



Abschlussbericht zum Vorhaben

Realisierung eines innovativen und umwelttechnisch herausragenden Investitionsvorhaben im Bereich des industriellen Digitaldrucks (Bedruckung zylindrischer Hohlkörper)

Ritter GmbH

Kaufbeurer Straße 35

86830 Schwabmünchen

Telefon: +49 8232/5003-0

Telefax: +49 8232/5003-70

Web: www.ritter-online.de

Inhaltsverzeichnis

Berichts-Kennblatt	2
Report Coversheet	3
1 Einleitung	4
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens	4
1.2 Ausgangssituation.....	5
2 Vorhabenumsetzung	10
2.1 Ziel des Vorhabens	10
2.2 Prozessbeschreibung des Digitaldruckverfahrens.....	11
2.3 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung.....	14
2.4 Umsetzung des Vorhabens	22
2.5 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	23
2.6 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	23
3 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	24
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung	24
3.2 Stoff- und Energiebilanz	25
3.3 Umweltbilanz	25
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse	27
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	28
4 Übertragbarkeit	29
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	29
4.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit	30
5 Zusammenfassung/Summary	31
5.1 Zusammenfassung	31
5.2 Summary	34
6 Literatur	36

BMUB-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht zum Vorhaben

„Realisierung eines innovativen und umwelttechnisch herausragenden Investitionsvorhaben
im Bereich des industriellen Digitaldrucks (Bedruckung zylindrischer Hohlkörper)“

Zuwendungsempfänger

Ritter GmbH

Umweltbereich

Ressourceneffizienz und Energieeinsparung

Laufzeit des Vorhabens

Von 16.10.2015 bis 31.08.2016

Autor

Dominic Lottes

Datum der Erstellung

31.07.2017

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

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen des UBA:	Projekt-Nr.:
Titel des Vorhabens: „Realisierung eines innovativen und umwelttechnisch herausragenden Investitionsvorhaben im Bereich des industriellen Digitaldrucks (Bedruckung zylindrischer Hohlkörper)“	
Autoren: Lottes, Dominic	Vorhabenbeginn: 16.10.2015
	Vorhabenende: 31.08.2016
Zuwendungsempfänger: Ritter GmbH Kaufbeurer Straße 35 86830 Schwabmünchen	Veröffentlichungsdatum: 31.07.2017
	Seitenzahl: 36
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
Kurzfassung: Als erstes Unternehmen in der Branche hat die Ritter GmbH in die weltweit einzigartige und von der Firma Hinterkopf GmbH hergestellte Digitaldruckanlage investiert und so die Grundlage für ein ökologisch herausragendes Druckverfahren geschaffen. Durch eine erfolgreiche Projektumsetzung bzw. die erstmalige großtechnische Anwendung im Bereich der Bedruckung von zylindrischen Hohlkörpern konnte demonstriert werden, dass der Digitaldruck ein wettbewerbsfähiges Substitutionsverfahren zum bisher praktizierten energie- und ressourcenintensiven Siebdruckverfahren darstellt.	
Schlagwörter: Digitaldruckanlage – Zylindrische Hohlkörper – Ressourceneffizienz	
Anzahl der gelieferten Berichte: Papierform: Elektronischer Datenträger:	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite: www.ritter-online.de

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environmental Agency:	Project-No.:
Report Title: „Realization of an innovative and environmentally outstanding investment in the field of industrial digital printing (printing of cylindrical hollow bodies)“	
Author: Lottes, Dominic	Start of project: 16.10.2015
	End of project: 31.08.2016
Performing Organisation: Ritter GmbH Kaufbeurer Straße 35 86830 Schwabmünchen	Publication Date: 31.07.2017
	No. of Pages: 36
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.	
Summary: As the first company in the industry, Ritter GmbH has invested in the world-wide unique digital printing system manufactured by Hinterkopf GmbH, creating the basis for an ecologically outstanding printing process. A successful project implementation of the first large-scale application in the field of the printing of cylindrical hollow bodies has demonstrated that digital printing is a competitive substitution for the energy- and resource-intensive screen printing process.	
Keywords: Digital printing system – cylindrical hollow bodies – resource efficiency	

1 Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Ritter GmbH ist ein mittelständisch geprägtes Familienunternehmen, das in zweiter Generation von Frank und Ralf Ritter geleitet wird. In seiner 50-jährigen Unternehmensgeschichte entwickelte sich das Unternehmen zu einem führenden Hersteller im Bereich der Kunststoff- und Verpackungstechnik. Neben einem modernen Produktionswerk mit einer Produktionsfläche von rund 25.000 m² am Stammsitz in Schwabmünchen verfügt Ritter heute über eine weitere Produktionsstätte im slowenischen Volcja Draga. Mit insgesamt ca. 330 Mitarbeitern konnte ein Jahresumsatz von knapp 65,6 Mio. EUR (2015) erwirtschaftet werden.

Nachdem das Unternehmen in den Anfangsjahren schwerpunktmäßig als Zulieferbetrieb für die Industrie Spritzgussteile fertigte, entwickelte Ritter über die vergangenen fünf Jahrzehnte sukzessive eigene Produktlösungen, sodass heute ausschließlich Eigenprodukte hergestellt und in höchster Qualität am Markt angeboten werden. Zu den wesentlichen Produktbereichen zählen neben Kartuschensystemen auch Medical-Care-Produkte sowie innovative Baustoffprodukte. Zur Veranschaulichung des Produktportfolios soll die nachfolgende Übersicht dienen.



Abbildung 1: Übersicht Produktsegmente

Als wesentlicher Technologieführer in der Branche versteht sich das Unternehmen nicht nur als reiner Hersteller von Produkten aus Kunststoff, sondern vielmehr als ganzheitlicher Dienstleister, dessen Produktangebote durch einen kundenorientierten Service und bedarfsgerechte Logistiklösungen abgerundet werden.

Neben der Ausrichtung auf innovative Produktlösungen konzentriert sich Ritter stets auf einen verantwortungsvollen Umgang mit begrenzten Ressourcen. Angesichts dessen ist das Thema „Umwelt- und Ressourcenschutz“ tief im Unternehmen verankert. Das ausgeprägte Umweltbewusstsein spiegelt sich hierbei sowohl in der Entwicklung umweltfreundlicher Produkte als auch in einer energie- und ressourceneffizienten Ausrichtung der Fertigungsprozesse wider. So konnten Ritter beispielsweise als erstes Unternehmen in der Branche eine

Kartusche aus biobasierenden Kunststoffen entwickeln und am Markt präsentieren. Im Bereich der Produktionsprozesse und der Gebäudetechnik ist es zudem gelungen, ein innovatives Energieleitsystem zu implementieren, mit dem jährlich über 780 Tonnen CO₂ eingespart werden können. Das große Engagement im Bereich der Ressourcenschonung wurde zuletzt im Jahr 2013 durch den LEW-Innovationspreis prämiert und unterstreicht die täglich gelebte Verantwortung für die Umwelt.

1.2 Ausgangssituation

Um zylindrische Hohlkörper wie beispielsweise Kunststoffkartuschen zu bedrucken, wird in der gesamten Branche bisher schwerpunktmäßig das Siebdruckverfahren eingesetzt. Das konventionell geprägte Druckverfahren ist aufgrund der verfahrenstechnischen Auslegung jedoch mit zentralen Problemstellungen verbunden, die sich insbesondere in einer hohen Energieintensität sowie hohen Umweltbelastungen widerspiegeln.

Die vergleichsweise hohen Umweltbelastungen sowie der hohe Energiebedarf sind hierbei auf unterschiedliche Stufen des Druckprozesses sowie die vor- und nachgelagerten Verfahrensebenen zurückzuführen. Zur detaillierten Darstellung der Umweltbelastungen, die gleichzeitig die Motivation für die angedachte Antragsstellung aus dem Umweltinnovationsprogramm bilden, werden nachfolgend die problembehafteten Teilbereiche ausgeführt. Zur systematischen Einordnung der einzelnen Themenstellungen wird zuvor das Siebdruckverfahren und dessen Verfahrensschritte kurz skizziert:

Siebdruckverfahren

Beim Siebdruckverfahren wird die Druckfarbe mit einem Gummirakel durch ein feinmaschiges Gewebe hindurch auf das zu bedruckende Material gedruckt. An denjenigen Stellen, wo dem Druckbild entsprechend keine Farben gedruckt werden sollen, wird das Sieb mittels einer Lasertechnologie bearbeitet und so farbundurchlässig (Schablone).

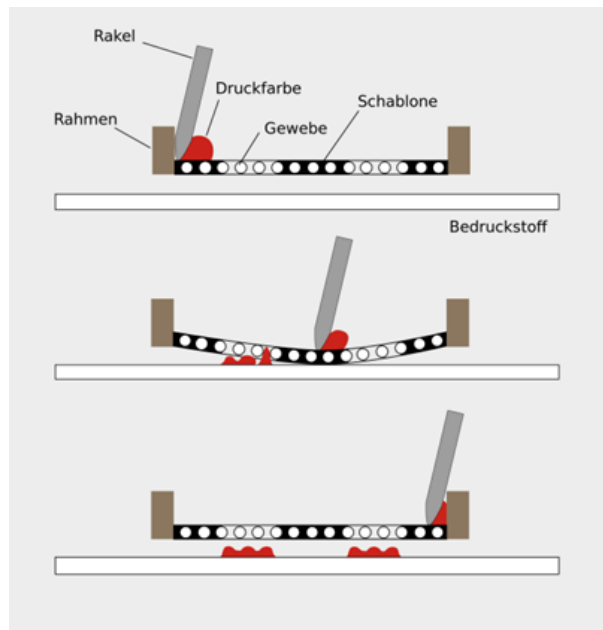


Abbildung 2: Schematische Abbildung des aktuell eingesetzten Siebdruckverfahrens

Um ein mehrfarbiges Druckbild zu erzeugen, wird über mehrere Druckstationen (Farbwerke) schichtweise das Druckbild aufgebaut. Zum Aufbau des Druckbildes werden in unserer Produktion gegenwärtig bis zu sechs Druckstationen/Farbwerke pro Druckanlagen eingesetzt, die mit kundenindividuell gemischten Farben bestückt werden. Um ein Verlaufen respektive Vermischen der einzelnen Farben zu vermeiden, müssen die einzelnen Farblagen nach jedem Druckvorgang mittels UV-Licht ausgehärtet werden.

