

Abschlussbericht

Entwicklung einer energie- und ressourceneffizienten, kompakten, modularen Verpackungsdruckmaschine

DBU-Aktenzeichen: 25045



ISIMAT GmbH Siebdruckmaschinen

Rindelbacher Strasse 38 - 40
D-73479 Ellwangen

GERMANY

fon +49 7961 886-0
fax +49 7961 886-44

info@isimat.de www.isimat.de

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	25045	Referat	22	Fördersumme	218.850,- €
Antragstitel	Entwicklung einer energie- und ressourceneffizienten, kompakten, modularen Verpackungsdruckmaschine				
Stichworte	Druckmaschinentechnik				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
24,5 Monate	13.11.2007	30.11.2009	1		
Zwischenberichte:	16.06.2008	12.12.2008	12.06.2009		
Bewilligungsempfänger	ISIMAT GmbH Siebdruckmaschinen Rindelbacher Straße 38-40 73479 Ellwangen			Tel	07961/ 886-0
				Fax	07961/ 886-44
				Projektleitung Peter Detzner (Geschäftsführer)	
				Bearbeiter Klaus Baumgärtner	
Kooperationspartner	-				

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens war Entwicklung einer energie- und ressourceneffizienten, kompakten, modularen Druckmaschine mit Siebdruck-, Flexodruck-, Heißpräge- und Digitaldruckeinheiten zur Dekoration von hochwertigen Tuben-, Kartuschen- und Aerosoldosen-Verpackungen. Die neue Hybrid-Druckmaschine kann die Vorteile der Kombination von Dekorationsverfahren ähnlich wie im Etikettendruck ausnutzen, ohne die Nachteile des Einsatzes mehrerer Maschinen in Kauf zu nehmen. Im Verlauf des Projektes sollte zunächst ein Prototyp der modularen Druckmaschine erstellt und dieser in der Folge bei einem Pilotkunden erprobt werden.

Aufgrund der vielseitigen Verwendbarkeit sieht ISIMAT ein immenses Absatzpotenzial weltweit für die Innovation. Als Absatzmärkte dafür kommen sowohl die Kosmetikindustrie, als auch die pharmazeutische Industrie, die Lebensmittelindustrie sowie die Hersteller von Haushaltsprodukten aller Art in Frage.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Bei der Umsetzung der Arbeitsergebnisse wurden nach dem antragsgemäßen Arbeitsplan vorgegangen. Der Prozess der methodischen Entwicklung war gegliedert in die Phasen:

- Konzeption der Mechanik
- Konzeption der Antriebstechnik
- Entwicklung, Bau, Test und Redesign einer Flexodruckeinheit
- Entwicklung, Bau, Test und Redesign einer Siebdruckeinheit
- Entwicklung, Bau, Test und Redesign einer Digitaldruckeinheit
- Entwicklung, Bau, Test und Redesign einer Heißprägeeinheit
- Entwicklung und Montage einer prototypischen Hybriddruckmaschine für Plastiktuben,
- Probetrieb und Redesign bei einem Pilotkunden

Die Inhalte und Ergebnisse der Phasen sind im Projektabschlussbericht dargestellt. Die Bearbeitung des Projektes erfolgte durch ein Projektteam, das interdisziplinär aus Mitarbeitern der am Prozess beteiligten Fachabteilungen zusammengesetzt war. Die Terminplanung und -steuerung erfolgte unter Anwendung der üblichen Methoden des Projektmanagements.

Ergebnisse und Diskussion

Das Projektziel, eine energieeffiziente, kompakte, flexible und modular aufgebaute Druckmaschine zur Dekoration von hochwertigen Kunststofftuben wurde erreicht. Den Erfolg dieses Konzeptes belegen eindrucksvoll das hohe Kundeninteresse und der erfolgreiche Verkauf von 3 Maschinen innerhalb sehr kurzer Zeit.

Im Einzelnen wurden folgende Ergebnisse erreicht:

- Hohe Dekorationsflexibilität und -qualität durch Kombination verschiedener Druck- und Dekorationsverfahren: Austauschbarkeit und beliebige Kombination der Dekorationsverfahren UV-Flexodruck, Siebdruck und UV-Lackierung.
- Reduktion der Investitionskosten um über 50 % durch kompakte, modulare Maschinenkonstruktion (1 Maschine statt wie heute Kombination von 3 oder 4 Maschinen in Linie). Die im Projekt entwickelte Maschine erfordert einen Investitionsbedarf von ca. 1,3 Mio. €. Eine vergleichbare Dekorationslinie bestehend aus Offset- und Siebdruckmaschine, Lackiermaschine, Zwischenspeicher und Verbindungstransporten kostet ca. 3,0 Mio. €.
- Hohe Produktivität durch Steigerung der Maschinenleistung (von 90 Tuben/min auf 120 Tuben /min), Reduzierung der Rüstzeiten durch Automation und Servo-Antriebstechnik (von heute 4 Stunden bei Offsetmaschinen auf 1 Stunde). Das Ziel einer Ausschussquote unter 1 % konnte noch nicht nachgewiesen werden.

Hohe Druckgenauigkeit: In umfangreichen Testreihen konnte die hohe Druck- und Passergenauigkeit der Maschine nachgewiesen werden. Mit der Maschine ist es erstmalig möglich, photorealistische Bilder direkt auf Kunststofftuben zu drucken.

- Die geplante Integration einer Digitaldruckeinheit konnte aufgrund technologischer Schwierigkeiten mit den Farben nicht umgesetzt werden. Hier sind weitere Entwicklungsarbeiten erforderlich, um das Digitaldruckverfahren auch zur Bedruckung dreidimensionaler Körper einsetzen zu können.

Folgende umweltrelevanten Ziele wurden mit dieser Entwicklung erreicht:

- Einsparungen an Ressourcen durch kompakte Bauweise (1 Maschine anstatt Kombination von 3 oder 4 Maschinen), geringere Makulatur beim Umrüsten, Energieeinsparung durch Vermeidung von Heißlufttrocknern und Ketten-transportsystemen, geringere Anzahl von Antrieben
- Umweltverträglichkeit durch Einsatz reiner UV-Technologie, d. h. völlige Vermeidung von VOC-Emissionen
- Energieeinsparung durch Reduzierung der Anzahl der Antriebe im Gesamtsystem
- Energieeinsparung durch Einsatz von VOC-freien UV-Farben und UV-Lacken anstelle von Lösungsmittelfarben bzw. -lacken. Dadurch können energieintensive Heißluftöfen durch sparsame UV-Trockner ersetzt werden.
- Vermeidung von zusätzlichem Materialverbrauch (Kunststoffetiketten) durch Direktbedruckung anstatt Etiketten-Beklebung
- Vermeidung von VOC-haltigen Etiketten-Haftklebern

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die neue Hybriddruckmaschine wurde von ISIMAT auf vielerlei Weisen beworben und einer breiten Öffentlichkeit präsentiert. Die erfolgten Werbe- und PR-Maßnahmen zur Markteinführung sind unter Punkt 3.8 des Abschlussberichts ausführlich dargestellt.

Besonders hervorzuheben ist eine dreitägige Markteinführungsfeier im November 2009, zu der Tubenhersteller aus 13 Ländern und 4 Kontinenten nach Ellwangen kamen.

Fazit

Die durch die DBU maßgeblich geförderte Entwicklung einer energie- und ressourceneffizienten Verpackungsdruckmaschine für Kunststofftuben war sehr erfolgreich.

Die wesentlichen Projektziele bezüglich einer hohen Druckqualität, Produktionsflexibilität, Kosteneinsparung sowie Energie- und Materialeinsparung wurden erreicht.

Die Ergebnisse konnten durch umfangreiche Tests der Prototyp-Anlage nachgewiesen werden.

Die erfolgreiche Präsentation der Maschine im Rahmen einer Veranstaltung zur Markteinführung, das große Interesse des Marktes an dieser Maschine und nicht zuletzt die Verkaufserfolge der letzten Monate beweisen die Richtigkeit des Maschinenkonzepts und die Bedeutung der Entwicklung für die gesamte Branche. Es ist zu erwarten, dass die Ergebnisse und das Maschinenkonzept auf andere Bereiche des Verpackungsdrucks angewandt werden können.

Eine zusätzliche deutliche Reduktion des Energieverbrauchs bei der Farbtrocknung kann durch den Ersatz herkömmlicher Quecksilberdampf-UV-Strahler durch LED-Einheiten erreicht werden. Die Entwicklung geeigneter LED-Einheiten sowie dafür adaptierter Farbsysteme könnte ein Thema eines nächsten Entwicklungsschritts sein.

I. INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	11
2	Einleitung.....	12
2.1	Ausgangssituation.....	12
2.1.1	Markt für Kunststofftuben	12
2.1.2	Dekorationsverfahren von Kunststofftuben	13
2.1.3	Dekorationstechnologie von Kunststofftuben	15
2.2	Zielsetzung.....	15
2.2.1	Zielstellung.....	16
2.2.2	Projektziele.....	17
2.2.3	Wirtschaftliche Ziele	17
2.3	Aufgabenstellung	18
3	Hauptteil.....	21
3.1	Entwicklung einer Flexodruckeinheit.....	21
3.2	Re-Design der Flexodruckeinheit	26
3.3	Entwicklung einer Siebdruckeinheit.....	27
3.4	Entwicklung einer Digitaldruckeinheit.....	28
3.5	Entwicklung einer Prägeeinheit.....	29
3.6	Entwicklung eines Prototyps der Hybridmaschine.....	30
3.6.1	Projektergebnisse	35
3.7	Umweltrelevanz.....	38
3.7.1	Einsparung von Ressourcen	39
3.7.2	Energieeinsparung.....	40
3.7.3	Zusammenfassung der Umweltentlastungen	41
3.8	Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabens-ergebnisse	42
4	Fazit.....	44
5	Literaturverzeichnis	45

II. VERZEICHNIS DER BILDER, ZEICHNUNGEN, GRAFIKEN

Abbildung 3-1: Flexodruckwerk	21
Abbildung 3-2: Flexodruckwerk für Tuben (schematische Darstellung).....	22
Abbildung 3-3: Höhengschlag an Aufnahmedorn durch einseitige Lagerung.....	23
Abbildung 3-4: Höhengschlag: an Dornspitze größer als an Dornlagerung.....	23
Abbildung 3-5: Kompensation des Höhengschlags durch Nachführung des Flexodruckwerks.....	24
Abbildung 3-6: schematische 3D-Darstellung der Flexodruckeinheit	25
Abbildung 3-7: Modell der Flexodruckstation	26
Abbildung 3-8: Re-Design der Flexodruckeinheit.....	26
Abbildung 3-9: modulare Siebdruckeinheit mit Servoantrieben	27
Abbildung 3-10: Inkjet-Druckkopf von Teststand	28
Abbildung 3-11: Testdruck auf Tube im Digitaldruck	28
Abbildung 3-12: modulare Prägeeinheit.....	29
Abbildung 3-13: Beispielkonfiguration Hybridmaschine TH 8130	31
Abbildung 3-14: Hybridmaschine TH 8130.....	32
Abbildung 3-15: leere Druckstation	32
Abbildung 3-16: Druckstation mit Flexodruckwerk	33
Abbildung 3-17: Druckstation mit Siebdruckwerk.....	33
Abbildung 3-18: Lackiereinheit.....	33
Abbildung 3-19: Modulwagen.....	34
Abbildung 3-20: Modulregal	34
Abbildung 3-21: Musterdrucke auf Kunststofftuben 1	36
Abbildung 3-22: Musterdrucke auf Kunststofftuben 2	36
Abbildung 3-23: Beispiel der Maschinenfähigkeitsuntersuchung: Passer Farbe 2 (Flexo 1) zu Farbe 3 (Flexo 2)	37
Abbildung 3-24: Platzverbrauch einer Dekorationslinie	39
Abbildung 3-25: Platzbedarf Hybridmaschine	39

III. VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tabelle 2-1: Aufgabenstellung.....	20
Tabelle 3-1: Zusammenfassung der Umweltentlastungen.....	41
Tabelle 3-2: Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse	43

IV. VERZEICHNIS DER BEGRIFFE UND ABKÜRZUNGEN

Begriff	
Capping	Auf die Kunststofftuben werden Deckel aufgeschraubt.
extrudieren, Extrusion	Bei der Extrusion (von lateinisch extrudere = hinausstoßen, -treiben) werden Kunststoffe oder andere zähflüssige härtbare Materialien in einem kontinuierlichen Verfahren durch eine Düse gepresst.

