Verbrauchsmaterialien zu verwenden), sondern zusammen mit einer branchenfremden Firma zu entwickeln.

Vorteilhaft war dabei, dass die Surteco GmbH die Möglichkeit hatte, Einfluss auf die Entwicklung (Tinte, Primer, Maschinenkonfiguration), angepasst an die eigenen Bedürfnisse, mit einzubringen. Zwar resultieren daraus lange Entwicklungszeiten, konnten aber Vorteile in der Performance bzw. bzgl. Tintenpreise erzielt werden. Als Nachteil hat sich erwiesen, dass die Technikumsanlage nicht vollkommen mit der Maschinenkonfiguration der Produktionsmaschine übereingestimmt hat und damit einhergehend viele Versuche auf der Anlage in Buttenwiesen durchzuführen waren – somit die Entwicklung sehr zeit- und kostenintensiv war. Das spiegelte sich besonders in der Projektplanung, indem Meilensteine immer wieder verschoben werden mussten.

Hauptaugenmerk bei dem Projekt ist somit die Beseitigung von maschinenbedingten Mängeln (z.B. Modifikation von Auf- und Abrollung, Aufnahmezapfen), hinzu verfahrensbedingten

Prozessen (z.B. Veränderung der Trocknerposition, Modifikation des Primer-Auftragswerkes) und der Entwicklung von Verbrauchsmaterialien (z.B. VOC freie Tinte, Primer). Da das Zusammenspiel zwischen Tinte, Primer und Papier einen maßgeblichen Anteil an der Imprägnierfähigkeit und Verarbeitbarkeit beim Kunden hat, konnte hier iterativ und zielorientiert zusammen mit Lieferant und unseren Kunden an der Performance gearbeitet werden.

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

Aufgrund der langen Projektzeit wurden zwischenzeitlich von zwei unterschiedlichen Maschinenherstellern Digitaldruckmaschinen für den Dekortiefdruck in Breiten von bis zu 2250mm im Markt eingeführt. Die führenden Dekordrucker befinden sich in Deutschland und laut dem Kenntnisstand der Surteco GmbH befinden sich fünf Digitaldruckmaschinen im Dekor-Markt (drei Maschinen davon in einer Breite >2.000 mm). Zudem produziert noch eine Digitaldruckmaschine direkt bei einem Kunden in der Holzwerkstoffindustrie. Vornehmlich werden Maschinen der Fa. Koenig & Bauer (Rota JET) bei den Wettbewerbern Interprint und impress verwendet. Ausnahme bilden die Firmen Schattdecor mit einer digitalen Druckeinheit der Firma Palis (mit konventioneller Gastrocknung) und Surteco GmbH mit dem Anbieter Neos Slr. Im Gegensatz zur Konfiguration von Koenig & Bauer wird das Papier bei Surteco nicht über einen Zentralzylinder geführt (beide Trocknungssysteme mittels NIR-Trocknung). Die Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile ist in Abschnitt 2.2 (Seite 22) aufgeführt. Seitens Surteco kommt die Maschinenkonfiguration Bombardier der Firma Neos [neos] zum Einsatz. Dabei handelt es sich um ein modular erweiterbares System, das in der Branche zudem zur Bedruckung von Kanten in schmäleren Breiten verwendet werden kann. Das Portfolio bietet außerdem die Möglichkeit, statt mit wässrigen Tinten, auch im UV-Bereich Kunststoffkanten zu drucken. Des Weiteren wird ein Maschinen-Setup angeboten, das außerhalb der Dekorbranche im Verpackungsdruck verwendet werden kann.

Laut einer aktuellen Marktstudie aus dem Jahr 2022 wurden in Deutschland 147.100 t und in Europa 521.800 t Dekorbasispapier abgesetzt (Quellen: EUWID Papier und Zellstoff Nr. 37/2023 & Munksjö Market Research 2020). Anhand der folgenden Abschätzungen lässt sich hieraus das Übertragungspotenzial für Deutschland und Europa ableiten:

Von den Gesamtmengen wurden ca. 59 % mit Dekor bedruckt, die restlichen Mengen wurden zu einfarbigen (meist weißen) Oberflächen verarbeitet.

Hieraus abgeleitet ergibt sich eine bedruckte Dekorpapiermenge von ca. 86.789 (Deutschland) bzw. 307.862 t/a (Europa).

Legt man den in unserem Unternehmen vorliegenden, für den Digitaldruck geeigneten, Anteil von ca. 28 % an der Gesamtmenge zugrunde, ergibt sich hieraus ein deutsches (europäisches) Mengenpotenzial für den digitalen Dekordruck von 24.301 Tonnen/a (86.201 Tonnen/a). Mit der potenziellen Auslastung der digitalen Druckanlage im 3-Schicht-Betrieb, würde sich rein rechnerisch ein Bedarf von ca. 26 Digitaldruckanlagen für den europäischen Markt ergeben. Dabei handelt es sich nur um einen theoretischen Wert, da die Holzwerkstoffindustrie selbst (die Kunden der Dekordrucker) verstärkt in die Digitaldrucktechnologie investiert.