Diese einleitende Betrachtung vorangestellt werden nachfolgend die umwelttechnischen Problemstellungen ausgeführt und verdeutlicht.

Umwelttechnische Problemstellungen

1. Siebherstellung

Um das Druckbild schrittweise aufzubauen, muss Ritter wie dargelegt gegenwärtig bis zu sechs unterschiedliche Siebe herstellen. Die Herstellung der Siebe erfolgt hierzu in einem vorgelagerten Prozess unter Einsatz einer vergleichsweise energieintensiven Laserbearbeitung. Ferner werden für die Herstellung der Siebe unterschiedliche Chemikalien eingesetzt, die zu Umweltbelastungen führen. Notwendige Trocknungsschritte im Rahmen der Siebherstellung beeinflussten die CO₂-Bilanz ebenfalls negativ.

Neben der energie- und kostenintensiven Herstellung der Siebe führt auch die begrenzte Einsatzbarkeit sowie das Verschleißverhalten der Siebe (Standzeit von 20.000 bis 35.000 Drucken) dazu, dass vergleichsweise hohe Ressourcen (insb. Maschengewebe) eingesetzt werden bzw. die verschlissenen Siebe (mit Farbresten) als Sondermüll entsorgt werden müssen.

2. Siebreinigung

Je nach Größe des Fertigungsauftrages bzw. der Chargen können die gefertigten Siebe für mehrere Einzelaufträge eingesetzt werden. Hierfür ist es jedoch zwingend erforderlich, dass diese vor einer Einlagerung gereinigt und von Farbresten befreit werden. Die Reinigung der Siebe erfolgt derzeit in speziellen Reinigungsanlagen und unter Verwendung von lösungsmittelhaltigen Waschmedien. Um eine fachgerechte Entsorgung des farbpartikelhaltigen Waschmediums zu gewährleisten bzw. eine Rückgewinnung der Lösungsmittel zu realisieren, wird derzeit ein Redestillationsverfahren eingesetzt, um die Farbpartikel zu separieren. Das zur Rückgewinnung der Lösungsmittel eingesetzte Redestillationsverfahren stellt sich jedoch sehr energieintensiv dar und bedingt hohe CO₂-Emissionen. Der aus der Destillation gewonnene Farbkuchen muss aktuell als Sondermüll entsorgt werden und belastet die Ökobilanz des Siebdruckverfahrens zusätzlich.

Angesichts der Tatsache, dass die gereinigten Siebe vor einer Einlagerung getrocknet werden müssen, stellt sich auch dieser Verfahrensschritt vergleichsweise energieintensiv dar und führt unmittelbar zu weiteren CO₂-Emissionen.

3. Farbmenge/Farbverluste

Angesichts des verfahrenstechnischen Ablaufs (schichtweiser Farbaufbau) des Siebdruckverfahrens muss zum Aufbau eines Druckbildes eine vergleichsweise große Menge an Farbe eingesetzt werden. Basierend auf den detaillierten Produktionsstatistiken kann im Durchschnitt davon ausgegangen werden, dass pro bedruckter Kartusche derzeit 0,2 g Farbe eingesetzt wird. Dem gegenüber stehen digitale Druckkonzepte, bei denen das Druckbild durch eine Nebeneinanderpositionierung von Farbpunkten aufgebaut wird, und die i. d. R. einen um 30 bis 40 % reduzierten Farbeinsatz ermöglichen.

Neben der hohen Farbmenge pro erzeugtem Druckbild sind mit dem Siebdruckverfahren vergleichsweise hohe prozessbedingte Farbverluste verbunden. Die Farbverluste resultieren hierbei aus mehreren Prozessstufen:

- a. Farbverluste bei der kunden- und auftragsindividuellen Farbmischung
- b. Farbverluste durch Reinigungsvorgänge (Sieb- und Anlagenreinigung)
- c. Farbverluste im Rahmen des Prozesshandlings

4. Anfahrausschuss/Druckausschuss

Durch die verfahrenstechnische Auslegung des Siebdrucks müssen die einzelnen Siebe bei jedem neuen Fertigungsauftrag zueinander ausgerichtet und deren Zusammenspiel fein justiert werden. Angesichts dessen wird Ritter aktuell mit einem extrem hohen Anfahrausschuss konfrontiert. Die Ausschussquote (Anfahrausschuss) liegt hierbei bei durchschnittlich 10,4 % (bezogen auf eine Produktionscharge von einer Palette = 3.360 Kartuschen).

Neben dem dargestellten Anfahrausschuss sieht sich Ritter zudem einem Druckausschuss von ca. 3,0 % gegenüber, sodass insgesamt ca. 13,4 % der bedruckten Kartuschen als Ausschuss ausgeschleust werden. Bezogen auf ein Produktionsvolumen von 13,5 Mio. bedruckten Kartuschen pro Siebdruckanlage und Jahr (aktuell sind neun Siebdruckanlagen im Einsatz; mit einer neuen Digitaldruckanlage könnten nach aktuellem Kenntnisstand zwei konventionelle Siebdruckanlagen ersetzt werden) wird deutlich, dass gegenwärtig jährlich rund 16,3 Mio. Kartuschen¹ als Ausschuss entsorgt wird en.

Neben den enormen Ressourcen- und Energieverlusten, die unmittelbar aus dem Siebdruckverfahren und dem damit verbundenen Ausschuss resultieren, muss zudem beachtet werden, dass die zu bedruckenden Kartuschen zuvor in einem energieintensiven Spritzgussverfahren hergestellt wurden. Insofern sind auch die ausschussbedingten Energieverluste im Bereich der Kartuschenfertigung in die ökologische Gesamtbetrachtung einzubeziehen.

5. Verfahrenstechnische Ineffizienz

Durch den schrittweisen Aufbau des Druckbilds ist es im Siebdruckverfahren derzeit erforderlich, dass vor jeder Druckstation bzw. vor jedem Farbwerk die zuvor aufgetragene Farbe ausgehärtet bzw. getrocknet wird. Angesichts des ausschließlichen Einsatzes von UV-Farben, erfolgt die Aushärtung mittels entsprechenden UV-Lampen. Da die Siebdruckanlagen den Druck mit bis zu sechs verschiedenen Farben ermöglichen, sind derzeit pro Siebdruckanlage sechs energieintensive UV-Trocknungslampen im Einsatz (jeweils 3 kWh).

Neben dem hohen unmittelbaren Energieverbrauch ist mit dem Betrieb der UV-Lampen eine vergleichsweise hohe Emission von Ozon (O₃) verbunden. Um Reizungen der Atemwege der Mitarbeiter durch das emittierte Ozon zu vermeiden, muss dieses aktuell über eine Absauganlage (zusätzlicher Energieverbrauch) kontrolliert ins Freie abgeleitet werden.

¹ 13,5 Mio. Kartuschen pro Anlage und Jahr x 9 Anlagen in Betrieb = 121,5 Mio. Kartuschen pro Jahr (im Siebdruckverfahren); davon 13,4 % Ausschuss: 121,5 Mio. Kartuschen pro Jahr x 13,4 % Ausschuss = 16,28 Mio. Kartuschen Ausschuss.

Parallel zur mangelnden Energieeffizienz, die in den zahlreichen Zwischentrocknungsstufen (UV-Lampen) begründet ist, wird die Ökobilanz des Siebdruckverfahrens zusätzlich durch die langsame und in der Verfahrenstechnik begründete Anlagentaktung beeinflusst. So können auf den aktuell eingesetzten Siebdruckanlagen lediglich 70 bis 80 Kartuschen pro Minute (pro Anlage) bedruckt werden. Angesichts vergleichsweise langer Rüstzeiten (Siebwechsel) sowie den oben genannten Anfahrausschüssen bestehen hier enorme Produktivitäts- und Energieeinsparpotenziale.

Nachdem vorstehend die zentralen umwelttechnischen Problemstellungen des Siebdruckverfahrens beleuchtet wurden, soll nachfolgend auch eine qualitative Wertung zum aktuellen Stand der Technik vorgenommen und hierbei gleichzeitig bestehende Brückentechnologien beurteilt werden.

Brückentechnologie/Heißsiegelverfahren als Stand der Technik

Aktuell wird zur Bedruckung von zylindrischen Hohlkörpern schwerpunktmäßig das vorstehend beschriebene Siebdruckverfahren eingesetzt. Vor diesem Hintergrund sehen sich alle Branchenunternehmen einer ähnlich gelagerten Problemstellung, die sich negativ auf die ökologische Betrachtung des Druckverfahrens auswirkt, gegenüber.

Neben der Siebdrucktechnologie wurde in den vergangenen Jahren ein zaghafter Versuch unternommen, eine Brückentechnologie abzuleiten, mit der es gelingen soll, zylindrische Hohlkörper aus Kunststoff mit einem digital erstellten Druckbild zu versehen. Die abgeleitete Brückentechnologie zeigt sich jedoch in der verfahrenstechnischen Umsetzung sehr problembehaftet und eignet sich aus diesem Grunde nicht für einen großtechnischen Einsatz. Zur argumentativen Unterlegung der Schwachstellen soll die Brückentechnologie kurz skizziert und die bestehenden Problemfelder dargestellt werden. Ungeachtet dieser Ausführungen ist bereits an dieser Stelle festzuhalten, dass es sich bei der Brückentechnologie um kein ausgereiftes Konzept für die großtechnische Anwendung handelt, sondern vielmehr als erster Vorstoß und eine Improvisationslösung im Bereich des Digitaldrucks gewertet werden muss (keine digitale Direktbedruckung der Kartuschen).