Abkürzung	
FuE	Forschung und Entwicklung
LED	Light Emitting Diode (Leuchtdiode)
PE	Polyethylen
POS	point of sale (Verkaufsort)
UV	Ultraviolett
VOC	volatile organic compound (Flüchtige organische Verbindungen)

1 Zusammenfassung

Der Abschlussbericht dieses von der DBU geförderten Projekts beschreibt die Konzeption, Entwicklung und Realisierung einer energie- und ressourceneffizienten Verpackungsdruckmaschine für Kunststofftuben.

Extrudierte Kunststofftuben werden zur Verpackung von Kosmetikartikeln (Salben, Gels, Shampoo, Seifen etc.), pharmazeutischen Produkten sowie von Lebensmitteln eingesetzt.

In den letzten Jahren ist der Anteil der im Siebdruck dekorierten Tuben stark gewachsen und die Kosmetikbranche bevorzugt dieses Verfahren gegenüber anderen Druckverfahren wie z.B. dem indirekten Hochdruck. Allerdings gibt es häufig Dekorationen mit hoch auflösender Grafik und Farbverläufen (hell-dunkel), die im Siebdruck nicht oder nur bedingt realisiert werden können. Aus diesem Grund werden häufig mehrere Druckmethoden kombiniert, was allerdings den Einsatz verschiedener Maschinen erfordert, die entweder in Linie oder separat aufgestellt werden. Diese Methode verursacht hohe Investitionskosten und ist sehr material- und energieaufwändig.

Im Rahmen dieses Projekts wurde eine Druckmaschine entwickelt und erfolgreich im Markt platziert, die die Vorteile verschiedener Druckverfahren in einer Maschine vereint.

Es wurden zunächst Prototypen der verschiedenen Druckmodule (Siebdruck, Flexodruck, Digitaldruck, Heißprägen) entwickelt, gefertigt und getestet. Im Anschluss wurde eine komplette Prototypanlage entwickelt, die diese Druckeinheiten zu einer Produktionsanlage verbindet.

Mit Hilfe dieser Prototyp-Anlage wurde nachgewiesen, dass

- eine hohe Dekorationsflexibilität und -qualität durch Kombination verschiedener Druck- und Dekorationsverfahren erreicht wird.
- die Investitionskosten im Vergleich zu der bestehenden Technologie der Verkettung mehrerer Maschinen um über 50 % gesenkt werden können.
- durch die kompakte, modulare Bauweise die Rüstzeiten um bis zu 50 % gesenkt werden können.
- der Platzbedarf der Anlage um 62,5 % gesenkt werden konnte.
- der Materialverbrauch durch Ausschuss beim Einrichten und Anfahren um ca. 2.000 kg PE verringert werden kann.
- eine Energieeinsparung durch geringere Anzahl von Antrieben um über 50 % erreicht wird.
- bei Einsatz von LED-UV-Trocknern eine zusätzliche Reduktion des Energieverbrauchs für die Trocknung um 90 % möglich ist (wurde im Projekt nicht realisiert).
- der Einsatz von VOC-freien UV-Farben und UV-Lacken anstelle von Lösungsmittelfarben bzw. -lacken den Einsatz von energieintensiven Heißluftöfen verhindert.

2 Einleitung

2.1 Ausgangssituation

2.1.1 Markt für Kunststofftuben

Die ISIMAT GmbH ist ein Hersteller von Druckmaschinen unter anderem für Kunststofftuben. Flexible Kunststofftuben (extrudierte PE-Tuben) werden als Verpackungsmittel eingesetzt für:

- Kosmetikprodukte (Salben, Shampoo, Gel etc.)
- Pharmazeutische Produkte
- Lebensmittel
- Haushaltsprodukte (Klebstoff, Schuhcreme etc.)

Sie stehen im Wettbewerb mit Aluminiumtuben (Pharmazie), Laminattuben (Zahnpasta, teilweise Kosmetik) und Kunststoffflaschen.

Die Vorteile von Kunststofftuben gegenüber alternativen Verpackungen sind:

- Geringes Gewicht
- Günstiges Material-Volumenverhältnis (d.h. Materialeinsparung gegenüber Kunststoffflaschen)
- Einfache Handhabung (flexibel, einfach zu öffnen mit Schraub- oder Klappverschluss)
- Produktsicherheit (geringes Verschmutzungsrisiko, undurchlässig, unzerbrechlich)
- Kostengünstig
- Attraktives Design möglich
- Benötigt keine Umverpackung für Transport und Verkauf

Im Moment werden ca. 6 Mrd. Kunststofftuben jährlich produziert. Die wichtigsten Märkte sind Westeuropa, Nordamerika und Japan. Die Märkte wachsen z. T. kräftig aufgrund der oben genannten Vorteile gegenüber anderen Verpackungsformen und aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklung in Schwellenländern (Ostblock, Südost-Asien) und der damit verbundenen wachsenden Nachfrage an hochwertigen Kosmetik-Markenartikeln.

2.1.2 Dekorationsverfahren von Kunststoffuben

Die Dekoration der Tube ist eines der wichtigsten Marketinginstrumente, da die Entscheidung für ein Produkt in der Regel erst am POS, d.h. am Verkaufsregal fällt. Die Differenzierung des Produkts von Wettbewerbsprodukten wird im Wesentlichen durch die Dekoration erreicht.

Folgende Dekorationsverfahren werden heute angewandt:

a) Offsetdruck

eigentlich indirekter Buchdruck; bis vor wenigen Jahren das Standarddruckverfahren

Nachteile:

- geringe Farbdeckung wegen des dünnen Farbauftrags
- nicht geeignet für farbige und transparente Tuben
- relativ lange Maschinenumrüstzeiten
- begrenzte Druckqualität, da Farben "nass-in-nass" gedruckt werden
- "re-inking"-Problem vom Farbwerk auf das Gummituch (Verschleppung und damit Verschmutzung von Farbe in andere Druckwerke)

Vorteile:

- kostengünstig (hohe Maschinenleistung möglich)
- hohe Auflösung möglich (für Rasterdrucke und Farbverläufe)

b) Siebdruck

erst seit ca. 10 Jahren von Bedeutung im Tubenmarkt (durch ISIMAT-Entwicklung), stark wachsender Marktanteil

Nachteile:

- Technologische Begrenzung der Auflösung (Punktgröße). Dadurch sind nur begrenzt hoch auflösende Rasterdrucke und Farbverläufe möglich
- Etwas teurer als Offsetdruck (i.d.R. geringere Maschinenleistung)

Vorteile:

- Hohe Farbdeckung und Brillanz
- Sehr gut geeignet für transparente Tuben und farbige Tuben
- Kurze Umrüstzeiten
- Jede Farbe wird zwischengetrocknet, hohe Druckqualität

c) Heißprägen

Aufbringen einer glänzenden metallisierten Folie (Gold- oder Silberfolie, Hologramme)

Nachteil:

- Geringe Maschinenleistung
- Hohe Produktionskosten

Vorteil:

- Hohe Brillanz der Glanzfolien, bisher gibt es nur begrenzt Ersatz für Gold- und Silberdrucke durch Druckfarben

d) Etiketten

Indirektes Dekorationsverfahren. Die meistens transparenten Kunststoffetiketten werden separat hergestellt und mit verschiedenen Verfahren bedruckt:

Offset-, Sieb-, Flexodruck, Heißprägen

Vorteile:

- Aufgrund der einfachen Handhabbarkeit der Folie kann diese mit verschiedenen Druckverfahren relativ kostengünstig in einer Maschine bedruckt werden
- Einfache Applikation der Etiketten auf die Tuben mit Etikettiermaschine

Nachteile:

- Ablösprobleme von Etiketten (z.B. bei hoher Luftfeuchtigkeit)
- Etiketten gelten als weniger attraktiv (widerspricht dem hochwertigen Image der Kosmetiktuben)
- Hohe Gesamtkosten, allerdings stehen Etiketten stark unter Preisdruck
- Logistikprobleme (Lagerhaltung der Etiketten und Nachbestellung bei Folgeauftrag schwierig)

2.1.3 Dekorationstechnologie von Kunststofftuben

Kunststofftuben werden mit allen genannten Verfahren dekoriert wobei diese Verfahren sowohl einzeln als auch in Kombinationen eingesetzt werden, d.h. z.B. Offsetdruck mit Siebdruck und Heißprägen kombiniert.

Es gibt einen klaren Trend zur Kombination von Druckverfahren aufgrund der wachsenden Notwendigkeit der Differenzierung vom Wettbewerb (gesättigte Märkte) sowie der Konkurrenz durch Etiketten, bei denen verschiedene Druckverfahren kombiniert zum Einsatz kommen

Hierbei verfolgen die Hersteller im Wesentlichen 2 Methoden:

a) in-line Produktion

Verschiedene Druckmaschinen (Offsetmaschine, Siebdruckmaschine, Prägemaschine, Lackiermaschine) und z. T. andere Maschinen zur Tubenherstellung und -endbearbeitung (Capping) werden in einer Produktionslinie aufgestellt und über Stäbchenketten mit Speichern verbunden.

Dieses Verfahren ist kapitalintensiv und hoch automatisiert. Die Anlagen sind sehr energieintensiv (Zwischentrockner, Transportsysteme) und haben einen hohen Platzbedarf.

Diese Produktionstechnologie erfordert relativ große Auftragslosgrößen (100.000 bis 1 Mio. Tuben pro Auftrag).

b) off-line Produktion

Die verschiedenen Druckmaschinen werden nicht verbunden sondern einzeln bestückt, z. T. per Hand und z. T. über automatische Sortierer und Zuführungen.

Dieses Verfahren ist flexibler, weniger kapitalintensiv aber sehr lohnintensiv. Es wird i. d. R. von Produzenten eingesetzt, die geringere Auftragsgrößen verarbeiten.

Beide Verfahren stoßen an ihre Grenzen in einem Markt der von sinkenden Losgrößen (geringe Lagerhaltung der Abnehmer) und fallenden Tubenpreisen gekennzeichnet ist.

2.2 Zielsetzung

In den letzten Jahren ist der Anteil der im Siebdruck dekorierten Tuben stark gewachsen und die Endkunden (Kosmetikbranche) bevorzugen dieses Verfahren gegenüber dem Offsetdruck (u. a. wegen höherer Deckkraft und Brillanz der Farben, die eine höhere Wertigkeit des Produkts vermitteln). Allerdings gibt es häufig Dekorationen mit hochauflösender Graphik und Farbverläufen (hell-dunkel), die einen Offsetdruck erforderlich machen. Aus diesem Grund werden häufig diese Druckmethoden kombiniert, allerdings durch den Einsatz verschiedener Maschinen von verschiedenen Herstellern. Sowohl im in-line- als auch im off-line-Verfahren ist diese Methode kosten-, material- und energieaufwändig.

Im eigenen Haus und unterstützt von Anfragen zweier führenden Tubenhersteller entstand die Idee, verschiedene Druckverfahren in einer einzigen Maschine zu kombinieren. Ziel des nachfolgend dargestellten FuE-Vorhabens von ISIMAT ist die Entwicklung einer energie- und ressourceneffizienten, kompakten, modularen Druckmaschine mit Siebdruck-, Flexodruck-, Heißpräge- und Digitaldruckeinheiten zur Dekoration von hochwertigen Tuben-, Kartuschen- und Aerosoldosen-Verpackungen. Diese Maschine würde die Vorteile der Kombination von Dekorationsverfahren ähnlich wie im Etikettendruck ausnutzen ohne die Nachteile des Einsatzes mehrerer Maschinen in Kauf zu nehmen.

Im Verlaufe des Projektes soll zunächst ein Prototyp der modularen Druckmaschine erstellt und dieser in der Folge bei einem Pilotkunden erprobt werden. Aufgrund der vielseitigen Verwendbarkeit sieht ISIMAT weltweit ein immenses Absatzpotenzial für die neue Verpackungsdruckmaschine. Als Absatzmärkte dafür kommen sowohl die Kosmetikindustrie, als auch die pharmazeutische Industrie, die Lebensmittelindustrie sowie die Hersteller von Haushaltsprodukten aller Art in Frage.