5. Zusammenfassung/Summary

Einleitung/Introduction:

Die Surteco Group SE mit Sitz in Buttenwiesen-Pfaffenhofen (Bayern) ist ein börsennotierter Hersteller von Oberflächenmaterialien auf Papier- und Kunststoffbasis wie Kanten und Folien, technischen Profilen sowie im Dekordruck tätig. Beispiele sind: Kantenstreifen, Flächenfolien, technische Profile, Rollladensysteme, Dekordrucke, Imprägnate, Trennpapiere, Sockelleisten und Baumarktsortimente.

Surteco fertigt seine Produkte weltweit an 22 Standorten auf vier Kontinenten. An weiteren 14 Standorten unterhält der Konzern Vertriebsniederlassungen.

Die Surteco AG entstand im Jahr 2000 durch Zusammenschluss der börsennotierten Bausch + Linnemann AG – einem Hersteller von Möbelbeschichtungen auf Papierbasis – und der Döllken-Gruppe, die entsprechende Produkte auf Kunststoffbasis herstellt. Die Bausch + Linnemann AG wiederum ging 1998 aus der börsennotierten Bausch AG und der Linnemann GmbH + Co. KG, Sassenberg, hervor. 2007 firmierte Surteco in eine Europäische Gesellschaft (SE) um.

Ende 2013 übernahm Surteco die Süddekor-Gruppe, einen Hersteller von papierbasierten Beschichtungen mit 770 Mitarbeitern und 228 Millionen Euro Jahresumsatz.

2018 änderte die Gesellschaft ihren Firmennamen in Surteco Group SE. Die Umbenennung ist Teil einer Reorganisation, bei der die drei Tochtergesellschaften BauschLinnemann GmbH,

Döllken-Kunststoffverarbeitung GmbH und Surteco Decor GmbH zu einer neuen Surteco GmbH verschmolzen werden [Wiki].

Seit einigen Jahren zeigt sich im Bereich der Dekorpapiere ein zunehmender Trend zu kleineren Losgrößen – dies gilt insbesondere für neu entwickelte Produktserien, für Markttests oder Nischenprodukte. Der derzeit genutzte Rotationstiefdruck ist jedoch aufgrund seiner Kostenstruktur vor allem für die Herstellung größerer Produktionsmengen geeignet. Bei kleineren Losgrößen von bis zu drei Tonnen kommt dieses Verfahren an seine wirtschaftlichen Grenzen. Des Weiteren ist zum Zeitpunkt der Antragstellung keine Digitaldruckmaschine für den Dekordruck am Markt, die in einer Breite von 2.250mm auf Dekorpapier drucken kann und zudem die Wachstums- und Schrumpfprozesse für die Weiterverarbeitung zur Fußboden-/Laminatherstellung regeln kann.

Surteco Group SE, headquartered in Buttenwiesen-Pfaffenhofen (Bavaria), is a listed manufacturer of paper- and plastic-based surface materials such as edgebandings and foils, technical profiles, as well as active in decorative printing. Examples are: edge strips, surface foils, technical profiles, roller shutter systems, decorative prints, impregnates, release papers, skirting boards and DIY ranges.

Surteco manufactures its products worldwide at 22 locations on four continents. The Group maintains sales offices at further 14 locations.

Surteco AG was formed in 2000 through the merger of the listed Bausch + Linnemann AG - a manufacturer of paper-based furniture coatings - and the Döllken Group, which produces corresponding plastic-based products. Bausch + Linnemann AG in turn emerged in 1998 from the listed Bausch AG and Linnemann GmbH + Co. KG, Sassenberg. In 2007, Surteco changed its name to a European Company (SE).

At the end of 2013, Surteco acquired Süddekor Group, a manufacturer of paper-based coatings with 770 employees and 228 million euros in annual sales.

In 2018, the company changed its corporate name to Surteco Group SE. The renaming is part of a reorganization in which the three subsidiaries BauschLinnemann GmbH, Döllken-Kunststoffverarbeitung GmbH and Surteco Decor GmbH will be merged into a new Surteco GmbH **[Wiki]**.

For some years now, there has been an increasing trend towards smaller lot sizes in the decor paper sector - this applies in particular to newly developed product series, for market tests or

niche products. However, due to its cost structure, the rotogravure printing process currently used is mainly suitable to produce larger production quantities. For smaller lot sizes of up to three tons, this process reaches its economic limits. Furthermore, at the time of application, there is no digital printing press for decor printing on the market that can print on decor paper in a width of 2,250mm and can also control the growth and shrinkage processes for further processing for flooring/laminate production.

Vorhabenumsetzung/Project implementation:

Ziel des Vorhabens ist die energie- und ressourceneffiziente Produktion im Dekordruck, was mit Hilfe einer digitalen Druckmaschine und dem entsprechenden Workflow realisiert werden soll. Einsparungen entstehen bei der Druckformherstellung, wobei durch den Digitaldruck die Herstellung von galvanisch hergestellten Chromzylindern und die dazugehörigen Verbrauchsmaterialien reduziert werden können - in diesem Fall auf die für den Ausmusterungsprozess erforderlichen Zylinder verzichtet werden kann.