Im Rahmen des Heißsiegelverfahrens wird das Druckbild in einem ersten Verfahrensschritt mittels konventionellen Digitaldruckern (Farblaserdrucker) auf ein silikonbeschichtetes Transferpapier gedruckt. Anschließend werden die Druckbilder vereinzelt und über eine thermische Aktivierung mit der Kunststoffkartusche verbunden. Der enorme Wärmeeintrag, der mit dem Heißsiegelverfahren verbunden ist, führt jedoch dazu, dass der hitzeempfindliche Kunststoff (HDPE) und damit die Kartusche schrumpft.

Um das verfahrensbedingte Schrumpfverhalten auszugleichen, müssen die im Heißsiegelverfahren bearbeiteten Kartuschen derzeit mit einem Übermaß produziert werden. Angesichts

der Tatsache, dass das Schrumpfverhalten von zahlreichen Einflussfaktoren determiniert wird, gelingt es nur in sehr eingeschränktem Maße, das Schrumpfverhalten bei der konstruktiven Gestaltung und Auslegung der Kartuschen zu berücksichtigen. Neben den spezifischen Problemstellungen hinsichtlich des dargestellten Schrumpfverhaltens wird durch den thermischen Wärmeeintrag des Heißsiegelverfahrens zudem die molekulare Struktur des Kunststoffes (Verkürzung der Molekülketten) und damit das mechanische Eigenschaftsprofil negativ beeinflusst. Da die von Ritter hergestellten Kartuschen vorzugsweise für Produkte der Bauchemie (z. B. Dichtmassen, Kleber) eingesetzt werden, kann der dargestellte Sachverhalt im Extremfall dazu führen, dass die Lagerstabilität herabgesetzt wird bzw. die chemischen Inhaltsstoffe der eingefüllten Produkte den geschwächten Kunststoff angreifen.

Vor dem Hintergrund der vorstehenden Ausführungen wird deutlich, dass sich die skizzierte Brückentechnologie nicht oder nur sehr bedingt für einen großtechnischen Einsatz in der Verpackungsmittelindustrie eignet und somit nicht als Stand der Technik betrachtet werden kann.

2 Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Mit dem Umstieg vom Siebdruck- auf das Digitaldruckverfahren für zylindrische Hohlkörper (s. Abbildung 3) sind nachfolgende umfangreiche Entlastungen der Umwelt bzw. Verbesserungen der Umweltsituation verknüpft:

1. *Ausschussreduzierung*
2. *Maximierung der Energieeffizienz durch modernes Anlagenkonzept sowie die Erhöhung der Produktivität*
3. *Verzicht auf energie- und ressourcenintensive Prozessstufen*
4. *Reduzierung des Farbauftrages/Reduzierung der Farbverluste*



Abbildung 3: Digital bedruckte Kartuschen (zylindrische Hohlkörper)

2.2 Prozessbeschreibung des Digitaldruckverfahrens

Dieser Abschnitt dient zur Beschreibung des Prozesses zur Bedruckung zylindrischer Hohlkörper im Digitaldruckverfahren.

1. Materialfluss außen

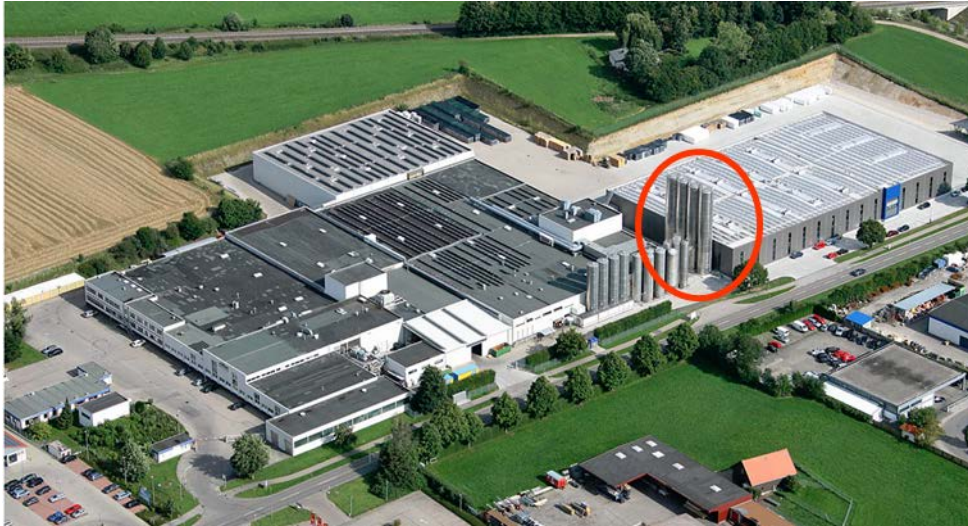


Abbildung 4: Silos für das granulatformige Rohmaterial

Das granulatformige Rohmaterial für die Kartuschen-Produktion wird im ersten Schritt angeliefert und in Silos gefüllt.

2. Herstellung der Rohkartuschen



Abbildung 5: Spritzgussprozess zur Herstellung der Rohkartuschen

Das granulatformige Rohmaterial wird über den Sauger (1) vom Silo an die Spritzgussmaschine (2) gefördert. Aus dem Rohmaterial wird die Rohkartusche mithilfe der Spritzgussmaschine und einer Spritzgussform produziert.

3. Pufferung der Rohkartuschen



Abbildung 6: Pufferung der Rohkartuschen

Die Rohkartuschen werden über Förderbänder auf eine Onlineanlage zur Pufferung gefördert.

4. Kartuschenaufrichter



Abbildung 7: Kartuschenaufrichter

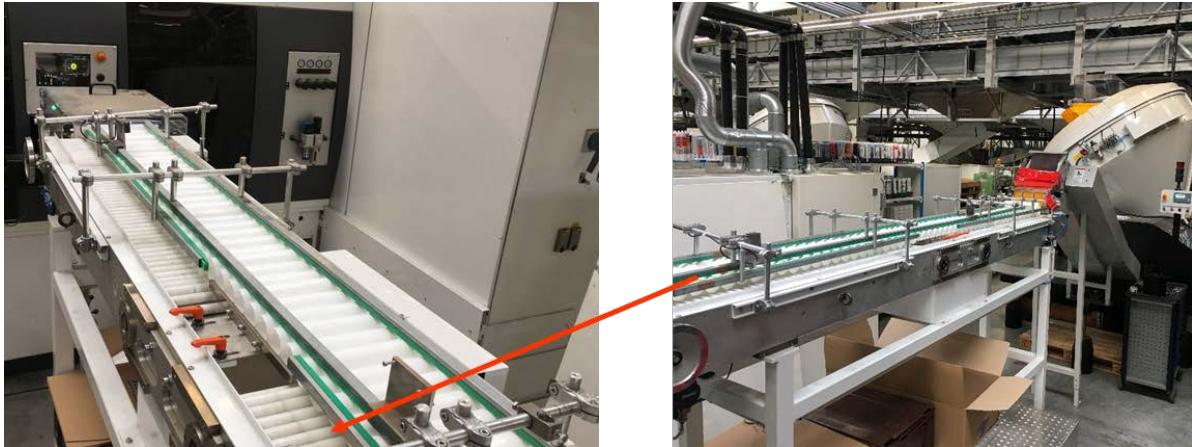


Abbildung 8: Transport der lagerichtigen Rohkartuschen zur Digitaldruckmaschine

Von der Onlineanlage aus werden die geforderten Rohkartuschen auf einen Kartuschenaufrechter transportiert und dort aufgerichtet. Von dort aus werden diese lagerichtig zur Digitaldruckmaschine gefördert.

5. Digitalbedruckung der Rohkartuschen



Abbildung 9: Digitaldruckmaschine

Die Kartuschen werden in der Digitaldruckmaschine nach Kundenvorgabe bedruckt und anschließend zu einem Verpacker gefördert. Dort werden die Kartuschen abgepackt und anschließend ins Lager zur Auslieferung transportiert.

2.3 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung

Die folgenden Ausführungen beschreiben die im vorangegangenen Abschnitt thematisierten Zielstellungen und die damit verbundenen technischen Lösungen des Investitionsvorhabens.

1. Ausschussreduzierung

Die zentrale Umweltentlastung, die mit dem angestrebten Vorhaben realisiert wurde, besteht darin, die digitale Druckvorlage direkt auf die innovative Druckanlage zu übertragen und ohne nennenswerten Anfahrausschuss bereits ab der ersten Kartusche eines Auftrags das gewünschte Druckergebnis zu erzielen. Entgegen eines Anfahrausschusses von bisher ca. 10,4 % liegt der Anfahrausschuss nun im Bereich von ca. 0,2 %. Neben der Reduzierung des Anfahrausschusses konnte zudem der Druckausschuss im laufenden Prozess von ca. 3,0 % auf rund 0,8 % reduziert werden. Die Reduzierung des Druckausschusses liegt insbesondere darin begründet, dass die Komponenten des Digitaldruckverfahrens keinem bzw. einem deutlich geringeren Verschleiß unterliegen als die Komponenten des Siebdruckverfahrens (z. B. Siebe, Raket).