Umweltentlastungen ergeben sich durch:

- Einsparungen an Ressourcen (1 Maschine anstatt der Kombination von 3 oder 4 Maschinen in einer Linie),
- eine geringere Makulatur beim Umrüsten, dadurch Einsparung von Tubenmaterial (PE)
- Energieeinsparung durch Vermeidung von Heißlufttrocknern und Kettentransportsystemen, geringere Anzahl von Antrieben
- Einsatz reiner UV-Technologie zur Trocknung der Druckfarben, d.h. völlige Vermeidung von VOC-Emissionen
- Ressourceneinsparungen durch geringen Materialeinsatz bei Tuben und Vermeidung von Umverpackungen
- Vermeidung von zusätzlichem Materialverbrauch (Kunststoffetiketten) durch Direktbedruckung anstatt Etiketten-Beklebung
- Vermeidung von VOC-haltigen Etiketten-Haftklebern

2.2.1 Zielstellung

In den letzten Jahren ist der Anteil der im Siebdruck dekorierten Tuben stark gewachsen und die Endkunden (Kosmetikbranche) bevorzugen dieses Verfahren gegenüber dem Offsetdruck (u. a. wegen höherer Deckkraft und Brillanz der Farben, die eine höhere Wertigkeit des Produkts vermitteln).

Allerdings gibt es häufig Dekorationen mit hochauflösender Graphik und Farbverläufen (hell-dunkel), die einen Offsetdruck erforderlich machen.

Aus diesem Grund werden häufig diese Druckmethoden kombiniert, allerdings durch den Einsatz verschiedener Maschinen von verschiedenen Herstellern.

Sowohl im in-line- als auch im off-line-Verfahren ist diese Methode kosten-, material- und energieaufwändig.

Die Idee, verschiedene Druckverfahren in einer einzigen Maschine zu kombinieren, würde die Vorteile der Kombination von Dekorationsverfahren ähnlich wie im Etikettendruck ausnutzen ohne die Nachteile des Einsatzes mehrerer Maschinen in Kauf zu nehmen.

2.2.2 Projektziele

Entwicklung einer energieeffizienten, kompakten, flexiblen, modular aufgebauten Druckmaschine zur Dekoration hochwertiger Verpackungen, die folgende Bedingungen erfüllt:

1. Hohe Dekorationsflexibilität und -qualität durch Kombination verschiedener Druck- und Dekorationsverfahren: Austauschbarkeit und beliebige Kombination der Dekorationsverfahren UV-Flexodruck, Siebdruck, Digitaldruck, Heißprägen und UV-Lackierung
2. Kostenreduktion durch kompakte, modulare Maschinenkonstruktion (1 Maschine statt wie heute Kombination von 3 oder 4 Maschinen in Linie)
3. Ressourceneinsparung durch geringeren Materialverlust (Makulatur) beim Umrüsten der Maschine und geringeren Platzbedarf
4. Energieeinsparung durch geringere Anzahl von Antrieben, Transportsystemen und Trocknern (Reduktion der elektrischen Energie um ca. 50% gegenüber einer Linie mit 3 Maschinen, falls Heißlufttrockner ersetzt werden durch UV-Trockner zusätzliche Einsparung von ca. 20% elektrischer Energie).
5. Energieeinsparung durch Einsatz einer LED-UV-Technologie, die nur 5 % des Energieverbrauchs der heute eingesetzten UV-Technologie erfordert. Die Entwicklung dieser LED-Technologie ist aber nicht Gegenstand dieses Förderprojekts.
6. Umweltverträglichkeit durch Einsatz reiner UV-Technologie, d.h. völlige Vermeidung von VOC-Emissionen
7. Hohe Produktivität durch Steigerung der Maschinenleistung (von 90 Tuben/min auf 120 Tuben /min), Reduzierung der Rüstzeiten durch Automation und Servo-Antriebstechnik (von heute 4 Stunden bei Offsetmaschinen auf 1 Stunde) und eine geringe Ausschussquote (< 1 %).
8. Hohe Produktionsflexibilität: universell einsetzbar für alle zylinderförmigen Produkte (Tuben, Aerosoldosen, Kartuschen, Flaschen etc.)

2.2.3 Wirtschaftliche Ziele

1. Hohe Passergenauigkeit: < 0,1 mm von Farbe zu Farbe
2. Erhöhung der Zahl der Stationen von heute 20 auf 22 oder 24 ohne die Außenmaße der Maschine wesentlich zu vergrößern. Ein entscheidendes Ziel ist die Möglichkeit 6-7 Farben mit Sieb- oder Flexodruck sowie zusätzlich eine Lackierung und Heißprägung in einer Maschine zu realisieren. Da mehrere Stationen für die Vorbehandlung und optische Orientierung der Tuben benötigt werden, ist die-

ses Ziel mit dem heutigen Standard von 20 Stationen nur mit Einschränkungen darstellbar.

3. Einsparungen an Ressourcen durch kompakte Bauweise (1 Maschine anstatt Kombination von 3 oder 4 Maschinen), geringe Makulatur beim Umrüsten
4. Kosteneinsparungen durch Reduktion des Energieeinsatzes durch Vermeidung von Heißlufttrocknern und Kettentransportsystemen, geringere Anzahl von Antrieben und Einsatz von LED-UV-Trocknern anstelle herkömmlicher Quecksilberdampf-Strahler.

2.3 Aufgabenstellung

Folgende Arbeitspakete wurden im Projektantrag festgelegt:

AP	Arbeitspaket	Beschreibung
1	Aufgabendefinition	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgabenbeschreibung für alle Fachabteilungen ▪ Feinplanung für Termine, Kapazitäten und Kosten
2	Marktuntersuchung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Befragung von Kunden über Anforderungsprofil für neue Maschine ▪ Marktübersicht gewinnen über vorhandene Systeme für Heißprägen, Digitaldruck und Flexodruck
3	Erstellung Konzeption Mechanik	Basis: vorhandene Mehrfarben-Tubendruckmaschinen. Überprüfung welche Komponenten übernommen bzw. angepasst werden können (z.B. Ladung/Entladung)
4	Konzeption Antriebstechnik	<p>Entwicklung der Antriebstechnik basierend auf vorhandenen Lösungen für Aufnahmen und Druckwerke (für Flexodruckwerk, Siebdruckwerk, Digitaldruckwerk und Heißprägestation);</p> <p>Entscheidung ob Antriebe teilweise wie bisher mechanisch oder komplett mit Servotechnik gelöst werden</p>
5	Entwicklung Flexodruckeinheit	<p>zu konstruieren sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ der mechanische Grundaufbau (Walzendimensionierung und -verstellung) ▪ Lagerung der Druck- und Rasterwalze ▪ Rakelkammer ▪ Farbzuführung ▪ Servo-Antriebstechnik ▪ Lagerregelung Druckwalze ▪ Einfache Tauschbarkeit der Einheit in der Anlage (Anschlüsse, Justage) ▪ Entwicklung des Software für Steuerung und Antriebsregelung
6	Bau einer Flexodruck-Testeinheit	Bestehend aus Rasterwalze mit geschlossener Rakelkammer, Druckwalze, automatischer Lageregelung der Druckwalze, 1 Aufnahme für Tuben, Servoantriebe und Steuerungstechnik für alle Komponenten

AP	Arbeitspaket	Beschreibung
7	Test der Flexodruck-Testeinheit	Test aller Funktionen, Druckgenauigkeit, Erprobung des Einflusses verschiedener Druckplatten und Farben
8	Redesign Flexodruck-Testeinheit	Umsetzung der Testergebnisse in konstruktive und steuerungs-technische Änderungen
9	Entwicklung modularer Siebdruckeinheit	Änderung der Antriebstechnik von mechanischem Antrieb auf Servoantrieb Mechanische und elektrische Konstruktion der Prototyp-Siebdruckeinheit.
10	Entwicklung Digitaldruckeinheit	In Zusammenarbeit mit einem führenden Hersteller von Digitaldruckköpfen soll eine Einfarben-Digitaldruckeinheit entwickelt werden, die in die Druckmaschine an beliebiger Stelle integriert werden kann.
11	Bau einer Digitaldruck-Testeinheit	Bestehend aus 8 Druckköpfen (1 Farbe), Farbzuführsystem, 1 Aufnahme für Tuben, Servoantriebe und Steuerungstechnik für alle Komponenten Ermittlung und Erprobung einer geeigneten RIP- Software
12	Test der Digitaldruck-Testeinheit	Test aller Funktionen, Druckgenauigkeit, Erprobung des Einflusses verschiedener Softwareparameter und Farben
13	Redesign Digitaldruck-Testeinheit	Umsetzung der Testergebnisse in konstruktive und steuerungs-technische Änderungen
14	Entwicklung Heißprägeeinheit	In Zusammenarbeit mit einem führenden Hersteller von Heißprägemaschinen soll ein Heißprägeeinheit entwickelt werden, die in die Druckmaschine an beliebiger Stelle integriert werden kann. Basis: Angebot Heißprägemodul eines führenden Herstellers
15	Bau einer Heißpräge-Testeinheit	Bestehend aus Heißprägemodul mit automatischer Folienabwicklung, 1 Aufnahme für Tuben, Servoantriebe und Steuerungstechnik für alle Komponenten
16	Test der Heißpräge-Testeinheit	Test aller Funktionen, Druckgenauigkeit, Erprobung des Einflusses verschiedener Druckplatten und Farben
17	Redesign Heißpräge-Testeinheit	Umsetzung der Testergebnisse in konstruktive und steuerungs-technische Änderungen
18	Entwicklung Prototyp Druckmaschine für Plastiktuben	Basis: AP 1- AP 17 Vorhandene konstruktive Lösungen für Artikelzuführung und -entnahme, für Staubreinigung, Vorbehandlung, optische Passerung Siehe Layout A8 und Nachkalkulation einer ähnlichen 6-Farbensiebdruckmaschine (A9)
19	Bau eines Prototyp Druckmaschine für Plastiktuben	Bestehend aus Grundmaschine mit 22 (evtl. 24) Stationen, Ladung, Staubreinigung, Vorbehandlung, 2 Stationen optische Passerung, 6 Flexodruckstationen austauschbar), 6 Siebdruckstationen (austauschbar), 1 Digitaldruckstation, 1 Heißprägestation, Entnahmestation Servoantriebe und Steuerungstechnik für alle Komponenten

AP	Arbeitspaket	Beschreibung
		ten
20	Test eines Prototyp Druckmaschine für Plastiktuben	Test aller Funktionen, Druckgenauigkeit, Erprobung des Einflusses verschiedener Druckplatten und Farben
21	Redesign eines Prototyp Druckmaschine für Plastiktuben	Umsetzung der Testergebnisse in konstruktive und steuerungstechnische Änderungen
22	Probetrieb des Prototyp Druckmaschine bei einem Kunden	
23	Dokumentation und Abschlussbericht	

Tabelle 2-1: Aufgabenstellung

3 Hauptteil

3.1 Entwicklung einer Flexodruckeinheit

Ein wichtiges Ziel des Projektes war die Entwicklung einer modularen Flexodruckeinheit zur Bedruckung von Hohlkörpern wie z.B. Kunststoff-tuben.