Weiterhin sind nicht nur Einsparungen bei der Druckformherstellung, sondern auch im Produktionsprozess selbst möglich. Hauptaugenmerk liegt hier bei der NIR-Trocknung, die effizient zur Trocknung von Druckfarbe und Primer verwendet werden kann und maßgebliche Vorteile gegenüber der konvektiven Trocknung mittels Gas beim analogen Tiefdruck hat. Dabei ist es möglich die Trocknung auf die zu druckende Breite einzustellen bzw. Vor- und Nachlaufzeiten auf ein Minimum zu reduzieren und somit den Energieverbrauch zu senken. Weiteres Einsparpotenzial ergibt sich durch die Reduzierung von Verbrauchsmaterialien (z.B. Tinte, Papier, Frischwasser und Abwasser), das durch den effizienteren Prozess des Digitaldruckes gegenüber dem analogen Tiefdruck erreicht wird.

Voraussetzung zur Nutzung des Digitaldruckes für imprägnierbare Druckbasispapiere ist die Bedruckung von Papierbreiten größer 2070mm. In der Holzwerkstoffindustrie sind diese Breiten aufgrund der Breiten der einzelnen Planken im Laminatbereich gesetzt (19,5 cm x10 Stück exklusive Nut und Fuge) und sollen mit dem vorhandenen Maschinenpark genutzt werden. Nur so ist bei der Weiterverarbeitung in der Holzwerkstoffindustrie eine Akzeptanz zu erreichen.

Unabdingbar ist hierbei das Drucken von passerempfindlichen Dekoren, d.h. durch die exakte Positionierung der gedruckten Einzelfarben zueinander lassen sich kontrastreiche Dekorabbildungen mit der geforderten optischen Tiefenwirkung erzeugen. Das Breiten- und

Längenwachstum der bedruckten Papierbahnen mit der für die Möbelindustrie üblichen großen Bahnbreite lässt sich einerseits aufgrund des kurzen Bahnweges zwischen Tintenauftrag und Trocknung, andererseits durch den innovativen Ansatz der geregelten Bahnführung über einen Saugtisch sehr kontrolliert steuern. Zudem wird die Synchronität softwaretechnisch unterstützt. Die erstmalige Realisierung der angestrebten Arbeitsbreite ermöglicht zudem die wirtschaftliche Umsetzung des digitalen Dekordrucks auch für Fußbodendekore (mit und ohne dekorsynchroner Verpressung).

The aim of the project is an energy- and resource-efficient production in decor printing, which is to be realized with a digital printing press and the corresponding workflow. Savings will be made in the production of printing forms, whereby digital printing can reduce the production of galvanically produced chrome cylinders and the associated consumables - in this case, the cylinders required for the colour matching process can be dispensed with.

Furthermore, savings are possible not only in the production of printing forms, but also in the production process itself. The focus here is on NIR drying, which can be used efficiently to dry ink and primer and has significant advantages over convective drying using gas in analogue gravure printing. It is possible to adjust the drying to the width to be printed or to reduce pre- and post-drying times to a minimum, thus reducing energy consumption. Further potential savings are achieved by reducing consumables (e.g. ink, paper, fresh water and waste water), which is made possible by the more efficient process of digital printing compared to rotogravure.

The prerequisite for using digital printing for impregnable décor papers is the printing of paper widths greater than 2070mm. In the wood-based panel industry, these widths are set due to the widths of the individual planks in the laminate sector (19.5 cm x 10 pieces excluding groove and joint) and should be used with the existing machinery. This is the only way to achieve acceptance in further processing in the wood-based materials industry.

The printing of register-sensitive decors is indispensable here, i.e. the exact positioning of the printed individual colours in relation to each other enables high-contrast decor images to be produced with the required optical depth effect. The width and length growth of the printed paper webs can be regulated in a very controlled manner on the one hand due to the short web path between ink application and drying, and on the other hand due to the innovative approach of controlled web guiding via a suction table. In addition, synchronization is

supported by software. The first-time realization of the targeted working width also enables the economical implementation of digital decor printing for floor decors (with and without decor synchronous pressing).

Ergebnisse/Project results:

Die Vorhabendurchführung hinsichtlich eines energie- und ressourceneffizienteren Dekor-druckes mit Hilfe der Digitaldrucktechnik, war in Puncto Projektverlauf und zeitlicher Einhaltung von Meilensteinen äußerst erschwert, da durch die vorherrschende Pandemie, den Ukraine Krieg und die Abkündigung der ursprünglich eingeplanten Tintenköpfe, nicht planbare Ereignisse die Projektplanung negativ beeinflusst haben.

Es hat sich herausgestellt, dass durch die Neu-Entwicklung der Maschinentechologie und der Tinte bzw. des Primers, Surteco die Möglichkeit gehabt hat, eigene Ideen mit in die Lösungsansätze einzubringen (z.B. VOC freie Tinte). Hier konnte zum einen, in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten und zum anderen mit den Kunden in der Weiterverarbeitung zielorientiert nach Lösungen bzw. Optimierungen gesucht werden. Vorteilhaft ist zu erwähnen, dass Surteco über langjährige Expertise im Dekordruck und der Weiterverarbeitung von Druckbasispapieren verfügt.

Eine weitere Folge dieser Neu-Entwicklung ist die Tatsache, dass technische bzw. verfahrensbedingte Schwierigkeiten (Maschinenkonfiguration, Workflow, Verbrauchsmaterialien) erst vor Ort in Buttenwiesen gelöst werden konnten. Dadurch bedingt, waren viele Versuche nötig, was den zeitlichen Projektablauf zusätzlich verzögert hat.