Die Ausschussreduzierung führt in ihrer Konsequenz zu einer wesentlichen Umweltentlastung auf zwei Ebenen des Fertigungsprozesses:

a. Kartuschenbedruckung

Durch die Ausschussreduzierung kann der unmittelbare Energieaufwand zur Bedruckung von Kartuschen bei sonst gleichen Annahmen um 12,4 Prozentpunkte (99 statt 76 Gutteile pro 100 Stück) reduziert werden. Bezogen auf eine Produktionsmenge von 13,5 Mio. Kartuschen pro Jahr und Siebdruckanlage sowie der Tatsache, dass mit der Digitaldruckanlage zum aktuellen Zeitpunkt zwei konventionelle Siebdruckanlagen (Kapazitätsbereinigungsfaktor 2,04) abgelöst werden (Bemessungsgrundlage somit 27,6 Mio. Kartuschen), wird eine enorme Umweltentlastung und Ressourceneinsparung erzielt. Bei einem durchschnittlichen Kartuschengewicht von 47 g beeindruckt neben der reinen Kartuschenanzahl (Ausschussreduzierung um 3,422 Mio. Stück, siehe nachfolgende Tabelle) auch die in Kilogramm ausgedrückte Materialeinsparung (160.853 kg Kunststoff/HDPE (High Density Polyethylen)). Neben den enormen Materialeinsparungen im Bereich des Kunststoffs konnten weitere Einsparungen hinsichtlich der Druckfarben realisiert werden. Bezogen auf das dargestellte Mengengerüst realisiert Ritter zum aktuellen Zeitpunkt eine Einsparung von 657 kg Druckfarbe p. a. ausschließlich durch die Ausschussreduzierung. Hochgerechnet auf eine geplante Anlagenlaufzeit von acht Jahren ergibt sich eine gesamte Farbeinsparung von mindestens 5.257 kg. Der Vergleich zwischen dem Stand der Technik und dem neuen Digitaldruckverfahren ist ausführlich in nachfolgender Tabelle 1 dargestellt.

	Siebdruck	Digitaldruck
Kapazität pro Anlage (Kartuschen p. a.)	13,5 Mio.	27,6 Mio.
Kapazitätsbereinigungsfaktor	2,04	1,00
Gesamtkapazität (Kartuschen p. a.)	27,6 Mio.	27,6 Mio.
Anfahrausschuss (Quote)	10,4 %	0,20 %
Anfahrausschuss (absolut/p. a.)	2,8704 Mio.	0,0552 Mio.
Druckausschuss (Quote)	3,0 %	0,8 %
Druckausschuss (absolut/p. a.)	0,828 Mio.	0,221 Mio.
Gesamtausschuss (Quote)	13,4 %	1,0 %
Gesamtausschuss (absolut/p. a.)	3,698 Mio.	0,276 Mio.
Reduzierung Ausschuss (absolut/p. a.)		3,422 Mio.
Gewicht pro Kartusche (Ø)	47 g	47 g
Materialeinsparung HDPE (p. a.)	160.853 kg/p. a	
Farbbedarf pro Kartusche	0,20 g	0,15 g
Lackbedarf pro Kartusche	0,00 g	0,15 g
Farbverluste Ausschuss	739,7 kg	82,6 kg
Farbeinsparung (p. a.)		657,1 kg
Farbeinsparung (gesamt)		5.257 kg

Tabelle 1: Vergleich Materialausschuss

b. Herstellung der Kartuschen

Angesichts der Tatsache, dass jede Kartusche in einem vergleichsweise energieintensiven Fertigungsverfahren (Spritzguss) hergestellt wird, konnte durch die Ausschussreduzierung (3,422 Mio. Kartuschen) ebenfalls eine deutliche Umweltentlastung erreicht werden. Aufgrund einer detaillierten Erhebung der Produktionsdaten ist dem Unternehmen bekannt, dass pro 1.000 kg verarbeitetem Kunststoff ein Energieeinsatz von 566 kWh notwendig ist (Spritzgussfertigung). Übertragen auf die angestrebte Ausschussreduzierung sowie das damit verbundene Mengengerüst, konnte so eine Energieeinsparung in Bereich der Kartuschenfertigung von ca. 91.043 kWh p. a. erzielt werden, wie in Tabelle 2 ersichtlich ist.

Kartuschenfertigung Spritzguss)	Energieeinsparung
Ausschussreduzierung	3,422 Mio.
Gewicht pro Kartusche	47 g
Gesamtgewicht Ausschuss (p. a)	160.853 kg
Energieaufwand 1.000 kg Kunststoff	566 kWh
Energieeinsparung (p. a)	91.043 kWh
Energieeinsparung (gesamt)	728.341 kWh

Tabelle 2: Vergleich Energieeinsparung (Kartuschenfertigung/Ausschuss)

2. Maximierung der Energieeffizienz durch modernes Anlagenkonzept sowie die Erhöhung der Produktivität

Aufgrund der innovativen Anlagentechnologie sowie der Tatsache, dass durch den Wegfall von Rüst- und Nebenzeiten die Produktivität deutlich gesteigert wurde, konnten mit der neuen Digitaldruckanlage zwei konventionelle Siebdruckanlagen substituiert werden. Durch weitere Optimierungen sowie durch die erhoffte Lösung des Problems der Farblösung (s. Abschnitt 4.1) werden zukünftig bis zu drei konventionelle Anlagen ersetzt werden können.

Bezogen auf eine Produktionsmenge von derzeit 27,6 Mio. Kartuschen, konnten durch den Einsatz der neuen Digitaldrucktechnologie folgende Energieeinsparungen erzielt werden (Tabelle 3):

Bedruckung	Energieeinsparung
Bemessungsgrundlage	27,6 Mio. Kartuschen
Energieverbrauch bisher (p. a.)²	28 kW · 2,04 Anlagen · 6.000 h/a 343.467 kWh
Energieverbrauch neu (p. a.)³	20 kW · 1,00 Anlagen · 6.000 h/a 120.000 kWh
Energieeinsparung (p. a)	223.4667 kWh
Energieeinsparung (gesamt)	1.787.733 kWh

Tabelle 3: Vergleich Energieeinsparung Bedruckung

Einen wesentlichen Beitrag zur signifikanten Umweltentlastung leistet der Teilbereich der Trocknung. Während in zwei konventionellen Siebdruckanlagen vor jeder Druckstation eine UV-Trocknung (mit UV-Lampen à 3 kWh) stattfinden muss (somit 12 UV-Lampen im Dauereinsatz), verfügt die neuartige Digitaldruckanlage über lediglich eine Trocknungs- bzw. UV-Aushärtungsstation. Neben der unmittelbaren Energieeinsparung durch die deutliche Reduzierung der UV-Aushärtungsstationen konnte gleichzeitig eine signifikante Absenkung der mit dem UV-Lampenbetrieb verbundenen Ozon-Emission (notwendige Absaugtechnik) erreicht werden. Durch die deutlich geringeren Ozon-Emissionen konnte weiterhin eine energetische Einsparung im Bereich der Ozonabsaugung erzielt werden (bisher 1,1 kWh bei 6.000 Produktionsstunden = 6.600 kWh p. a.)⁴.

3. Verzicht auf energie- und ressourcenintensive Prozessstufen

a. Siebherstellung

Durch die unmittelbare Übertragung der Druckdaten auf die Digitaldruckanlage entfiel zudem der mehrstufige Herstellungsprozess für die einzelnen Drucksiebe. So wurde auf eine Siebherstellung mittels Lasertechnologie ebenso wie auf die anschließenden Trocknungsschritte verzichtet und folgerichtig energetische Einsparungen erzielt.

² Anschlussleistung (Siebdruck) 28 kW; Kapazitätsbereinigungsfaktor 2,04; Betriebsstunden 6.000 h/a

³ Anschlussleistung (Digitaldruck) 20 kW; Kapazitätsbereinigungsfaktor 1; Betriebsstunden 6.000 h/a

⁴ Auf eine weitergehende Quantifizierung wird an dieser Stelle verzichtet.

Neben der Reduzierung des Energieverbrauchs wurde gleichzeitig eine deutliche Materialeinsparung hinsichtlich des Einsatzes des notwendigen Siebgewebes realisiert.

b. Siebreinigung

Durch den Umstieg auf eine digitale Drucktechnologie konnten die bisher mit der Siebreinigung verbundenen Energieaufwendungen, bezogen auf das gesamte Unternehmen Ritter, vollständig vermieden werden, da bei der Digitaldruckanlage die Siebreinigung entfällt. Parallel zur unmittelbaren Energieeinsparung im Bereich der Siebreinigung (inkl. Redestillation sowie Filtrations- und Ablufttechnik) wurde in entsprechendem Verhältnis auch der Einsatz von Lösungsmitteln reduziert und somit eine weitere Umweltentlastung realisiert. Die Bezugsgrößen wurden wie folgt abgeleitet: Bisher waren bei Ritter neun Anlagen à 13,5 Mio. Kartuschen in Betrieb. Daraus ergibt sich eine Gesamtzahl an jährlich 121,5 Mio. mittels Siebdruck bedruckter Kartuschen. Aktuell werden 27,6 Mio. Kartuschen mittels Digitaldruck bedruckt, somit verbleiben 93,9 Mio. im Siebdruckverfahren zu bedruckende Kartuschen. Der Energiebedarf der Siebreinigung beträgt 34,57 kWh pro Million Kartuschen, die Anlagenlaufzeit acht Jahre. Die in Tabelle 4 dargestellten Werte werden sich zukünftig nochmals verbessern, da das Unternehmen den Kauf weiterer Digitaldruckanlagen anstrebt.