Ein Flexodruckwerk besteht im wesentlichen aus folgenden Elementen:

- Kammerrakel: führt Druckfarbe der Rasterwalze zu
- Rasterwalze: färbt das Klischee ein
- Klischeewalze: trägt das Klischee
- Gegendruckwalze bzw. hier Aufnahmedorn: führt den Bedruckstoff

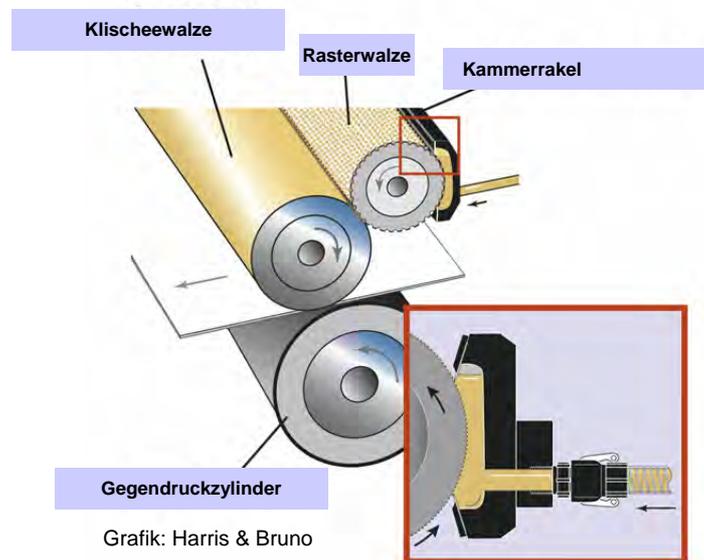


Abbildung 3-1: Flexodruckwerk

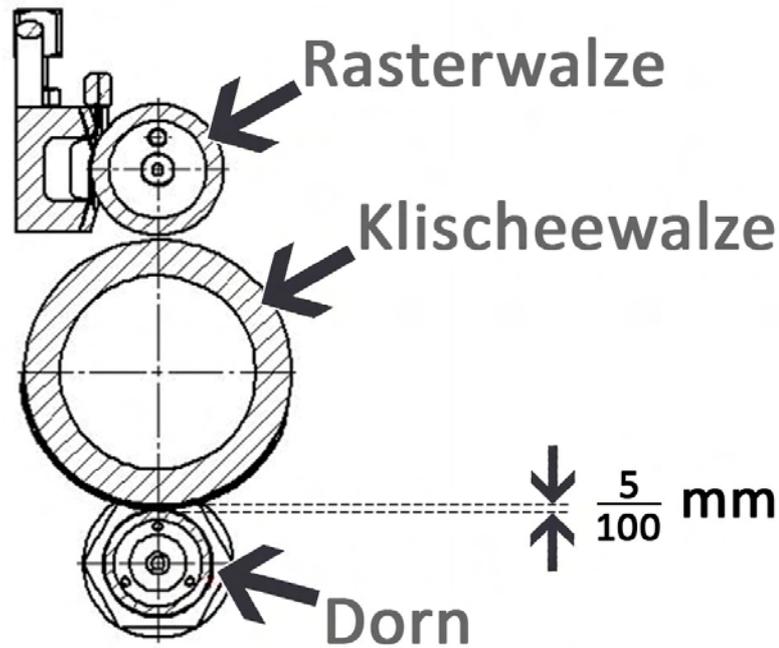


Abbildung 3-2: Flexodruckwerk für Tuben (schematische Darstellung)

Entscheidend beim Flexodruck ist ein konstanter Druck zwischen Klischeewalze und Bedruckungsstoff. Deshalb ist ein konstanter Abstand zwischen Klischeewalze und Tube unabdingbar für ein gutes Druckergebnis.

Durch Messungen an der Teststation wurde ermittelt, dass die erlaubten Abstandstoleranzen nicht größer als 0,05 mm sein dürfen.

Diese Anforderung stellt für die Bedruckung von Hohlkörpern wie Kunststofftuben eine besondere Herausforderung dar. Üblicherweise werden Tuben in der Druckmaschine auf Aufnahmedorne aufgenommen. Da die Tuben an der Schulterseite einseitig geschlossen sind, können diese Dorne nur einseitig am Tubenende gelagert werden. Diese einseitige Lagerung verursacht Höhenschwankungen im Bereich von +/- 0,15 mm während der Rotation des Aufnahmedorns während des Druckvorgangs. Dadurch ist die Voraussetzung einer sehr geringen Abstandstoleranz zum Druckklischee während der Bedruckung nicht mehr gegeben.

Hinzu kommt, dass die Höhenabweichung im Bereich der Dornspitze größer ist als an der Seite der Dornlagerung.

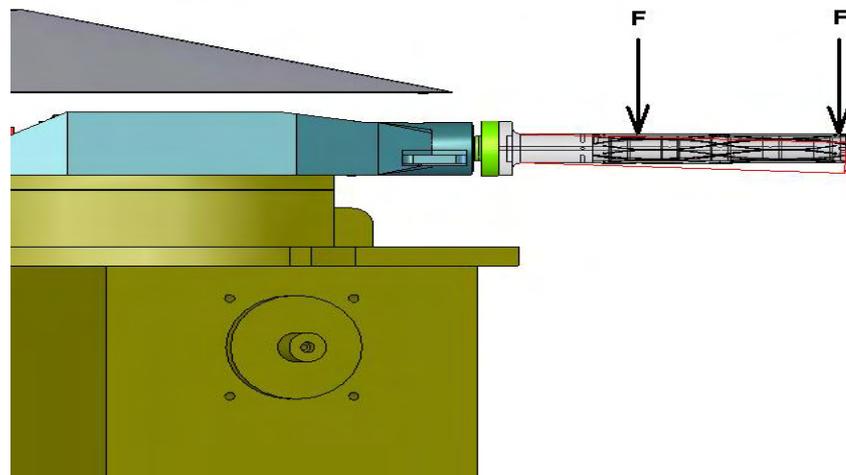


Abbildung 3-3: Höhengschlag an Aufnahmedorn durch einseitige Lagerung

Aufgrund der einseitigen Lagerung der Tubenaufnahmen (siehe Zeichnung) wird die Andrückkraft F der Druckwalze zu einer geringen Verformung des Aufnahmedorns führen. Diese Höhentoleranzen sind nachteilig für die Druckqualität im Flexodruck.

Zusätzliche Toleranzen entstehen durch Fertigungstoleranzen der Aufnahmedorne und -lagerungen. Diese Toleranzen müssen ebenfalls automatisch von dem System kompensiert werden.

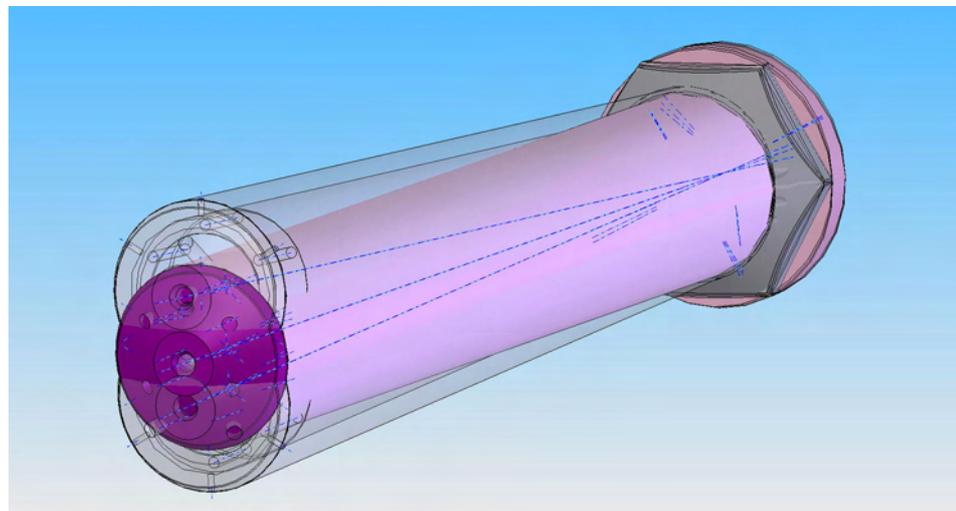


Abbildung 3-4: Höhengschlag: an Dornspitze größer als an Dornlagerung

Die Höhentoleranzen durch eine Erhöhung des Anpressdrucks der Klicscheewalze zu kompensieren erschien nicht eine zielführende Lösung zu sein. Aufgrund der Empfindlichkeit des Flexodrucks würde bei einer hohen Auflösung die Rasterpunkte in Bereichen geringen Abstands gequetscht und in anderen Bereichen nicht ausgedruckt.

Dieses Verhalten konnte nach Aufbau der Teststation deutlich nachgewiesen werden.

Es bestand also die Aufgabe, eine Druckstation zu entwickeln, die den Höhengschlag während des Druckvorgangs über die gesamte Tubenlänge kompensiert.

Lösungsweg:

- Entwicklung eines Messsystems zur Regelung eines konstanten Abstands Druckwalze (Flexowalze) - Aufnahmedorn. Als Messsensor wurde ein berührender mechanische Sensor mit einer Auflösung von $\pm 1 \mu\text{m}$ gewählt.
- Entwicklung einer automatischen Lageregelung und -verstellung der Druckwalze sowie eines automatischen Winkelausgleichs (siehe Zeichnung Verstellung b und c). Ziel war die automatische geregelte Positionierung der Druckwalze angepasst an die Toleranzen der Aufnahmepositionen.
- Entwicklung der geeigneten Antriebstechnik:
- Gefordert ist ein dynamischer aber gleichzeitig kompakter Antrieb (z.B. Servoantrieb mit Spindelübersetzung oder Linearantrieb) für die beidseitige automatische Lageregelung der Druckwalze.
- Ermittlung der Prozessparameter für den Flexodruck (Druckplatten, Plattenmontage, Rasterwalze etc.)

- 1 Rasterwalze
- 2 Flexowalze
- 3 Aufnahmedorn

Verstellungen:
a Abstand Rasterwalze-Flexowalze vorne und hinten
b Abstand Flexowalze-Aufnahmedorn (Rasterwalze geht mit)
c Parallelität Flexowalze-Aufnahmedorn (Rasterwalze geht mit)
d Lage Druckbild auf Druckartikel (Verschieben der Flexo und Rasterwalze)

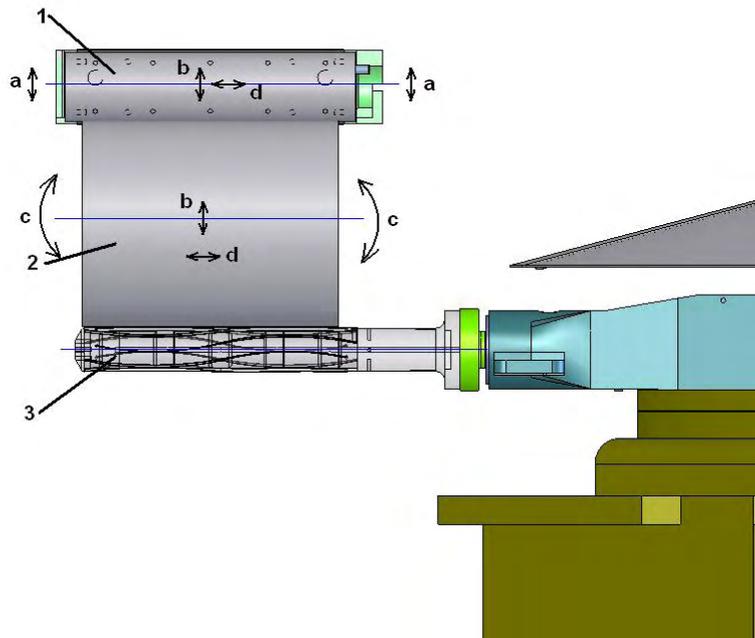


Abbildung 3-5: Kompensation des Höhengschlags durch Nachführung des Flexodruckwerks

Hier zum besseren Verständnis noch eine 3D-Darstellung der Flexodruckeinheit (Prinzipskizze):