Hinsichtlich des Energieverbrauches (Gas/Strom) konnte mit Hilfe der ausgewerteten Daten eine Ersparnis von 0,032 kWh je m² produziertem Material zwischen Digitaldruck und analogem Tiefdruck erreicht werden. Mit der Anwendung des Digitalprozesses ist eine analoge Laborausmusterung bzw. Druckformherstellung nicht mehr notwendig und wird direkt an der Digitaldruckmaschine produziert. Mit dieser Tatsache und dem effizienteren Druckverfahren (geringere Ausmusterungszeit und Makulatur), ist es gelungen, im Bereich der Verbrauchsmaterialien (Papier, Farbe, Tinte) und Rohstoffe (Stahl, Kupfer, Chrom, Wasser) weitreichende Einsparungen zu erreichen. Zudem kann durch den Verzicht der Druckzylinder auf den damit einhergehenden galvanischen Prozess verzichtet werden.

Resultierend aus den o.g. Einsparungen sind demensprechend Erfolge in der CO₂ Bilanzierung zu verzeichnen. Negativ wirkt sich die Verwendung des Primers auf den Ressourceneinsatz,

was eine Verschlechterung der CO₂-Bilanz gegenüber dem analogen Tiefdruck zur Folge hat. Des Weiteren wird Ökostrom in der Produktion verwendet, was aufgrund der CO₂-Äquivalente nicht in die Bilanz miteingeht und somit dort keinen positiven Einfluss hat. Trotzdem kann eine Einsparung von 113t CO₂ erreicht werden.

Durch die Berücksichtigung der variablen und fixen Kosten in den beiden Druckverfahren in Abhängigkeit der bedruckten Menge, konnte ein Break-Even-Point bei 2,8 Tonnen ermittelt werden. Das hat zur Folge, dass Druckaufträge bis zu diesem Punkt im Digitaldruck wirtschaftlich darstellbar sind. Losgrößen, die darüber hinaus gehen, sollten aus ökonomischen Gesichtspunkten im analogen Dekor-Tiefdruck produziert werden.

The implementation of the project for more energy- and resource-efficient decor printing using digital printing technology was extremely difficult in terms of project progress and adherence to milestones, as the prevailing pandemic, the war in Ukraine and the discontinuation of the ink heads originally planned had a negative impact on project planning. It turned out that the new development of the machine technology and the ink or primer gave Surteco GmbH the chance to introduce its own ideas into the solution approaches (e.g. VOC-free ink). Here, on the one hand, in cooperation with the supplier and on the other hand, with the customers in the further processing, solutions or optimizations could be sought in a target-oriented manner. It is advantageous to mention that Surteco has many years of expertise in decor printing and the finishing of print base papers.

Another consequence of this new development is the fact that technical or process-related difficulties (machine configuration, workflow, consumables) could only be solved on site in Buttenwiesen. As a result, many trials were necessary, which further delayed the project schedule.

Regarding energy consumption (gas/electricity), a saving of 0.032 kWh per sqm of material produced was achieved between digital printing and analogue gravure printing with the help of the evaluated data. With the use of the digital process, analogue lab proofing or the use of gravure cylinder is no longer necessary and is produced directly on the digital press. With this fact, and the more efficient printing process (less colour matching and waste), it has been possible to achieve far-reaching savings around consumables (paper, gravure ink, inkjet-ink) and raw materials (steel, copper, chrome, water). In addition, by the renunciation of gravure cylinders, the associated galvanic process can be dispensed with.

As a result of the above-mentioned savings, there are corresponding successes in the CO₂ balance. The use of the primer has a negative effect on the use of resources, resulting in a worsening of the CO₂ balance compared to analogue gravure printing. Furthermore, green electricity is used in production, which is not included in the balance due to the CO₂ equivalents and therefore has no positive influence there. Nevertheless, a saving of 113 tons of CO₂ is possible.

By considering the variable and fixed costs in the two printing processes depending on the quantity printed, a break-even point of 2.8 tons could be determined. This means that print jobs up to this point are economically viable in digital printing. Lot sizes above this should be produced in decorative gravure printing for economic reasons.

Ausblick/Prospects:

Im Vergleich zur Maschinenkonfiguration bei Antragsstellung sind einige Veränderungen vor/während der Umsetzung des Projektes durchgeführt worden, was sich nachträglich in der Performance der Digitaldruckmaschine positiv ausgewirkt hat.

Die damaligen Annahmen hinsichtlich Energie- und Materialverbrauch bzw. Abfallbilanz konnten größtenteils erreicht werden, zeigten allerdings speziell in Bezug auf Primereinsatz und Primermenge deutliche Unterschiede, was dahingehend zu einer Verschlechterung der CO₂-Bilanz geführt hat. Sollte sich der Markt bei den Papierherstellern dahingehend entwickeln, dass bereits geprimertes Dekorpapier zu marktfähigen Preisen für die Dekordrucker zur Verfügung gestellt wird, könnte sich hier eine deutliche Verbesserung ergeben.

Dahingehend ist zu erwarten, dass der Digitaldruck im Dekor-Markt eine gewisse Akzeptanz erreicht bzw. erreichen wird. Unter Einbezug der wirtschaftlichen Losgrößen bzw. technisch digital druckbaren Dekoren, bezieht sich der prozentuale Anteil auf ca. 28% der aktuell (analog) bedruckten Druckbasispapieren.