Siebreinigung	Energieeinsparung
Energieverbrauch Siebreinigung p. a. (bezogen auf 121,5 Mio. bedruckte Kartuschen)	4.200 kWh
Energieverbrauch Siebreinigung p. a. (bezogen auf 93,9 Mio. bedruckte Kartuschen)	3.246 kWh
Energieeinsparung (p. a.)	954 kWh
Energieeinsparung (gesamt)	7.632 kWh

Tabelle 4: Vergleich Energieeinsparung Siebreinigung

c. Farbmischstation

Während bisher für jeden Fertigungsauftrag die einzelnen Farben kunden- und auftragsindividuell auf einer Farbmischstation gemischt werden mussten, kann durch die digitale Drucktechnologie (CMYK-Farbsystem) jeder gewünschte Farbton direkt auf der Druckanlage erzeugt werden. Insofern konnte der Energieaufwand im Bereich der Farbmischstation im verhältnismäßigen Umfang reduziert werden. Aufgrund der vergleichsweise untergeordneten Bedeutung wird an dieser Stelle auf eine Quantifizierung der Energieeinspareffekte verzichtet.

4. Reduzierung des Farbauftrages/Reduzierung der Farbverluste

Während beim Siebdruckverfahren ein schichtweiser Aufbau des Druckbildes erfolgt und hierdurch eine vergleichsweise große Farbmenge benötigt wird, kann durch die Inkjet-Technologie (nebeneinander positionierte Farbpunkte) eine deutliche Farbmengeneinsparung erzielt werden.

Parallel zu unmittelbaren Einsparungen im Bereich des Farbauftrags konnte Ritter eine nachhaltige Reduzierung der Farbverluste erreichen. Während die für den Siebdruck benötigten Farben auf einer Farbmischstation kunden- und auftragsindividuell aufbereitet werden (Mindestmischmengen), findet der Aufbau des Druckbilds sowie die farbliche Gestaltung, wie vorstehend bereits ausgeführt, direkt auf der digitalen Druckanlage über die vier eingesetzten Grundfarben (CYMK) statt. Die bisher mit dem Handling der Farbe verbundenen Farbverluste (Farbrückstände in Gebinden, Mischbehälter, Sieben usw.) konnten folglich vollständig vermieden und damit ein weiterer Beitrag zur nachhaltigen Umweltentlastung bzw. dem Ressourcenschutz geleistet werden.

Angesichts der Tatsache, dass gegenwärtig die für einen Fertigungsauftrag benötigten Farbmengen (pro Farbwerk) nur bedingt vorhergesagt werden können, werden stets gewisse Verbrauchspuffer bei der Anmischung der Farben berücksichtigt. Zudem muss das Unternehmen aufgrund verfahrenstechnischer Rahmenbedingungen gewisse Mindestmengen anmischen. Insofern sieht sich Ritter derzeit regelmäßig der Situation gegenüber, dass gewisse Restmengen der angemischten Farbe übrig bleiben, die nach Abschluss des Fertigungsauftrags als Sondermüll entsorgt oder in gewissen Fällen zeitlich begrenzt eingelagert werden (abhängig von Wiederholrhythmus des Fertigungsauftrages sowie Restmenge der Farbe). Auch die mit diesem dargestellten Sachverhalt verbundenen Farbverluste konnten durch die Digitaldrucktechnologie vollständig vermieden werden.

Bezogen auf eine Jahresproduktionsmenge von 27,6 Mio. Kartuschen, die mittels des neuen Digitaldruckverfahrens bedruckt werden, kann somit eine Farbmengenreduzierung von 1.515 kg p. a. erzielt werden, wie nachfolgende Tabelle 5 zeigt.

UV-Farbe	Einsparung
Farbmenge pro Stück inkl. Farbverlusten (Durchschnitt Siebdruck)	0,20 g
Farbmenge pro Stück inkl. Farbverlusten (Durchschnitt Digitaldruck)	0,15 g
Farbmengeneinsparung pro Stück	0,05 g
Produktionsmenge Kartuschen Digitaldruck	27,6 Mio. Stk.
Farbmengeneinsparung (p. a.)	1.515 kg

Tabelle 5: Vergleich Einsparung Farbmenge

Allerdings besteht das Problem, wie im Zwischenbericht und Verwendungsnachweis dieses Projekts ausführlich dokumentiert wurde, dass die applizierte Farbe teilweise gegen Reibung sehr empfindlich ist. Dies führt zu einem qualitativ mangelhaften Druckergebnis, da sich die bedruckten Hohlkörper beim Transport gegenseitig durch Kratzer beschädigen. Bei der Farbaftung und -trocknung (Kratzfestigkeit) konnten zwar durch Anpassungen der Fertigungsparameter Fortschritte realisiert werden, eine vollumfängliche Lösung des Problems wurde jedoch noch nicht gefunden. Diesbezüglich laufen derzeit Weiterentwicklungen bezüglich Farbe und Lack. Zwischenzeitlich wird das Druckbild mit einem Klarlackauftrag an den bedruckten Stellen geschützt. Die Lackmenge beträgt pro Stück 0,15 g, woraus ein zusätzlicher Bedarf von 4.140 kg p. a. entsteht. Dieser Bedarf übersteigt zum aktuellen Zeitpunkt die jährliche Farbmengeneinsparung. Das Unternehmen geht allerdings davon aus, durch weitere Optimierungen und eine gezielte Weiterentwicklung des Lacks diesen Wert senken zu können.

5. Weitere Umweltentlastungen

Parallel zu den vorstehend ausgeführten Einzeleffekten konnten durch die innovative Digitaldrucktechnologie sowie die damit verbundenen Möglichkeiten der Prozessführung weitere Umweltentlastungen erzielt werden, die nachfolgend zusammengefasst werden:

a. Abfallreduzierung (Reinigungsmaterial/Altlacke, Farben, Laugen)

Um bisher eine hohe Druckqualität zu gewährleisten, müssen zahlreiche Einzelkomponenten der Siebdruckanlage regelmäßig mit Reinigungstüchern (Einwegtücher, getränkt mit Lösungsmittel) gesäubert werden. Durch den Umstieg auf die digitale Drucktechnologie entfällt

der hohe Reinigungsaufwand sowie die damit verbundenen Mengen an Sondermüll (Einwegtücher). Darüber hinaus müssen die eingesetzten Siebe nicht mehr entsorgt werden, sodass auch hier eine Reduzierung der Sondermüllmengen erzielt wird. Bezogen auf eine Produktionsmenge von 27,6 Mio. Kartuschen, spart das Unternehmen jährlich betrachtet 12 Tonnen Sondermüll ein. Angesichts einer effizienteren Prozessführung sowie der Reduzierung der Farbverluste konnten weitere ca. 1,8 Tonnen p. a. an Altlacken, Farbresten sowie Laugen eingespart werden.

b. Farbhandling

Durch die Reduzierung der Farbmenge sowie die Anzahl der eingesetzten Grundfarben (bisher 12 Prozessfarben, zahlreiche Sonderfarben, Verschnitt, Härter, Verdünnung, Hilfsstoffe; jetzt vier Grundfarben) können die benötigten Farben in deutlich größeren Gebinden beschafft, leichter gehandhabt und effizienter gelagert werden.

c. Rohstofflogistik

Durch die massive Reduzierung des Materialausschusses sowie die verfahrenstechnische Umstellung auf den Digitaldruck benötigt Ritter zur Herstellung der gleichen Anzahl von Gutteilen deutlich weniger Rohstoffe (Farbe, Kunststoffgranulat, Maschengewebe für Siebe, sonstige Hilfs- und Betriebsstoffe). Allein bezogen auf die Herstellung der Spritzlinge (Kartuschen) können jährlich pro Anlage etwa 161.000 kg Kunststoffgranulat eingespart werden.

d. Flächeneffizienz

Durch die Möglichkeit, mit einer neuen Digitaldruckanlage (benötigte Grundfläche (Anlage und Peripherie) ca. 100 m²) zwei konventionelle Siebdruckanlagen (benötigte Grundfläche jeweils ca. 90 m² = 270 m²) zu ersetzen, konnte die Flächeneffizienz innerhalb der Produktion deutlich verbessert werden. Da bei einer erfolgreichen Projektumsetzung die Ablösung weiterer Siebdruckanlagen angedacht ist, könnten mittelfristig die bisher benötigten Flächen für die Siebherstellung, Siebreinigung, Sieblagerung, Farbmischung sowie Farblagerung zusätzlich eingespart werden. Die nachhaltige Einsparung von Produktionsflächen trägt dazu bei, zukünftige Wachstumspotenziale des Unternehmens ohne den Bau weiterer Produktionshallen zu realisieren.

Zusammenfassung der erzielten Umweltentlastungen

Nachfolgende Tabelle 6 fasst die erzielten Umweltentlastungen nochmals übersichtlich zusammen:

Digitaldruck	Einsparungen
Materialeinsparung HDPE (p. a.)	160.853 kg p.a.
Energieeinsparung Kartuschenfertigung (p. a.)	91.043 kWh
Energieeinsparung Bedruckung (p. a.)	223.447 kWh
Energieeinsparung Siebherstellung (p. a.)	1.778 kWh
Energieeinsparung Siebreinigung (p. a.)	1.244 kWh
Farbmengeneinsparung Ausschussreduzierung (p. a.)	657 kg
Farbmengeneinsparung Digitaldrucktechnologie (p. a.)	1.656 kg
Mehrbedarf Klarlack (p.a)	4.140 kg
Weitere Umweltentlastungseffekte (nicht weitergehend quantifiziert):	
<ul style="list-style-type: none"> • Einsparung Lösungsmittel in Siebreinigung • Reduzierung der Sondermüllmengen (z. B. Farbkuchen/Reinigungstücher) • Reduzierung der Farbverluste • Reduzierung Rohstoffversorgungsfahrten • Verbesserung der Flächeneffizienz 	

Tabelle 6: Zusammenfassung der erzielten Umweltentlastungen

2.4 Umsetzung des Vorhabens

Tabelle 7 zeigt die wesentlichen Meilensteine und die damit verbundenen Arbeitsschritte des Vorhabens. Seit Projektende im August 2016 wird die Anlage in enger Zusammenarbeit mit der Firma Hinterkopf stetig optimiert und weiterentwickelt.