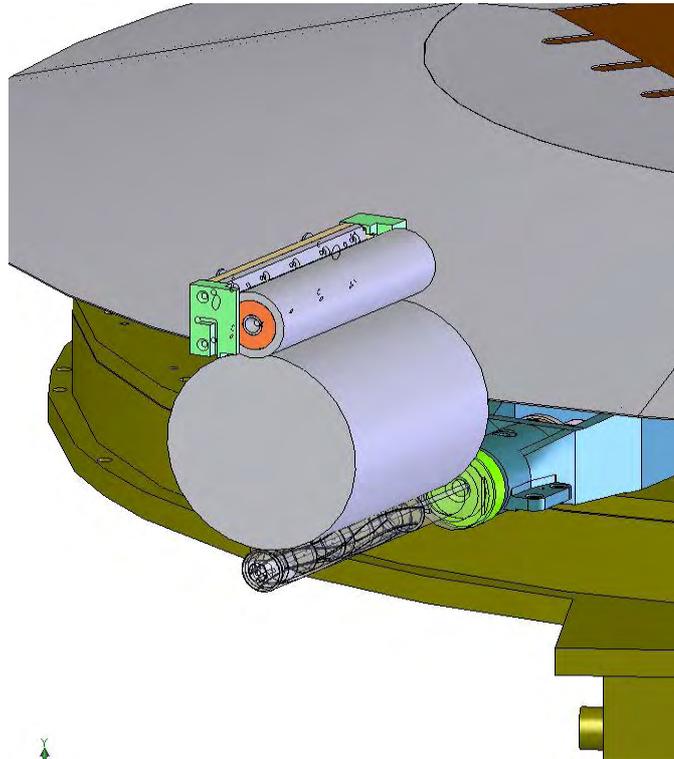


Abbildung 3-6: schematische 3D-Darstellung der Flexodruckeinheit

Es wurde eine Druckstation entwickelt, die auf jeder Seite über je einen Servomotor in der Höhe sehr genau verstellbar ist. Die Lösung der Aufgabe bestand nun darin, dass alle Aufnahmedorne mit sehr genauen Sensoren beidseitig, d.h. am Dornende und am Lagerende vermessen werden. Es wird also ein Höhenprofil von beiden Seiten jedes Aufnahmedorns erzeugt und in der Steuerung der Maschine gespeichert. Während des Druckvorgangs wird nun aus diesem Höhenprofil ein Verfahrprofil für die beiden Servomotore erstellt, die die gesamte Druckstation in der Höhe verstellen. Dadurch ist es möglich, während des Druckvorgangs die Druckstation so zu steuern, dass sie der Höhenbewegung der Aufnahmedorne folgt. Damit wird gewährleistet, dass der Abstand des Druckklischees vom Aufnahmedorn immer konstant ist.

Nachstehend ein Modell der entwickelten Druckstation. Deutlich zu sehen sind die seitlich angebrachten Führungen mit Linearmotor, die die Höhenverstellung der Druckstation und Kompensation der Dorntoleranzen ermöglicht.

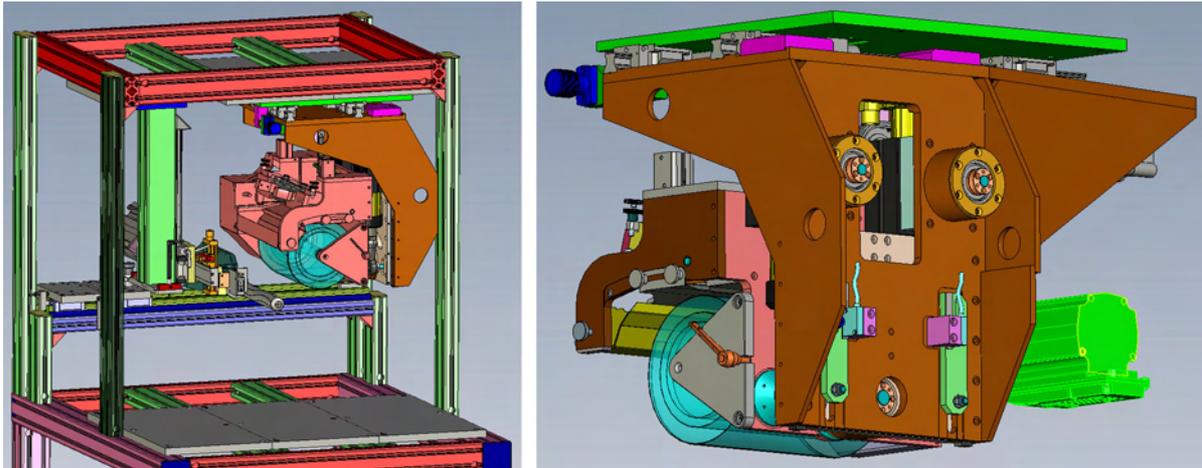


Abbildung 3-7: Modell der Flexodruckstation

3.2 Re-Design der Flexodruckeinheit

Nach Fertigung und Montage und Inbetriebnahme dieser Flexodruckstation wurden umfangreiche Drucktests mit verschiedenen Druckplatten durchgeführt. Dabei konnte eindeutig der Vorteil des Kompensationssystems nachgewiesen werden.

Allerdings wurde in Dauertests ebenfalls deutlich, dass die technische Lösung der Kompensation mit Hilfe von Linearmotoren zwar den gewünschten Erfolg brachte, auf Dauer aber zu einer Überhitzung der Motore führte.

Deshalb wurde entschieden, eine komplette Umkonstruktion der Einheit vorzunehmen. Die Linearmotore wurden dabei ersetzt durch Servomotore und eine hochpräzise Umlenkung der rotativen Bewegung in eine translative Bewegung.

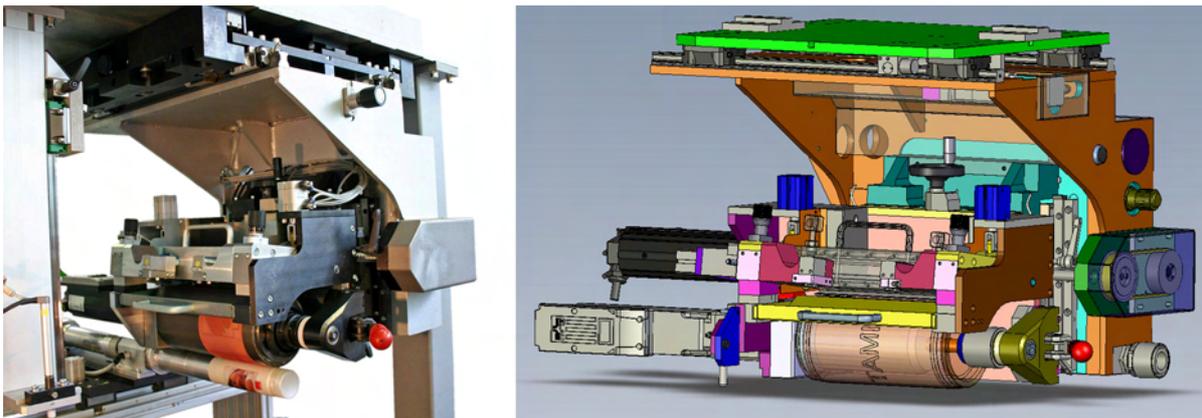


Abbildung 3-8: Re-Design der Flexodruckeinheit

Nach Fertigung und Inbetriebnahme der neuen Einheit wurde in umfangreichen Tests die Funktionsfähigkeit der Einheit auch im Dauerbetrieb nachgewiesen.

3.3 Entwicklung einer Siebdruckeinheit

Ein weiteres Ziel des Projektes war die Entwicklung einer modularen Siebdruckeinheit mit Servoantrieben.

Ein Siebdruckwerk besteht im Wesentlichen aus folgenden Elementen:

- Siebschlitten mit Servoantrieb
- Siebhalterung mit motorischer Verstellung in X/Y-Richtung
- Rakeleinheit mit Druck- und Flutrakel

Eine wesentliche Aufgabe bestand darin, die Siebschlitteneinheit und die Rakeleinheit als modulare, austauschbare Einheiten zu konstruieren, damit in jeder Druckstation ein einfacher und schneller Austausch von Flexo- zu Siebdruck und umgekehrt möglich ist.

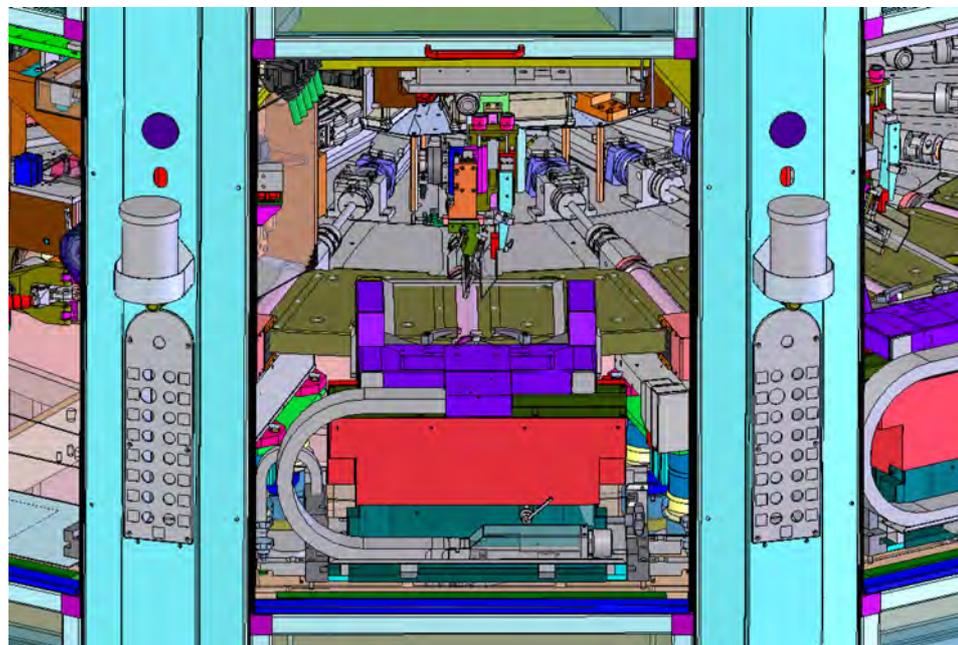


Abbildung 3-9: modulare Siebdruckeinheit mit Servoantrieben

3.4 Entwicklung einer Digitaldruckeinheit

Ein weiteres Ziel des Projektes war die Entwicklung einer modularen Digitaldruckeinheit mit Servoantrieben.

Ein Digitaldruckwerk besteht im Wesentlichen aus folgenden Elementen:

- Inkjet-Druckkopf, montiert auf Präzisionsschlitten zur Verstellung in X/Y-Richtung
- Farbversorgung
- Steuerung mit Bedienersoftware und RIP

In Zusammenarbeit mit einem Hersteller von Digitaldruckmaschinen wurde zunächst ein Teststand aufgebaut zur Durchführung einer Machbarkeitsanalyse.



Abbildung 3-10: Inkjet-Druckkopf von Teststand

Mit den zunächst eingesetzten Tinten konnte kein befriedigendes Ergebnis erzielt werden. Das Problem war, dass der einzelne Druckpunkt auf dem PE-Material zu schnell verlief und deshalb nur eine ungenügende Druckgenauigkeit und Kantenschärfe erreicht werden konnte. Auch der Versuch mit alternativen Tinten verlief negativ.



Abbildung 3-11: Testdruck auf Tube im Digitaldruck

Erst der Einsatz einer sogenannten "Pinning UV-Einheit" führte zu brauchbaren Ergebnissen. Dabei wird die bedruckte Tube direkt nach dem Auftragen der Farbe unter einer relativ schwachen LED-UV-Lampe durchgeführt, was ein Antrocknen der Farbe zur Folge hat. Dies verhindert, dass der Farbpunkt flächig verläuft.

Dieses Verfahren stellt im Flächendruck bei ausreichenden Platzverhältnissen kein Problem dar. In einer Druckmaschine für Hohlkörper ist zunächst der Platz für eine LED-UV-Lampe direkt neben dem Druckkopf nicht vorhanden.

Bevor eine umfangreiche konstruktive Lösung dieses Problems angegangen wurde, wurde entschieden, zunächst mit verschiedenen Farbherstellern eine Lösung auf der Farbseite zu suchen, die evtl. das "Pinning" mit UV-Licht überflüssig macht.

Aus Zeitgründen konnte aber dieser Teilabschnitt des Projekts nicht abgeschlossen werden.

3.5 Entwicklung einer Prägeeinheit

Ein weiteres Ziel des Projektes war die Entwicklung einer modularen Prägeeinheit.

Ein Digitaldruckwerk besteht im wesentlichen aus folgenden Elementen:

- Prägekopf mit Prägestempel, montiert auf Präzisionsschlitten zur Verstellung in X/Y/Z-Richtung
- Folienauf- und abwicklung
- Dornunterstützung zur Aufnahme des Prägedrucks
- Bahnsteuerung für die Folie
- Steuerung

In Zusammenarbeit mit dem Hersteller von Prägemaschinen, Fa. MADAG, Schweiz, wurde eine Prägeeinheit für Tuben u.ä. Hohlkörper entwickelt, die für die Integration in die Tubendruckmaschinen geeignet ist.