Strebt man zusätzlich noch eine Weiterentwicklung der Produktionsparameter (Erhöhung der Druckgeschwindigkeit, Reduzierung der Tintenkosten, Vermeidung/Reduzierung von Primer) an, würde das eine Verschiebung des Break-Even-Points zur Folge haben und somit den Digitaldruck auch bei Mengen, die über dem derzeitigen Break-Even-Punkt liegen, zunehmend wirtschaftlicher machen. Zudem könnte die Tintenwicklung hinsichtlich Glimmerfarben oder auch Deckweiß das Marktvolumen erhöhen.

Die Erfahrungen des Maschinenbauers in Zusammenarbeit mit der Surteco GmbH hatte seinerseits eine Erweiterung seines Know-hows in der Dekorbranche bewirkt, was zur Folge hat, dass mittlerweile Druckmaschinen für die Bedruckung von papier- und kunststoffbasierten Kanten, auf dem Markt angeboten werden. Zudem wurden Maschinen mit wasserbasierten Tinten für den Verpackungsdruck konzipiert.

Compared to the machine configuration when the application was submitted, several changes were made before/in the implementation of the project, which subsequently had a positive effect on the performance of the digital press.

The assumptions made at the time regarding energy and material consumption and waste balance were largely achieved, but there were significant differences, particularly about the use of primers and the quantity of primers, which led to a deterioration in the CO₂ balance. If the market for paper manufacturers develops in such a way that already primed decor paper is made available to decor printers at marketable prices, this could result in a significant improvement.

In this respect, it is to be expected that digital printing will reach or achieve a certain level of acceptance in the decor market. Considering the economic batch sizes or technically digitally printable décors, the percentage share refers to approx. 28% of the currently (analogue) printed decor papers.

If one also strives for further development of the production parameters (increase in printing speed, reduction in ink costs, avoidance/reduction of primers), this will result in a shift in the break-even point and thus make digital printing increasingly economical. In addition, ink development in the point of mica inks or even opaque white could increase the market volume.

The experience gained by the machine manufacturer in cooperation with Surteco GmbH had in turn led to an expansion of its know-how in the decor market, with the result that printing machines for printing paper- and plastic-based edges are now available on the market. In addition, machines with water-based inks were designed for packaging printing.

6. Literatur

[Bergmann 2015]: Gerd Bergmann: Interprint startet industriellen Digitaldruck auf Dekorpapier – KBA Rotajet 168 soll Vor- und Kleinauflagen produzieren, 13.05.2015, abgerufen unter:

<http://www.print.de/News/Markt-Management/Interprint-startet-industriellen-Digitaldruck-auf-Dekorpapier-1238>

[BMUB 2013]: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Bundesministerium fördert innovatives Druckverfahren für Dekore, Pressemitteilung Nr. 154/13 des BMUB, Berlin, 23.10.2013

[Schnieder 2014]: Schnieder: Dekorpapier analysieren, messen und prüfen – Ein Kompendium der Qualitätsparameter und ihrer Mess- und Analysemethoden, Kompendium der Firma Technocell Decor GmbH & Co. KG, 2014

[2.2 Tiefdruck \(mediencommunity.de\)](#)

[Version von 6.1.6 Auftragssysteme für Druckfarben und Beschichtungsmittel vom 20. Mai 2019 - 13:14 | Mediencommunity 2.0](#)

[Rasterwalzen \(drwneumann.de\)](#)

[\[adph\] adphosNIR® Technologie - Adphos Gruppe](#)

[\[Wiki\] Surteco – Wikipedia](#)

[\[neos\] Digital Inkjet Printing Machine with Roll to Roll Film Transport | NEOS \(neoslab.it\)](#)

7. Anhang

7.1. Anhang 1: Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000 m² bei Förderantragsstellung

1. Druckformherstellung (neue und laufende Zylinder)	Einheit	Energie						Material			
		elektrische Energie			Energie aus Erdgas			Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung	
		Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung	Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung				
1.1	Stromverbrauch für Produktionszylinder	kWh/1000m ²	0,67	-	0,67						
1.2	Stromverbrauch für Laborzylinder	kWh/1000m ²	0,22	-	0,22						
1.3	Produktionszylinder aus Stahl	kg/1000m ²						1,08	-	1,08	
1.4	Laborzylinder aus Stahl	kg/1000m ²						0,25	-	0,25	
1.5	Verbrauch Kupfer für Produktionszylinder	kg/1000m ²						0,022	-	0,02	
1.6	Verbrauch Kupfer für Laborzylinder	kg/1000m ²						0,008	-	0,01	
1.7	Chromsäure für Chromschicht auf Produktionszylinder	kg/1000m ²						0,008	-	0,01	
1.8	Chromsäure für Chromschicht auf Laborzylinder	kg/1000m ²						0,0006	-	0,00	
2. Produktionsprozess											
2.1	Stromverbrauch Labor-Ausmusterung	kWh/1000m ²	1,10	-	1,10						
2.2	Gasverbrauch Labor-Ausmusterung	kWh/1000m ²				3,30	-	3,30			
2.3	Stromverbrauch Produktionsstunden inkl. Klimatisierung	kWh/1000m ²	8,16	29,99	-	21,83					
2.4	Gasverbrauch Produktionsstunden	kWh/1000m ²				24,49	-	24,49			
2.5	Stromverbrauch unproduktive Stunden inkl. Klimatisierung	kWh/1000m ²	12,36	1,65	10,71						
2.6	Gasverbrauch unproduktive Stunden inkl. Klimatisierung	kWh/1000m ²				37,07	-	37,07			
2.7	Papierverbrauch Makulatur	kg/1000m ²						13,73	0,49	13,24	
2.8	Druckfarbenverbrauch durch Verluste	kg/1000m ²						3,75	0,05	3,70	
2.9	zusätzl. Wasserverbrauch Produktion	Liter/1000m ²						4,40	0,19	4,21	
2.10	zusätzl. Abwasseranfall Produktion	Liter/1000m ²						5,10	0,19	4,91	
2.11	Primerverbrauch Produktion	kg/1000m ²						-	1,00	-	1,00