Meilensteine	Zeit
Projektstart	Mai 2015
Bestellung der Anlage	Mai 2015
Lieferung der Anlage (FAT)	Juli 2015
Inbetriebnahme der Anlage (SIT)	Juli 2015
Projektende	August 2016

Tabelle 7: Wesentliche Meilensteine und damit verbundene Arbeitsschritte

2.5 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Die Einrichtung und der Betrieb der Anlage bedürfen keiner behördlichen Genehmigung, Zulassung oder Planfeststellung.

2.6 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Die Maschinensteuerung überträgt und speichert sämtliche Prozess- und Produktdaten automatisiert mittels eines Mikrocontrollers sowie daran angeschlossene Sensortechnik. Über entsprechende Schnittstellen werden die Daten direkt an das ERP-System⁵ des Unternehmens übertragen und können dort automatisiert aufbereitet und ausgewertet werden. Die Verwendung dieser Maschinendaten dient als wesentlicher Faktor zur Qualitätssicherung und Leistungssteigerung der Digitaldruckanlage.

Einige wesentliche von Ritter erfasste Maschinendaten werden nachfolgend aufgezählt:

- Produktionsmenge
- Anzahl Teile bzw. Gutteile
- Auslastung
- Laufzeit
- Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit
- Maschinenzustand (Hauptzeit, Nebenzeit, Störung, Wartung, Instandhaltung)
- Energieverbrauch

Anfang September 2016 wurde die Digitaldruckanlage so weit optimiert, dass durch einen stabilen Druckprozess mittlerweile konstante Werte erzeugt werden können.

⁵ ERP-System: Enterprise-Resource-Planning-System

3 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Die Vorhabensdurchführung verlief weitestgehend wie geplant. Das Projekt konnte mit einem zeitlichen Verzug von sechs Monaten Ende August 2016 erfolgreich abgeschlossen werden. Die längere Projektlaufzeit war bedingt durch zahlreiche auf dem Weg der Umsetzung auftretende Probleme, die von Ritter zusammen mit dem Anlagenbauer Fa. Hinterkopf gelöst werden mussten. Nachfolgend wird die Vorhabensdurchführung kurz zusammengefasst.

Nach Inbetriebnahme der Anlage traten insbesondere mechanische Probleme auf, die vorwiegend auf die Schnittstellen zurückgeführt werden konnten. Ehe die Anlage für Kundenprojekte eingesetzt werden konnte, mussten zunächst umfangreiche Testläufe durchgeführt werden. Darüber hinaus konnten bei den Testläufen Schwierigkeiten hinsichtlich der Farbhaftung und -trocknung identifiziert werden. Erste Lösungsansätze und Ideen bzgl. der relevanten Parameter konnten diesbezüglich bereits erarbeitet werden.

Weiterhin traten vereinzelt Probleme an den Druckköpfen auf. Im Zuge der vergangenen Produktionsläufe konnte festgestellt werden, dass die Düsen an den Druckköpfen während des Druckprozesses zum Teil geschlossen waren. Infolgedessen mussten einige der Druckköpfe ausgetauscht werden, woraus kurzzeitige Stillstände der Anlage resultierten. Das Problem der einzelnen geschlossenen Düsen an den Druckköpfen trat weiterhin auf, bis festgestellt wurde, dass die Köpfe durch Streulicht von den LED-Trocknungslampen beschädigt wurden. Aufgrund dessen wurden einige Streulicht verursachende Bauteile in der Anlage ausgetauscht und schwarz mattiert. Diese Arbeiten haben einige Wochen in Anspruch genommen, sind allerdings erfolgreich verlaufen. Seit dieser Maßnahme und dem Tauschen aller beschädigten Köpfe produziert die Anlage seit etwa Anfang September 2016 stabil.

Nach wie vor besteht auch das Problem, dass die applizierte Farbe teilweise gegen Reibung sehr empfindlich ist. Bei der Farbhaftung und -trocknung (Kratzfestigkeit) konnten zwar durch Anpassungen der Fertigungsparameter Fortschritte erarbeitet werden, eine vollumfängliche Lösung des Problems wurde jedoch noch nicht gefunden. Hier laufen derzeit Weiterentwicklungen bezüglich Farbe und Lack. Zwischenzeitlich wird das Druckbild mit einem Klarlackauftrag geschützt.

In den vergangenen drei Monaten (Stand Mitte Dezember 2016) konnten ausreichend Messdaten erfasst werden, die belegen, dass die Digitaldruckanlage einerseits wie beschrieben funktioniert und andererseits die erhofften Umweltentlastungen ermöglicht (abgesehen von der leider notwendigen Lackschicht).

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Nachfolgende Tabelle 8 stellt die Stoff- und Energiebilanzen des Stands der Technik (Siebdruck) mit der Innovation (Digitaldruck) gegenüber. In den beiden äußeren Spalten (rechts) werden die Plan- und Ist-Werte der Digitaldruckanlage miteinander verglichen. Die Differenz ergibt sich insbesondere aufgrund der niedrigeren erreichten Kapazität, die wiederum durch die Notwendigkeit eines zusätzlichen Klarlackauftrags verbunden ist. Wie bereits geschildert, können die ursprünglich angestrebten Umweltentlastungen realisiert werden, sollte es Ritter gelingen, das Problem der Kratzfestigkeit zu lösen.

	Siebdruck (Ist)	Digitaldruck (Plan)	Digitaldruck (Ist)
Kapazität pro Anlage (p. a.)	13,5 Mio.	36,0 Mio.	27,6 Mio.
Anfahrausschuss (Quote)	10,4 %	0,10 %	0,20 %
Anfahrausschuss (absolut/p. a.)	3,744 Mio.	0,036 Mio.	0,036 Mio.
Druckausschuss (Quote)	3,0 %	0,9 %	0,8 %
Druckausschuss (absolut/p. a.)	0,828 Mio.	0,324 Mio.	0,221 Mio.
Gesamtausschuss (Quote)	13,4 %	1,0 %	1,0 %
Gesamtausschuss (absolut/p. a.)	3,698 Mio.	0,360 Mio.	0,276 Mio.
Farbbedarf pro Kartusche	0,20 g	0,14 g	0,15 g
Lackbedarf pro Kartusche	0,00 g	0,00 g	0,15 g
Farbverluste Ausschuss	739,7 kg	50,0 kg	82,6 kg

Tabelle 8: Stoff- und Energiebilanz (Stand der Technik/Innovation)

3.3 Umweltbilanz

Durch die Umsetzung des Vorhabens können zum aktuellen Zeitpunkt jährlich mindestens 290.000 kg CO₂⁶ eingespart werden (Tabelle 9). Sollten die bestehenden Probleme hinsichtlich der Kratzfestigkeit gelöst werden können, ist aufgrund des Wegfalls der zusätzlichen Lackschicht sowie der Erhöhung der Anlagenausbringungsmenge (Stk./h) eine CO₂-Reduzierung von etwa 390.000 kg CO₂⁷ p. a. pro Digitaldruckanlage realistisch.

⁶ Dieser Wert ergibt sich aus der Addition der in Tabelle 9 (Spalte „Digitaldruck (Ist)“) aufgeführten CO₂-Äquivalente, abzüglich der CO₂-Äquivalente des zusätzlich eingesetzten Lacks.

⁷ Dieser Wert ergibt sich aus der Addition der in Tabelle 9 (Spalte „Digitaldruck (Plan)“) aufgeführten CO₂-Äquivalente.

	Digitaldruck (Ist)	Digitaldruck (Plan)
Materialeinsparung HDPE (p. a.)	160.853 kg p.a.	209.808 kg p.a.
<i>CO₂-Äquivalent</i>	<i>250.931 kg p.a.</i>	<i>327.300 kg p.a.</i>
Energieeinsparung Kartuschenfertigung (p. a.)	91.043 kWh	118.750 kWh
<i>CO₂-Äquivalent</i>	<i>11.926 kg</i>	<i>15.556 kg</i>
Energieeinsparung Bedruckung (p. a.)	223.447 kWh	328.560 kWh
<i>CO₂-Äquivalent</i>	<i>29.271 kg</i>	<i>43041 kg</i>
Energieeinsparung Siebherstellung (p. a.)	1.778 kWh	1.778 kWh
<i>CO₂-Äquivalent</i>	<i>233 kg</i>	<i>233 kg</i>
Energieeinsparung Siebreinigung (p. a.)	1.244 kWh	1.244 kWh
<i>CO₂-Äquivalent</i>	<i>160 kg</i>	<i>160 kg</i>
Farbmengeneinsparung⁸ Ausschuss- reduzierung (p. a.)	657 kg	915 kg
<i>CO₂-Äquivalent</i>	<i>453 kg</i>	<i>631 kg</i>
Farbmengeneinsparung Digitaldruck- technologie (p. a.)	1.656 kg	2.160 kg
<i>CO₂-Äquivalent</i>	<i>1.143 kg</i>	<i>1.490 kg</i>
Lackmehrbedarf⁹ Digitaldruck- technologie (p.a)	4.140 kg	-
<i>CO₂-Äquivalent</i>	<i>2.857 kg</i>	

Tabelle 9: Umweltbilanz

Einsparung von Versorgungsfahrten

Die höhere Qualität des Digitaldruckverfahrens im Vergleich zum konventionellen Siebdruckverfahren führt zu keiner Einsparung von Versorgungsfahrten. Dies liegt darin begründet, dass die Ausbringungsmenge durch die Verkürzung der Stillstandzeiten und der Reduzierung der Ausschussquote erhöht werden konnte. Somit konnten mehr Aufträge angenommen werden, als bislang möglich.

⁸ **Annahme:** 30 % Lösemittelanteil in der Farbe; 1 kg Lösemittel entspricht 2,3 kg CO₂.