Die Einheit wurde zunächst zur Erprobung in eine ähnliche Maschine aus der gleichen Baureihe, Maschine RS 5480 zur Bedruckung von Kunststoffiegeln, eingesetzt und erfolgreich getestet.

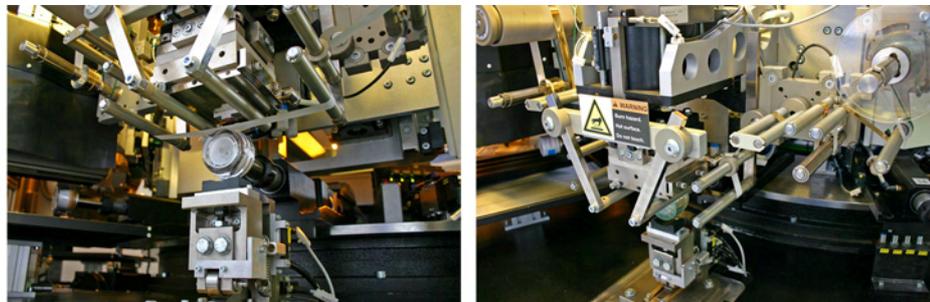
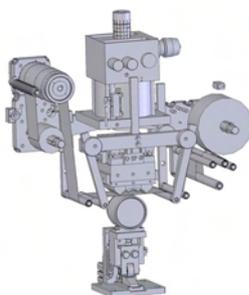


Abbildung 3-12: modulare Prägeeinheit

3.6 Entwicklung eines Prototyps der Hybridmaschine

Nachdem die umfangreichen Vorarbeiten und Entwicklungen der einzelnen modularen Druckeinheiten abgeschlossen und die Drucktests mit diesen Einheiten durchgeführt waren, bestand die nächste Aufgabe darin, eine komplette Druckmaschine zu entwickeln, in der diese Einheiten unter Produktionsbedingungen getestet werden konnten.

Diese so genannte Hybridmaschine TH 8130 ist eine Servo-Druckmaschine zur mehrfarbigen Bedruckung von Kunststofftuben im Siebdruck- oder Flexodruckverfahren. Aufgrund der modularen Konstruktion sind die acht Druckstationen unabhängig voneinander einsetzbar. Dies ermöglicht, Siebdruckstationen, Flexodruckstationen und Lackierstationen beliebig zu tauschen. Eine beliebige Kombination und Reihenfolge von bis zu acht Flexodruckstationen bis zu acht Siebdruckstationen ist möglich. Die präzise Kontrolle aller Bewegungsabläufe durch die Servoantriebe gewährleistet eine ausgezeichnete Druckqualität. Durch die Unabhängigkeit der Bewegungen in den einzelnen Stationen kann ein Bediener die optimalen Geschwindigkeiten für das Drucken und das Trocknen wählen.

Diese Kombination von zwei Druckverfahren ermöglicht es dem Drucker, die Vorteile der einzelnen Druckverfahren zu nutzen: Flexodruck für Rasterdruck für die Erstellung fotorealistischer Bilder und Siebdruck für den Druck von Flächen und gestochen scharfer Texte.

Die kundenspezifische Maschinenkonfiguration kann wie folgt aussehen:

- Ladung von Prismen-Einlaufband
- Beladestation 1
- Beladestation 2
- Staubreinigung und Neutralisierung statischer Aufladung
- Flammvorbehandlung
- Optische Orientierung (Option)
- 7 austauschbare Druckstationen (Flexodruckeinheiten oder Siebdruckeinheiten)
- 7 UV-Trocknungstationen
- 1 Lackierstation
- Druckbildkontrolle (Option)
- Schlechtteileauswurf
- Entladestation auf Stäbchenkette
- Stäbchenkette mit UV Ofen und mit Entladetrommel

Beispielkonfiguration siehe beigefügtes Layout, TH 8130, Zeichnungs-Nr. 129858

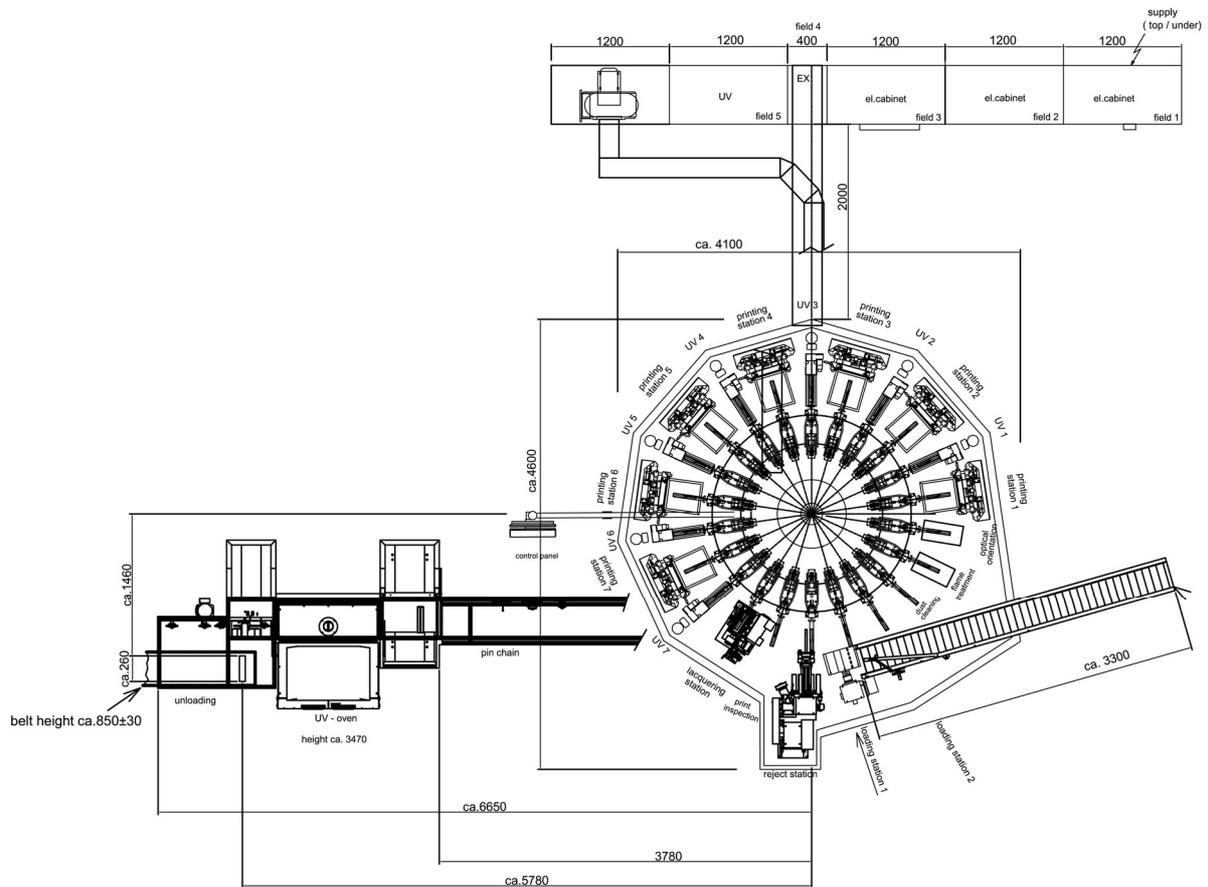


Abbildung 3-13: Beispielkonfiguration Hybridmaschine TH 8130



Abbildung 3-14: Hybridmaschine TH 8130

Nachweis der Modularität:

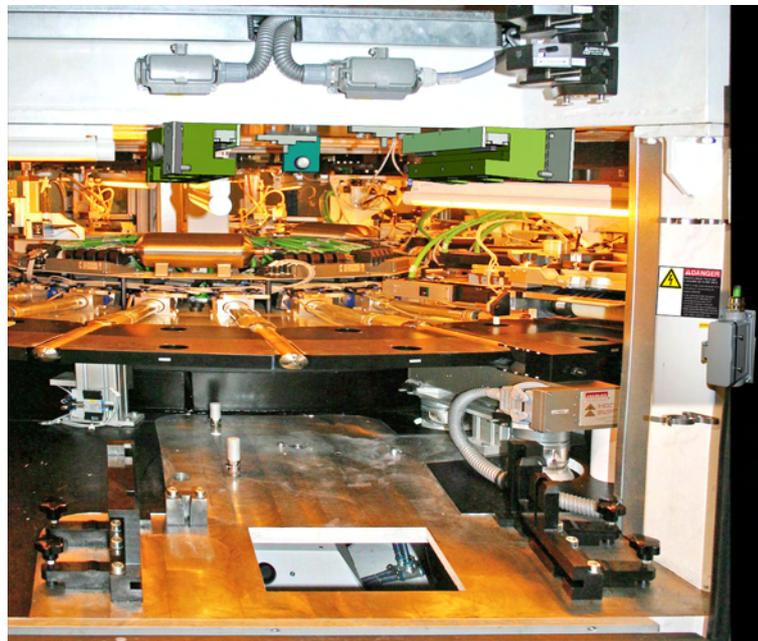


Abbildung 3-15: leere Druckstation



Abbildung 3-16: Druckstation mit Flexodruckwerk

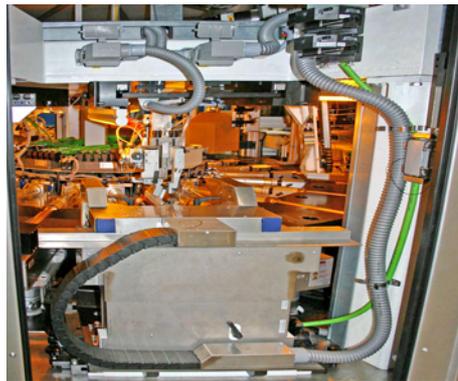


Abbildung 3-17: Druckstation mit Siebdruckwerk

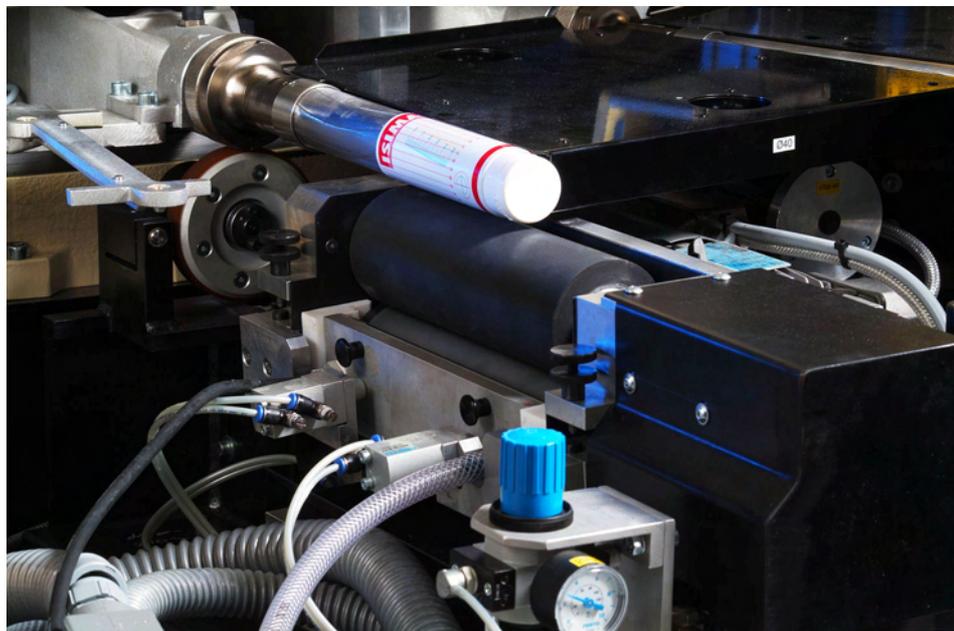


Abbildung 3-18: Lackiereinheit



Abbildung 3-19: Modulwagen

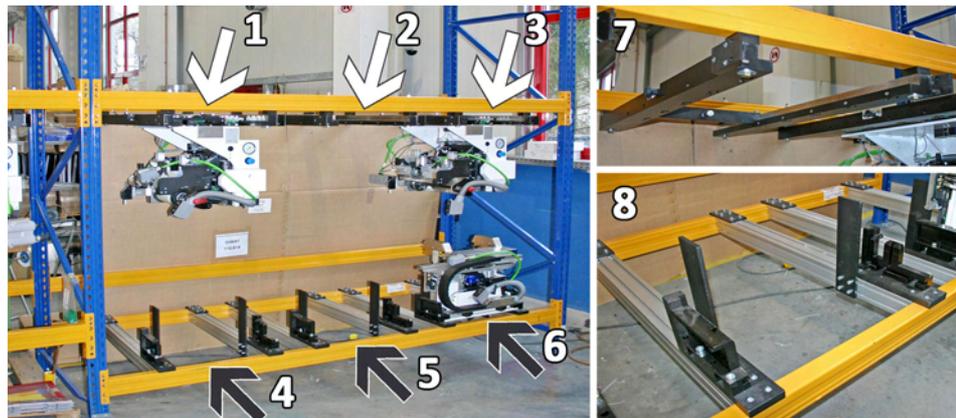


Abbildung 3-20: Modulregal

Technische Herausforderungen bei der Entwicklung

Obwohl bereits Erfahrungen bei ISIMAT mit Servoachsen-Antrieben vorlagen (Multiachsensteuerung von ELAU), war diese Neuentwicklung eine softwaretechnische Herausforderung. Es mussten bis zu 60 Servoantriebe gleichzeitig synchronisiert werden (Maximalkonfiguration). Zusätzlich bestand die Aufgabe, für die eingangs beschriebene Kompensation der Dorn toleranzen die gemessenen Dornprofile aller Aufnahme dorne in jeder Druckstation bei einer Taktzahl von 120 Tuben/min bei jedem Takt neu zu laden. Dies stellte für die Softwareentwicklung eine sehr hohe Herausforderung dar, die deutlich mehr Zeit in Anspruch nahm als angenommen.

Auch auf der mechanischen Seite traten während der Testphase unerwartete Schwierigkeiten auf. So traten beispielsweise bei bestimmten Druckgeschwindigkeiten Resonanzfrequenzen im Antriebsstrang der Druckstationen auf, die sich negativ als Querstreifen im Druckbild auswirkten. Diese Resonanzen konnten durch Optimierung von Reglerparametern und Einsatz dämpfender Elemente minimiert werden.

3.6.1 Projektergebnisse

Das Projektziel, eine energieeffiziente, kompakte, flexible und modular aufgebaute Druckmaschine zur Dekoration von hochwertigen Kunststofftuben wurde erreicht. Den Erfolg dieses Konzeptes belegen eindrucksvoll das hohe Kundeninteresse und der erfolgreiche Verkauf von 2 Maschinen innerhalb sehr kurzer Zeit.

Im Einzelnen wurden folgende Ergebnisse erreicht:

- Hohe Dekorationsflexibilität und -qualität durch Kombination verschiedener Druck- und Dekorationsverfahren: Austauschbarkeit und beliebige Kombination der Dekorationsverfahren UV-Flexodruck, Siebdruck und UV-Lackierung.
- Die geplante Integration einer Digitaldruckeinheit konnte aufgrund technologischer Schwierigkeiten mit den Farben nicht umgesetzt werden. Hier sind weitere Entwicklungsarbeiten erforderlich, um das Digitaldruckverfahren auch zur Bedruckung dreidimensionaler Körper einsetzen zu können.
- Reduktion der Investitionskosten um über 50% durch kompakte, modulare Maschinenkonstruktion (1 Maschine statt wie heute Kombination von 3 oder 4 Maschinen in Linie). Die im Projekt entwickelte Maschine erfordert einen Investitionsbedarf von ca. 1,3 Mio. €. Eine vergleichbare Dekorationslinie bestehend aus Offset- und Siebdruckmaschine, Lackiermaschine, Zwischenspeicher und Verbindungstransporten kostet ca. 3,0 Mio. €.
- Hohe Produktivität durch Steigerung der Maschinenleistung (von 90 Tuben/min auf 120 Tuben /min), Reduzierung der Rüstzeiten durch Automation und Servo-Antriebstechnik (von heute 4 Stunden bei Offsetmaschinen auf 1 Stunde). Das Ziel einer Ausschussquote unter 1% konnte noch nicht nachgewiesen werden.

- Hohe Druckgenauigkeit: In umfangreichen Testreihen konnte die hohe Druck- und Passergenauigkeit der Maschine nachgewiesen werden. Mit der Maschine ist es erstmalig möglich, photorealistische Bilder direkt auf Kunststofftuben zu drucken.



Abbildung 3-21: Musterdrucke auf Kunststofftuben 1



Abbildung 3-22: Musterdrucke auf Kunststofftuben 2

Die Druckgenauigkeit wurde statistisch erfasst und mit Hilfe des C_{mk} -Werts nachgewiesen.

Protokoll 08-11-MT-007: Maschinenfähigkeit normalverteilte Merkmale

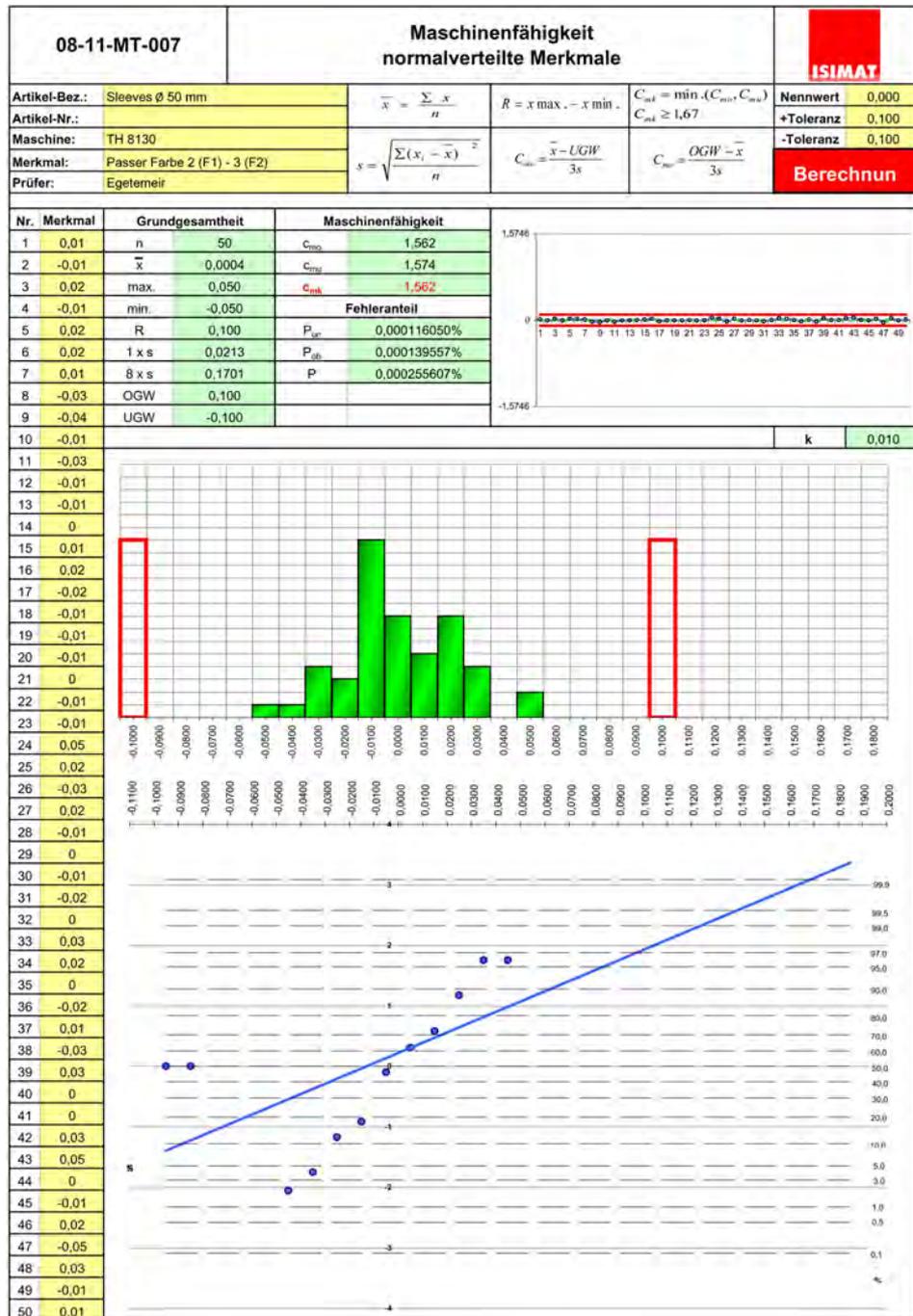


Abbildung 3-23: Beispiel der Maschinenfähigkeitsuntersuchung: Passer Farbe 2 (Flexo 1) zu Farbe 3 (Flexo 2)

Die Ergebnisse zur Ressourcen- und Energieeinsparung werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

3.7 Umweltrelevanz

Folgende umweltrelevanten Ziele wurden mit dieser Entwicklung erreicht:

- Einsparungen an Ressourcen durch kompakte Bauweise (1 Maschine anstatt Kombination von 3 oder 4 Maschinen), geringere Makulatur beim Umrüsten, Energieeinsparung durch Vermeidung von Heißlufttrocknern und Kettentransportsystemen, geringere Anzahl von Antrieben
- Umweltverträglichkeit durch Einsatz reiner UV-Technologie, d. h. völlige Vermeidung von VOC-Emissionen
- Energieeinsparung durch Reduzierung der Anzahl der Antriebe im Gesamtsystem
- Energieeinsparung durch Einsatz von VOC-freien UV-Farben und UV-Lacken anstelle von Lösungsmittelfarben bzw. -lacken. Dadurch können energieintensive Heißluftöfen durch sparsame UV-Trockner ersetzt werden.
- Ein Vorteil von Tuben als Verpackungsmittel im Vergleich zu Alternativen wie Kunststoffflaschen ist der geringere Materialeinsatz (PE) bei gleichem Füllvolumen und die Vermeidung von Umverpackungen (Karton)
- Vermeidung von zusätzlichem Materialverbrauch (Kunststoffetiketten) durch Direktbedruckung anstatt Etiketten-Beklebung
- Vermeidung von VOC-haltigen Etiketten-Haftklebern

Umweltentlastungen im Detail

3.7.1 Einsparung von Ressourcen

a) Reduzierung des Platzverbrauchs

Heute:

ca. 55 m lange Anlage mit Offsetmaschine, Siebdruckmaschine, Lackiermaschine und Heißprägemaschine, Zwischenspeichern und Heißluftöfen.