Tabelle 11: Darstellung der Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000m² zum Zeitpunkt der Förderantragsstellung

7.2. Anhang 2: Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000m² zum Vorhabenende

Zusammenfassende Darstellung der Energie- und Ressourceneinsparung pro 1.000 m²

Spezifische Verbräuche pro 1.000 m ² Dekorpapier											
Ressourcen- und Energieeinsatz		Einheit	Energie						Material		
			elektrische Energie			Energie aus Erdgas					
			Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung	Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung	Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung
1	Druckformherstellung (neue und laufende Zylinder)										
1.1	Stromverbrauch für Produktionszylinder	kWh/1.000m ²	0,74	0	0,74						
1.2	Stromverbrauch für Laborzylinder	kWh/1.000m ²	0,37	0	0,37						
1.3	Produktionszylinder aus Stahl	kg/1.000m ²							2,0189	0	2,019
1.4	Laborzylinder aus Stahl	kg/1.000m ²							0,4326	0	0,433
1.5	Verbrauch Kupfer für Produktionszylinder	kg/1.000m ²							0,0420	0	0,042
1.6	Verbrauch Kupfer für Laborzylinder	kg/1.000m ²							0,0139	0	0,014
1.7	Chromsäure für Chromschicht auf Produktionszylinder	kg/1.000m ²							0,0005	0	0,001
1.8	Chromsäure für Chromschicht auf Laborzylinder	kg/1.000m ²							0,0002	0	0,0002
2	Produktionsprozess										
2.1	Stromverbrauch für Laborausmusterung	kWh/1.000m ²	0,90	0,00	0,90						
2.2	Gasverbrauch für Laborausmusterung	kWh/1.000m ²				2,07	0,00	2,07			
2.3	Stromverbrauch Produktionsstunden inkl. Klimatisierung	kWh/1.000m ²	4,41	20,63	-16,22						
2.4	Gasverbrauch Produktionsstunden	kWh/1.000m ²				21,97	0,00	21,97			
2.5	Stromverbrauch unproduktive Stunden inkl. Klimatisierung	kWh/1.000m ²	6,50	2,51	3,99						
2.6	Gasverbrauch unproduktive Stunden	kWh/1.000m ²				22,73	0,00	22,73			
2.7	Papierverbrauch Makulatur	kg/1.000m ²							15,2033	3,3908	11,81
2.8	Druckfarbenverbrauch durch Verluste	kg/1.000m ²							2,5740	0,1775	2,40
2.9	zusätzlicher Wasserverbrauch Produktion	Liter/1.000m ²							0,0109	0,0027	0,01
2.10	zusätzlicher Abwasseranfall Produktion	Liter/1.000m ²							0,0109	0,0044	0,01
2.11	Primerverbrauch Produktion	kg/1.000m ²							0,0000	10,5073	-10,51
SUMME EINSPARUNGEN			35,4 kWh/1.000m ² aus Produktionsprozess und Laborausmusterung			1,1 kWh/1.000m ² aus Druckformherstellung			11,81 kg Papier/1.000m ² 0,008 Liter Wasser/1.000m ² 0,006 Liter Abwasser/1.000m ² 2,40 kg Druckfarben/1.000m ² 2,45 kg Stahl/1.000m ² 0,056 kg Kupfer/1.000m ² 0,001 kg Chromsäure/1.000m ² -10,51 kg Primer/1.000m ²		

Tabelle 12: Darstellung der Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000m² zum Zeitpunkt des Vorhabenendes