⁹ **Annahme:** 30 % Lösemittelanteil im Lack; 1 kg Lösemittel entspricht 2,3 kg CO₂.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Um im Wettbewerb bestehen zu können, müssen ungeachtet des aus energetischer und umweltpolitischer Sicht herausragenden Investitionsvorhabens auch betriebswirtschaftliche Aspekte in der Investitionsplanung und in der Ausführung Berücksichtigung finden.

In den ausgewiesenen, reinen maschinentechnischen Anschaffungskosten bzw. den umweltrelevanten Investitionen für die Umsetzung des Digitaldruckverfahrens von 2.475 TEUR ist zusätzlich die Förderung BMUB-Umweltinnovationsprogramm in Höhe von 496 TEUR berücksichtigt. Nachfolgend ist die Amortisationsrechnung auf Basis der zu erwartenden Kosteneinsparungen für die großtechnische Umsetzung des Digitaldruckverfahrens dargestellt (Tabelle 10). Die Zahlen wurden auf Basis der Projektergebnisse angepasst und unterscheiden sich geringfügig von der ursprünglichen Planung.

Amortisationsrechnung Digitaldruckanlage	Einheit	geplant pro Jahr
Anschaffungskosten	TEUR	2.475
Zuschuss UIP	TEUR	496
Kalkulatorische Nutzungsdauer	Jahre	8
Kalkulatorischer Zins	%	5
Kalkulatorische Abschreibung	TEUR	247
Einsparung Energie	TEUR	47
Einsparung Hilfs- und Betriebsstoffe	TEUR	10
Einsparung Instandhaltung	TEUR	5
Einsparung Material	TEUR	145
Einsparung Sonstiges	TEUR	22
Kapitalkosten	TEUR	248
Jährliche Einsparung vor AfA	TEUR	303
Amortisationszeit	Jahre	8,2

Tabelle 10: Amortisationsrechnung für die Digitaldruckanlage

Die Anschaffungskosten beinhalten alle direkt dem Digitaldruckverfahren zurechenbaren Ausgaben bzw. die umweltrelevanten Investitionen. Zusätzlich wurden nachfolgende Annahmen getroffen:

- sofortige 100 % Auslastung
- keine zeitlichen Verzögerungen bei der Projektumsetzung (keine verfahrenstechnischen Risiken)

Wie bereits zuvor dargestellt, ist bisher keine Anlagentechnologie am Markt verfügbar, mit der die prozesssichere, reproduzierbare Digitalbedruckung von zylindrischen Hohlkörpern aus Kunststoff im großtechnischen Maßstab möglich ist.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die Investition im Vergleich zum Siebdruckverfahren zu Kosteneinsparungen führen wird, da hiermit höhere Kosten für Farbe, Lacke und Anlagentechnik anfallen. Stattdessen gewährleistet unsere Digitaldruckanlage eine deutliche Effektivitätsverbesserung und ermöglicht damit einhergehend die Erschließung neuer Fertigungsmöglichkeiten und Märkte. Die dabei mögliche Energieeinsparung wurde bereits in Abschnitt 3.3 dargelegt. Die resultierende jährliche Energieeinsparung beträgt zum aktuellen Stand 315.700 kWh. Ausgehend von einem Bezugspreis von 0,15 EUR/kWh ergibt sich eine maximale Energiekosteneinsparung von ca. 47 TEUR pro Jahr im Vergleich zum konventionellen Siebdruckverfahren.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Das konventionelle Verfahren der Siebdrucktechnik wurde in Abschnitt 2.2 ausführlich dargelegt und mit dem Digitaldruckverfahren verglichen. Daher sei hier auf den genannten Abschnitt verwiesen.

4 Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Anlage ist mittlerweile vollständig in den Produktionsprozess implementiert und wurde in diesem Zuge mit einer Karton-Kartuschen-Verpackungsanlage der Firma Karl Kirchberg ergänzt. Die angestrebten Produktionsmengen sind somit gut zu bewältigen. In den zurückliegenden Wochen wurden weitere technische Optimierungen an der Anlage durchgeführt, um die Prozessstabilität zu erhöhen und die Qualität am Produkt zu verbessern. Die Produktionsmenge wurde in den zurückliegenden Monaten kontinuierlich und sukzessive gesteigert. Zwischenzeitlich konnten ca. 22 Millionen digital bedruckter Kartuschen hergestellt werden.



Abbildung 10: Hinterkopf Digitaldruckanlage mit den Geschäftsführern Frank und Ralf Ritter

Die dabei erzielten Druckergebnisse sind zufriedenstellend, wenngleich weiterhin Probleme mit der Farbhaftung (Kratzfestigkeit) und den Druckköpfen bestehen. Das Problem der einzelnen geschlossenen Düsen an den Druckköpfen hat sich weiter fortgeführt. Zwischenzeitlich wurde festgestellt, dass die Köpfe durch Streulicht von den LED-Trocknungslampen beschädigt wurden. Aufgrund dessen wurden einige Bauteile (die Streulicht verursachten) in der Anlage ausgetauscht und schwarz mattiert. Diese Arbeiten haben einige Wochen in Anspruch genommen. Seit dieser Maßnahme und dem Tauschen aller beschädigten Köpfe produziert die Anlage stabil.

Wie beschrieben, besteht das Problem, dass die applizierte Farbe teilweise gegen Reibung sehr empfindlich ist. Bei der Farbhaftung und -trocknung (Kratzfestigkeit) konnten zwar durch Anpassungen der Fertigungsparameter Fortschritte erarbeitet werden, eine vollumfängliche Lösung des Problems wurde jedoch noch nicht gefunden. Hier laufen derzeit Weiterentwicklungen bezüglich Farbe und Lack. Zwischenzeitlich wird das Druckbild mit einem Klarlackauftrag an den bedruckten Stellen geschützt. Dies ist in den Darstellungen zur Ergebniserreichung im dritten Kapitel bereits berücksichtigt.

Mit der Überweisung der letzten Abschlagszahlung an den Maschinenlieferanten Hinterkopf GmbH am 31.08.2016 ist das Projekt „Realisierung eines innovativen und umwelttechnisch herausragenden Investitionsvorhabens im Bereich des industriellen Digitaldrucks (Bedruckung von Hohlkörpern)“ erfolgreich umgesetzt und kaufmännisch abgeschlossen. Beflügelt durch die sehr guten Ergebnisse mit der ersten Digitaldruckmaschine wurde mittlerweile eine zweite Anlage bei der Firma Ritter installiert.

4.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit

Wie in den vorstehenden Gliederungspunkten ausgeführt, existiert nach Kenntnisstand des Unternehmens bisher weltweit keine Anlagentechnologie, mit der es gelingt, zylindrische Hohlkörper aus Kunststoff in einem digitalen Druckverfahren prozesssicher, reproduzierbar und wirtschaftlich zu bedrucken. Angesichts der Tatsache, dass zylindrische Hohlkörper jedoch in zahlreichen Anwendungsbereichen (z. B. Verpackungsindustrie, Werbemittelindustrie) eingesetzt werden, besteht branchenübergreifend ein sehr großes Interesse an einer erprobten und auf den großtechnischen Einsatz ausgelegten Anlagen- und Verfahrenstechnologie.

Im Verlauf des Projektes konnte Ritter demonstrieren, dass mit einem digitalen Druckverfahren Kunststoffkartuschen qualitativ hochwertig und in einem industriellen Maßstab bedruckt werden können und somit das energie- und ressourcenintensive Siebdruckverfahren vollständig abgelöst werden kann. Angesichts der Tatsache, dass die Technologie nach Einschätzung des Unternehmens auf die Bedruckung von zylindrischen Hohlkörpern in zahlreichen Anwendungsbereichen übertragen werden kann und sogar auf andere Materialien (z. B. Hohlkörper aus Aluminium, Stahl) adaptierbar ist, ist eine branchenübergreifende Multiplikatorwirkung sichergestellt. Dies belegt zusätzlich der Auftragseingang von Digitaldruckanlagen der Firma Hinterkopf. In den letzten Wochen gingen nach eigener Angabe bislang 20 Anfragen beim Hersteller ein.

5 Zusammenfassung/Summary

5.1 Zusammenfassung

Einleitung

Die Ritter GmbH ist ein mittelständisch geprägtes Familienunternehmen, das in zweiter Generation von Frank und Ralf Ritter geleitet wird. In seiner 50-jährigen Unternehmensgeschichte entwickelte sich das Unternehmen zu einem führenden Hersteller im Bereich der Kunststoff- und Verpackungstechnik. Neben einem modernen Produktionswerk mit einer Produktionsfläche von rund 25.000 m² am Stammsitz in Schwabmünchen verfügt Ritter heute über eine weitere Produktionsstätte im slowenischen Volcja Draga. Mit insgesamt ca. 330 Mitarbeitern konnte ein Jahresumsatz von knapp 65,6 Mio. EUR (2015) erwirtschaftet werden.

Um zylindrische Hohlkörper wie beispielsweise Kunststoffkartuschen zu bedrucken, wird in der gesamten Branche bisher schwerpunktmäßig das Siebdruckverfahren eingesetzt. Das konventionell geprägte Druckverfahren ist aufgrund der verfahrenstechnischen Auslegung jedoch mit zentralen Problemstellungen verbunden, die sich insbesondere in einer hohen Energieintensität sowie hohen Umweltbelastungen widerspiegeln. Daher plante und realisierte Ritter als erstes Unternehmen weltweit den Umstieg vom Siebdruckverfahren auf die Bedruckung zylindrischer Hohlkörper im Digitaldruckverfahren.