⇒ Platzbedarf ca. 200 m²

Zur Veranschaulichung ein Layout einer Dekorationslinie mit Offset-, Siebdruck- und Heißprägemaschine, Gesamtlänge ca. 23,5 m:

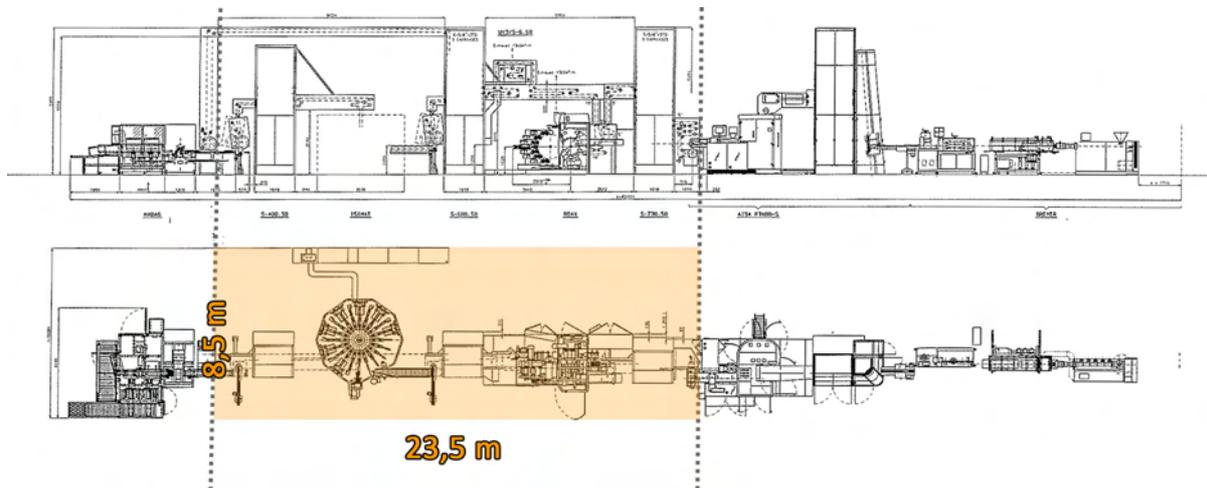


Abbildung 3-24: Platzverbrauch einer Dekorationslinie

Die kompakte Hybridmaschine hat einen Platzbedarf von ca. 75 m². Hier das Layout der Maschine:

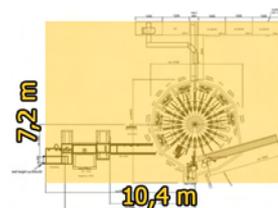


Abbildung 3-25: Platzbedarf Hybridmaschine

b) Materialeinsparung durch Reduzierung der Makulatur beim Umrüsten

Heute:

Unter der Annahme, dass im Durchschnitt jede der 4 Maschinen in der Linie ca. 50 Tuben beim Umrüsten verbraucht, entstehen je nach Tubengröße ca. 3,2 kg Kunststoffabfall (Gewicht PE-Tube 180 mm D=50 mm: 16 g). Wenn die Maschine durchschnittlich 3 mal am Tag umgerüstet wird, ergeben sich im Monat 230 kg Abfall.

Neuentwicklung:

Bei nur einer Maschine entstehen unter gleichen Bedingungen 0,8 kg Abfall pro Umrüsten bzw. 58 kg im Monat.

c) Materialeinsparung durch Direktbedruckung im Vergleich zur Dekoration mit Etiketten.

Ein vollflächiges Etikett auf einer 200 mm langen Tube hat ein Volumen von ca. 1,2 cm³. Bei einer durchschnittlichen Jahresleistung von 25 Millionen Tuben der Druckmaschine beträgt der vergleichbare Materialverbrauch bei Etikettierung ca. 30 m³ Kunststoffolie. Bei einer Direktbedruckung der Tube wie bei dieser Entwicklung vorgesehen entfällt dieser Verbrauch komplett.

3.7.2 Energieeinsparung

a) Reduzierung der Antriebe
Heute:

bei 4 Maschinen in einer Linie ist der Gesamtenergiebedarf inkl. UV-Trockner (ohne Heißlufttrockner für Lackierung) ca. 220 kW Leistungsaufnahme.

Neuentwicklung:

Der Energiebedarf mit 6 UV-Trocknern in einer Maschine beträgt ca. 75 kW (ohne Berücksichtigung der der neuen LED-UV-Technik)

b) Ersatz von konventionellen Lösungsmitteltrocknern (Heißluft) durch UV-Trockner bei der Lackierung
Heute:

Falls Lösungsmittellacke eingesetzt werden, beträgt der Energiebedarf des Trockners ca. 50 kW.

Neuentwicklung:

bei Einsatz eines UV-Kettenofens mit 2 Strahlern ist die Gesamtleistung ca. 12 kW

c)

Die heute in Druckmaschinen eingesetzten Quecksilberdampf-UV-Strahler haben eine Leistungsaufnahme von 7,5 kW und einen durchschnittlichen Verbrauch von 6 kW. Es gibt Entwicklungen in der LED-Technik, die in Zukunft die Trocknung von UV-Farben mit LED's im UV-Spektrum ermöglichen werden. Der Verbrauch dieser Einheiten liegt bei 300 W. Allerdings sind die im Moment verfügbaren UV-Farben nicht auf das begrenzte Spektrum dieser LED-Einheiten ausgelegt. Hier ist geplant, in einem separaten Entwicklungsprojekt zusammen mit einem Farbhersteller diese Technologie zur Marktreife zu entwickeln.

3.7.3 Zusammenfassung der Umweltentlastungen

	Heutige Technologie	Neuentwicklung	Einsparung pro Maschine	Einsparung in Prozent
Platzbedarf	200 m ²	75 m ²	125 m ²	62,5 %
Makulatur / Jahr PE-Material	2760 kg	696 kg	2064 kg	74,8 %
Etikettierung: Folie / Jahr	30 m ³	0	30 m ³	100 %
Energieeinsparung Antriebe ¹⁾	220 kW	75 kW	145 kW	65,9 %
Energieeinsparung durch UV-Lackierung ¹⁾	50 kW	12 kW	38 kW	76,0 %
Energieeinsparung durch LED-Trocknung (bei 10 UV-Einheiten) ¹⁾	60 kW	3 kW	57 kW	95,0 %

¹⁾ durchschnittliche Leistungsaufnahme

Tabelle 3-1: Zusammenfassung der Umweltentlastungen

3.8 Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabens- ergebnisse

Der Zeitpunkt der Markteinführung einer neuen Technologie erfordert ein sorgfältiges Abwägen, einerseits soll eine Nachfrage dann geweckt werden, wenn die Technologie für einen industriellen Einsatz ausgereift ist, andererseits brauchen Firmen eine Vorlaufzeit von mehreren Monaten um Investitionsentscheidungen zu treffen.

Zwei Zielgruppen sind bei der Anwendung der Flexodrucktechnik in der Tubendekoration zu beachten:

- Die Tubenhersteller, die in die neue Technologie investieren müssen. Diese Gruppe könnte Vorbehalte haben, da sich eine Investition nicht auszahlt, wenn die Kosmetikfirmen nicht bereit sind für die neue Tubendekoration mehr zu bezahlen.
- Die Kosmetikfirmen, die die neue Technologie benutzen können, um ihre Produkte von Wettbewerbsprodukten abzuheben.

Der zeitliche Ablauf und Beschreibung der Maßnahmen:

Juni 2009	Auf der NPE-Messe in Chicago wird die Hybridmaschine angekündigt. Ein spezieller Flyer wurde dazu entworfen und gedruckt.
Anfang Juli	Der Zeitpunkt der Markteinführungsfeier wurde festgelegt.
Juli 2009	Ankündigung der Markteinführungsfeier
	Die Ansprechpartner der Tubenhersteller, die in der ISIMAT Datenbank aufgeführt sind, wurden per E-Mail angeschrieben. Die Markteinführungsfeier der neuen Hybridmaschine wurde angekündigt, und es wurde nachgefragt, ob Interesse besteht zur Feier im November zu kommen.
	Redakteure deutschsprachiger Zeitschriften, lokaler Zeitungen und einer englischsprachigen Fachzeitschrift wurden eingeladen.
Oktober 2009	Bedeutenden Firmen der Kosmetikbranche wurden in einer Präsentation die neuen Möglichkeiten in der Tubendekoration durch den Einsatz der Flexodrucktechnik dargestellt. Die Veranstaltung wurde von Tubex, einem ISIMAT Kunden, organisiert.
Oktober 2009	Firmen, die ein Interesse an einer Teilnahme an der Markteinführungsfeier gezeigt hatten, wurde der genaue Termin mitgeteilt.
10.-12. November 2009	An drei Tagen fand die Markteinführungsfeier statt, am 10. und 11. November in Englisch, am 12. November in Deutsch. Die Markteinführungsfeier war ein Erfolg; Tubenhersteller aus 13 Ländern, aus 4 Kontinenten, kamen nach Ellwangen; die Redakteure der Lokalpresse und von Fachzeitschriften kamen ebenfalls.
	In einer Präsentation wurde die Entwicklung der TH 8130 aufgezeigt und einzelne Probleme angesprochen, die überwunden wurden. Zwei Druckvorführungen gaben den Besuchern Gelegenheit sich die bedruckten Tuben und die Maschine genauer anzusehen.
	An jedem Tage der Markteinführungsfeier wurde ein Film gedreht und in der Woche nach der Feier wurde ein entsprechender Tages-Film den jeweiligen Teilnehmern über das Internet zum Herunterladen zur Verfügung gestellt.

November 2009	Ein Artikel erschien in der Lokalpresse, Ipf- und Jagst-Zeitung.
November 2009	Ein Film im HD-Format wurde von der Hybridmaschine gedreht.
Dezember 2010	Die Fachzeitschrift „Der Siebdruck“ veröffentlichte einen Artikel in der Ausgabe 12.2009/1.2010.
	Die Fachzeitschrift „SIP“ (für Siebdruck, Digitaldruck, Sign Making und Werbetechnik) veröffentlichte einen Artikel in der Ausgabe 6/2009.
Januar 2010	Ein Artikel erschien in der Zeitschrift der IHK „Wirtschaft in Ostwürttemberg“.
Februar 2010	Ein Fachartikel, der die Innovationen der TH 8130 beschreibt, wurde in der englischen Fachzeitschrift „Spezialist Printer“ veröffentlicht. Ebenso wurde in dieser Zeitschrift die erste von vier Anzeigen, die den Nutzen der TH 8130 für die Tubendekoration beschreiben, geschaltet.
Februar 2010	Die erste TH 8130 wurde ausgeliefert und bei M&H Plastics in England in Betrieb genommen.
März 2010	ISIMAT hat mit M&H Plastics eine Vereinbarung, dass M&H Plastics ein Referenzkunde ist, und die Maschine interessierten Firmen gezeigt werden kann. Die ersten Interessenten haben sich für einen Besuch bei M&H Plastics angemeldet.
Oktober 2010	ISIMAT Antrag auf einen größeren Messestand auf der K 2010 wurde stattgegeben. Somit wird es möglich sein, nicht nur die Maschine auf den Stand zu stellen sondern auch die dazugehörigen Schaltschränke. Die Maschine kann eingeschaltet werden, der Rundschalttisch und die Aufnahmevorrichtung werden sich drehen, und es wird möglich sein, Tuben durch die Maschine zu takten.

Tabelle 3-2: Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse

4 Fazit

Die durch die DBU maßgeblich geförderte Entwicklung einer energie- und ressourceneffizienten Verpackungsdruckmaschine für Kunststofftüben war sehr erfolgreich.

Die wesentlichen Projektziele bezüglich einer hohen Druckqualität, Produktionsflexibilität, Kosteneinsparung sowie Energie- und Materialeinsparung wurden erreicht.

Die Ergebnisse konnten durch umfangreiche Tests der Prototyp-Anlage nachgewiesen werden.

Die erfolgreiche Präsentation der Maschine im Rahmen einer Veranstaltung zur Markteinführung, das große Interesse des Marktes an dieser Maschine und nicht zuletzt die Verkaufserfolge der letzten Monate beweisen die Richtigkeit des Maschinenkonzepts und die Bedeutung der Entwicklung für die gesamte Branche.

Es ist zu erwarten, dass die Ergebnisse und das Maschinenkonzept auf andere Bereiche des Verpackungsdrucks angewandt werden können.

Eine zusätzliche deutliche Reduktion des Energieverbrauchs bei der Farbtrocknung kann durch den Ersatz herkömmlicher Quecksilberdampf-UV-Strahler durch LED-Einheiten erreicht werden. Die Entwicklung geeigneter LED-Einheiten sowie dafür adaptierter Farbsysteme könnte ein Thema eines nächsten Entwicklungsschritts sein.

5 Literaturverzeichnis

Literatur	Titel	Auflage / Stand
Schulungsunterlagen Rasterflexodruck	Fachseminar am DFTA-Technologiezentrum	15. Mai 2009
Technik des Flexodrucks	DFTA und Prof. K.-H. Meyer	5. Auflage
Fachbuch über Siebdruck	Siebdruck Handbuch	2. Auflage 2007
Fachbuch über Siebdruck	Handbuch für den Sieb- und Textildrucker	11/1998
Fachunterlagen über ELAU-Servotechnik	PacDrive Documentation	2009-10-01
Dubbel	Taschenbuch für den Maschinenbau	21. Auflage