7.3. Anhang 3: Relative Verbräuche aus Produktion und Druckformherstellung

Zusammenfassende Darstellung der Energie- und Ressourceneinsparung pro 1.000 m²

Relative Verbräuche pro 1.000 m ² Dekorpapier [%]											
Ressourcen- und Energieeinsatz		Einheit	Energie						Material		
			elektrische Energie			Energie aus Erdgas			Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung
			Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung	Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung			
1	Druckformherstellung (neue und laufende Zylinder)										
1.1	Stromverbrauch für Produktionszylinder	kWh/1.000m ²	100	0	100						
1.2	Stromverbrauch für Laborzylinder	kWh/1.000m ²	100	0	100						
1.3	Produktionszylinder aus Stahl	kg/1.000m ²						100	0	100	
1.4	Laborzylinder aus Stahl	kg/1.000m ²						100	0	100	
1.5	Verbrauch Kupfer für Produktionszylinder	kg/1.000m ²						100	0	100	
1.6	Verbrauch Kupfer für Laborzylinder	kg/1.000m ²						100	0	100	
1.7	Chromsäure für Chromschicht auf Produktionszylinder	kg/1.000m ²						100	0	100	
1.8	Chromsäure für Chromschicht auf Laborzylinder	kg/1.000m ²						100	0	100	
2	Produktionsprozess										
2.1	Stromverbrauch für Laborausmusterung	kWh/1.000m ²	100	0	100						
2.2	Gasverbrauch für Laborausmusterung	kWh/1.000m ²				100	0	100			
2.3	Stromverbrauch Produktionsstunden inkl. Klimatisierung	kWh/1.000m ²	100	468	-368						
2.4	Gasverbrauch Produktionsstunden	kWh/1.000m ²				100	0	100			
2.5	Stromverbrauch unproduktive Stunden inkl. Klimatisierung	kWh/1.000m ²	100	39	61						
2.6	Gasverbrauch unproduktive Stunden	kWh/1.000m ²				100	0	100			
2.7	Papierverbrauch Makulatur	kg/1.000m ²						100	22	78	
2.8	Druckfarbenverbrauch durch Verluste	kg/1.000m ²						100	7	93	
2.9	zusätzlicher Wasserverbrauch Produktion	Liter/1.000m ²						100	25	75	
2.10	zusätzlicher Abwasseranfall Produktion	Liter/1.000m ²						100	41	59	
2.11	Primerverbrauch Produktion	kg/1.000m ²						0	100	-100	
SUMME EINSPARUNGEN			60,5 Prozent/1.000m² aus Produktionsprozess und Laborausmusterung			100 Prozent/1.000m² aus Druckformherstellung			78 % Papier/1.000m² 75 % Wasser/1.000m² 59 % Abwasser/1.000m² 93 % Druckfarben/1.000m² 100 % Stahl/1.000m² 100 % Kupfer/1.000m² 100 % Chromsäure/1.000m² -100 % Primer/1.000m²		

Tabelle 13: Darstellung der Energie- und Materialeinsparpotentiale je 1000m² zum Zeitpunkt des Vorhabenendes

7.4. Anhang 4: CO₂-Bilanzierung je 1000m² zum Zeitpunkt des Vorhabenendes

CO₂-Bilanzierung pro 1.000 m²

Reduzierung Treihausgasausstoß pro 1.000 m ² Dekorpapier											
Ressourcen- und Energieeinsatz	Einheit	Energie						Material			
		elektrische Energie			Energie aus Erdgas			Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung	
		Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung	Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung				
1	Druckformherstellung (neue und laufende Zylinder)										
1.1	Stromverbrauch für Produktionszylinder	kgCO ₂ /1.000m ²	0,00	0	0,00						
1.2	Stromverbrauch für Laborzylinder	kgCO ₂ /1.000m ²	0,00	0	0,00						
1.3	Produktionszylinder aus Stahl	kgCO ₂ /1.000m ²						1,78	0	1,78	
1.4	Laborzylinder aus Stahl	kgCO ₂ /1.000m ²						0,38	0	0,38	
1.5	Verbrauch Kupfer für Produktionszylinder	kgCO ₂ /1.000m ²						0,07	0	0,073	
1.6	Verbrauch Kupfer für Laborzylinder	kgCO ₂ /1.000m ²						0,02	0	0,024	
1.7	Chromsäure für Chromschicht auf Produktionszylinder	kgCO ₂ /1.000m ²						0,00	0	0,002	
1.8	Chromsäure für Chromschicht auf Laborzylinder	kgCO ₂ /1.000m ²						0,00	0	0,0008	
2	Produktionsprozess										
2.1	Stromverbrauch für Laborausmusterung	kgCO ₂ /1.000m ²	0,00	0,00	0,00						
2.2	Gasverbrauch für Laborausmusterung	kgCO ₂ /1.000m ²				0,50	0,00	0,50			
2.3	Stromverbrauch Produktionsstunden inkl. Klimatisierung	kgCO ₂ /1.000m ²	0,00	0,00	0,00						
2.4	Gasverbrauch Produktionsstunden	kgCO ₂ /1.000m ²				5,29	0,00	5,29			
2.5	Stromverbrauch unproduktive Stunden inkl. Klimatisierung	kgCO ₂ /1.000m ²	0,00	0,00	0,00						
2.6	Gasverbrauch unproduktive Stunden	kgCO ₂ /1.000m ²				5,48	0,00	5,48			
2.7	Papierverbrauch Makulatur	kgCO ₂ /1.000m ²						45,31	10,10	35,2	
2.8	Druckfarbenverbrauch durch Verluste	kgCO ₂ /1.000m ²						12,38	0,85	11,5	
2.9	zusätzlicher Wasserverbrauch Produktion	kgCO ₂ /1.000m ²						0,00	0,00	0,0	
2.10	zusätzlicher Abwasseranfall Produktion	kgCO ₂ /1.000m ²						0,00	0,00	0,0	
2.11	Primerverbrauch Produktion	kgCO ₂ /1.000m ²						0,00	44,87	-44,87	
SUMME EINSPARUNGEN			11,3			0,0			4,1		
			kg CO₂/1.000m² aus Energieverbrauch Produktionsprozess und Laborausmusterung			kg CO₂/1.000m² aus Energieverbrauch Druckformherstellung			kg CO₂/1000m² aus geringerem Ressourceneinsatz		

Tabelle 14: Darstellung der CO₂ Bilanzierung je 1000m² zum Zeitpunkt des Vorhabenendes