Mit diesem Umstieg sind nachfolgende umfangreiche Entlastungen der Umwelt bzw. Verbesserungen der Umweltsituation verbunden:

1. Ausschussreduzierung
2. Maximierung der Energieeffizienz durch modernes Anlagenkonzept sowie die Erhöhung der Produktivität
3. Verzicht auf energie- und ressourcenintensive Prozessstufen
4. Reduzierung des Farbauftrages/Reduzierung der Farbverluste

Vorhabenumsetzung

Ziel des Vorhabens war die erstmalige Umstellung vom Siebdruck- auf das Digitaldruckverfahren im Bereich der Bedruckung zylindrischer Hohlkörper zur Realisierung der oben genannten Umweltentlastungen. Zusammen mit dem Anlagenlieferant Hinterkopf GmbH erfolgte mit der Implementierung der Digitaldruckanlage die erstmalige großtechnische Umsetzung des Innovationsvorhabens.

Bei der Umsetzung des Vorhabens traten folgende Probleme auf, die gelöst werden mussten bzw. zum Teil noch bearbeitet werden:

Druckköpfe. Im Zuge der durchgeführten Produktionsläufe wurde festgestellt, dass die Düsen an den Druckköpfen während des Druckprozesses zum Teil geschlossen waren. Infolgedessen mussten einige der Druckköpfe ausgetauscht werden, woraus kurzzeitige Stillstände der Anlage resultierten. Das Problem der einzelnen geschlossenen Düsen an den Druckköpfen hat sich weiter fortgeführt, bis festgestellt wurde, dass die Köpfe durch Streulicht von den LED-Trocknungslampen beschädigt wurden. Aufgrund dessen wurden einige Streulicht verursachende Bauteile in der Anlage ausgetauscht und schwarz mattiert. Diese Arbeiten haben einige Wochen in Anspruch genommen, sind allerdings erfolgreich verlaufen.

Kratzfestigkeit. Nach wie vor besteht auch das Problem, dass die applizierte Farbe teilweise gegen Reibung sehr empfindlich ist. Bei der Farbhaftung und -trocknung konnten zwar durch Anpassungen der Fertigungsparameter Fortschritte erarbeitet werden, eine vollumfängliche Lösung des Problems wurde jedoch noch nicht gefunden. Hier laufen derzeit Weiterentwicklungen bezüglich Farbe und Lack. Zwischenzeitlich wird das Druckbild mit einem Klarlackauftrag geschützt.

Ergebnisse

Die Vorhabensdurchführung verlief weitestgehend wie geplant. Das Projekt konnte, beginnend im Oktober 2015, mit einem zeitlichen Verzug von sechs Monaten Ende August 2016 erfolgreich abgeschlossen werden. Die längere Projektlaufzeit war bedingt durch zahlreiche auf dem Weg der Umsetzung auftretenden Probleme, die von Ritter zusammen mit dem Anlagenbauer Hinterkopf gelöst werden mussten.

Umweltentlastungen. Nachfolgende Tabelle 11 fasst die realisierten Einsparungen zusammen:

Digitaldruck	Einsparungen
Materialeinsparung HDPE (p. a.)	160.853 kg p.a.
Energieeinsparung Kartuschenfertigung (p. a)	91.043 kWh
Energieeinsparung Bedruckung (p. a)	223.447 kWh
Energieeinsparung Siebherstellung (p. a.)	1.778 kWh
Energieeinsparung Siebreinigung (p. a.)	1.244 kWh
Farbmengeneinsparung Ausschussreduzierung (p. a.)	657 kg
Farbmengeneinsparung Digitaldrucktechnologie (p. a.)	1.656 kg
Lackmehrbedarf (p.a)	4.140 kg

Tabelle 11: Zusammenfassung der realisierten Einsparungen

Außerdem konnten weitere Umweltentlastungseffekte realisiert werden, die allerdings im Rahmen der Projektumsetzung nicht quantifiziert wurden:

- Einsparung Lösungsmittel in Siebreinigung
- Reduzierung der Sondermüllmengen (z. B. Farbkuchen/Reinigungstücher)
- Reduzierung der Farbverluste
- Reduzierung Rohstoffversorgungsfahrten
- Verbesserung der Flächeneffizienz

Wirtschaftlichkeit. Durch eine jährlich Einsparung von 303 TEUR (vor AfA) durch die in obiger Tabelle genannten Effekte beträgt die Amortisationszeit 8,2 Jahre. Durch eine weitere Erhöhung der Anlagenleistung im Rahmen der sich an das Projektende anschließende Optimierung kann eine verkürzte Amortisationszeit erreicht werden, um so eine wirtschaftlich sinnvolle Anwendung zu gewährleisten.

Ausblick

Nach Kenntnisstand der Firma Ritter existiert bislang weltweit keine Anlagentechnologie, mit der es gelingt, zylindrische Hohlkörper aus Kunststoff in einem digitalen Druckverfahren prozesssicher, reproduzierbar und wirtschaftlich zu bedrucken. Angesichts der Tatsache, dass zylindrische Hohlkörper jedoch in zahlreichen Anwendungsbereichen (z. B. Verpackungsindustrie, Werbemittelindustrie) eingesetzt werden, besteht branchenübergreifend ein sehr großes Interesse an einer erprobten und auf den großtechnischen Einsatz ausgelegten Anlagen- und Verfahrenstechnologie.

Im Verlauf des Projektes konnte Ritter demonstrieren, dass mit einem digitalen Druckverfahren Kunststoffkartuschen qualitativ hochwertig und in einem industriellen Maßstab bedruckt werden können und somit das energie- und ressourcenintensive Siebdruckverfahren vollständig abgelöst werden kann. Angesichts der Tatsache, dass die Technologie nach Einschätzung des Unternehmens auf die Bedruckung von zylindrischen Hohlkörpern in zahlreichen Anwendungsbereichen übertragen werden kann und sogar auf andere Materialien (z. B. Hohlkörper aus Aluminium, Stahl) adaptierbar ist, ist eine branchenübergreifende Multiplikatorwirkung sichergestellt. Dies belegt zusätzlich der Auftragseingang von Digitaldruckanlagen der Firma Hinterkopf. In den letzten Wochen gingen nach eigener Angabe bislang 20 Anfragen beim Hersteller ein.

5.2 Summary

Introduction

Ritter GmbH is a medium-sized family business run in the second generation by Frank and Ralf Ritter. In its 50 years of company history, Ritter has developed into a leading manufacturer in the field of plastic and packaging technology. In addition to a modern production plant with a production area of around 25,000 m² at the headquarters in Schwabmünchen, Ritter now has a further production facility in the Slovenian Volcja Draga. With a total of approx. 330 employees, the company generated an annual turnover of almost EUR 65.6 million (2015).

In order to print cylindrical hollow bodies such as, for example, plastic cartridges, the screen printing process has hitherto been used extensively in the entire industry. However, due to the process technology, the screen printing process is associated with central problems, particularly with high energy intensity as well as high environmental impacts. Ritter was the first company in the world who realised the change from the screen printing process to the digital printing process in the field of printing of cylindrical hollow bodies.

With this change, the following contributions towards environmental relief and protection of resources could be realised:

1. Waste Reduction
2. Maximizing energy efficiency through modern plant design and increased productivity
3. Renounce of energy-intensive and resource-intensive process steps
4. Reduction of the ink application and reduction of color losses

Project implementation

In cooperation with the plant supplier Hinterkopf GmbH, we could realise the first large-scale implementation of the digital printing system in the field of printing on cylindrical hollow bodies. By doing so, Ritter now is able to realise the environmental potential of this technology.

In the implementation process, the following problems arose, which had to be solved or partly still are to be solved:

Printheads. In the first production tests we found out that the nozzles on the printheads got partially blocked during the printing process. As a result, some of the printheads had to be replaced, causing short-term shutdowns of the digital printing plant. This problem persisted until we found out that the printheads were damaged by stray light from the LED drying lamps. Consequently, some components causing stray light were exchanged and matted in black. This work took several weeks and then turned out to be a success.

Scratch resistance. Ritter still has the problem that the applied color is partly sensitive to friction. The ink adhesion and drying process could be improved by adapting the production parameters, but a complete solution to the problem has not been found yet. Currently Ritter is in the process of optimizing our colors and varnishes in order to achieve a scratchproof printing result. In the meantime, the print image is protected with a clear varnish coating.

Project results

The implementation of the digital printing process ran largely as planned. The project, beginning in October 2015, was successfully completed with a delay of six months at the end of August 2016 due to numerous problems occurring during the implementation. These problems had to be solved by engineers of Ritter and Hinterkopf.

Environmental protection. The following Tabelle 12 summarizes the savings realized:

Digital printing process	Savings
Material saving HDPE (p. a.)	160.853 kg p.a.
Energy saving cartridge production (p. a.)	91.043 kWh
Energy saving printing (p. a.)	223.447 kWh
Energy saving screen production (p. a.)	1.778 kWh
Energy saving screen cleaning (p. a.)	1.244 kWh
Color savings committee reduction (p. a.)	657 kg
Color savings digital printing technology (p. a.)	1.656 kg
Additional requirements varnish (p.a)	4.140 kg

Tabelle 12: Summarization of realized savings

Prospects

As far as Ritter knows, there is no technology available that can be used to print cylindrical hollow bodies in a process-safe, reproducible and economical manner by using a digital printing process. However, in view of the fact that cylindrical hollow bodies are used in numerous fields of application, there is wide-spread interest in a tried-and-tested plant and process technology designed for large-scale use.

Ritter was able to demonstrate that plastic cartridges can be printed in high quality on an industrial scale using digital printing. Thus the energy-intensive and resource-intensive screen printing process could be completely replaced. The digital printing technology can be applied to the printing of cylindrical hollow bodies in numerous fields of application and can even be adapted to other materials (e. g. hollow bodies made of aluminum, steel etc.). The mentioned multiplier effect also is proved by Hinterkopf's additional order inflow. In recent weeks, according to own data, 20 enquiries have been received.

6 Literatur

Für die Erstellung des vorliegenden Abschlussberichts wurden ausschließlich eigene Daten und Aufzeichnungen der Firma Ritter verwendet.