7.5. Anhang 4: Relative CO₂-Bilanzierung zum Zeitpunkt des Vorhabenendes

Relative CO₂-Bilanzierung pro 1.000m²

Relative Reduzierung des Treihausgasausstoßes pro 1.000m ² Dekorpapier											
Ressourcen- und Energieeinsatz		Einheit	Energie						Material		
			elektrische Energie			Energie aus Erdgas			Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung
			Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung	Tiefdruck	Digitaldruck	Einsparung			
1	Druckformherstellung (neue und laufende Zylinder)										
1.1	Stromverbrauch für Produktionszylinder	%CO ₂ /1.000m ²	0	0	0						
1.2	Stromverbrauch für Laborzylinder	%CO ₂ /1.000m ²	0	0	0						
1.3	Produktionszylinder aus Stahl	%CO ₂ /1.000m ²						100		100	
1.4	Laborzylinder aus Stahl	%CO ₂ /1.000m ²						100		100	
1.5	Verbrauch Kupfer für Produktionszylinder	%CO ₂ /1.000m ²						100		100	
1.6	Verbrauch Kupfer für Laborzylinder	%CO ₂ /1.000m ²						100		100	
1.7	Chromsäure für Chromschicht auf Produktionszylinder	%CO ₂ /1.000m ²						100		100	
1.8	Chromsäure für Chromschicht auf Laborzylinder	%CO ₂ /1.000m ²						100		100	
2	Produktionsprozess										
2.1	Stromverbrauch für Laborausmusterung	%CO ₂ /1.000m ²	0	0	0						
2.2	Gasverbrauch für Laborausmusterung	%CO ₂ /1.000m ²				100	0	100			
2.3	Stromverbrauch Produktionsstunden inkl. Klimatisierung	%CO ₂ /1.000m ²	0	0	0						
2.4	Gasverbrauch Produktionsstunden	%CO ₂ /1.000m ²				100	0	100			
2.5	Stromverbrauch unproduktive Stunden inkl. Klimatisierung	%CO ₂ /1.000m ²	0	0	0						
2.6	Gasverbrauch unproduktive Stunden	%CO ₂ /1.000m ²				100	0	100			
2.7	Papierverbrauch Makulatur	%CO ₂ /1.000m ²						100	22	78	
2.8	Druckfarbenverbrauch durch Verluste	%CO ₂ /1.000m ²						100	7	93	
2.9	zusätzlicher Wasserverbrauch Produktion	%CO ₂ /1.000m ²						100	25	75	
2.10	zusätzlicher Abwasseranfall Produktion	%CO ₂ /1.000m ²						100	41	59	
2.11	Primerverbrauch Produktion	%CO ₂ /1.000m ²						0	100	-100	

Tabelle 15: Darstellung der relativen CO₂ Bilanzierung zum Zeitpunkt des Vorhabenendes

7.6. Glossar

Registerempfindlich/Passerempfindlich

Exakte Positionierung der gedruckten Einzelfarben zueinander in Breite und Länge

Ausblutverhalten der Farbe/Tinte

Farbverlust/Auswaschen von Farbe/Tinte des bedruckten Papiers bei der Imprägnierung, mit Übergang in die Imprägnierwanne

Imprägnierung

Durchtränkung des Dekorpapiers mit Tränkharz, um chemische bzw. mechanische Beständigkeiten des fertigen Produktes zu erreichen. Zudem wird bei der Verpressung ein Verbund mit dem Holzwerkstoff (z.B. HPL) erreicht

Sublimierung

Eindampfen der Tinte bzw. deren Farbstoffe beim Erhitzen des bedruckten Papiers

Ausmusterungsstufen

Anzahl der Anläufe, bis der Ausdruck des Dekores farblich mit der Vorlage übereinstimmt

Makulatur

Bedrucktes Papier, das nicht verkaufsfähig ist und somit entsorgt wird

Verpressung

Aufbringen eines imprägnierten Dekorpapiers auf einen Holzwerkstoffträger mit Hilfe von Druck, Temperatur und Zeit

Metamerie

Farbeindruck zweier gleichen Farben, der unter dem Eindruck verschiedener Lichtarten Abweichungen aufzeigen kann

Primer

Tintenempfangsschicht, aufgebracht auf die Papierbahn, um die Tinte aufzunehmen und ein Penetrieren in das Papier zu verhindern

Dekorpapier/Druckbasispapier

Imprägnierfähiges, bedruckbares Spezialpapier zur Oberflächenveredelung von Holzwerkstoffen. Anwendung in den Bereichen Fussboden, Küchen, etc...

Nass-in-Nass Druck

Druck von mehreren Farben unmittelbar hintereinander – ohne Zwischentrocknung. Die Trocknung findet im Anschluss an den Druck statt

Single-Pass

Starr fixierte digitale Tintenköpfe bedrucken einmalig eine kontinuierlich durchlaufende Papierbahn

Rapport-Druck

Bestimmte Länge eines Druckbildes, das immer wiederkehrend auf das Papier gedruckt wird

VOC

Volatile Organic Compounds – Anteil der flüchtigen organischen Substanzen

Additive Farbmischung

Farbeindruck durch nebeneinander gedruckte Rasterpunkte

Subtraktive Farbmischung

Farbeindruck durch Mischung von Farbstoffen