



INFOR-Projekt Nr. 205

3D-Codierung – Verpackungscodierung mit farbigen DataMatrix-Codes

Schlussbericht

Mai 2019

Papiertechnische Stiftung – PTS

Clemens Zotlöterer/Dr. Tiemo Arndt

Projektlbearbeiter:

M. Sc. Sebastian Beyer

INFOR-Projekt Nr. 205

3D-Codierung – Verpackungscodierung mit farbigen DataMatrix-Codes

INFOR-Projekt Nr. 205

3D-Codierung – Verpackungscodierung mit farbigen DataMatrix-Codes

- Abschlussbericht -

Forschungsstelle

Papiertechnische Stiftung (PTS), Heidenau
Sebastian Beyer

Projektlaufzeit: 01.01.2018 – 31.12.2018
(kostenneutrale Verlängerung bis Ende April 2019)

Heidenau, 29.05.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
	Abbildungsverzeichnis	6
	Tabellenverzeichnis	7
2	Ausgangssituation und Problemstellung bei Antragstellung	8
3	Forschungsziel	9
4	Lösungsweg bei Antragstellung	10
5	Ergebnisse	11
5.1	AP1 – Recherche	11
5.2	AP2 – Aufwandsbeurteilung für den Einsatz der farbigen Codes	16
5.3	AP3 – Erwerb des farbigen Codes und Druckversuche	18
5.4	AP4 – Definition von Abweichungen durch Farbfehler	25
5.5	AP5 – Vergleich von unterschiedlichen Farbsystemen	27
5.6	AP6 – Definition von Abweichungen	31
5.7	AP7 – Gesamtbewertung der farbigen Codes	33
6	Literaturverzeichnis	36

1 Zusammenfassung

Projektziel Das Projektziel bestand darin eine Basisbewertung unter wirtschaftlichen und technischen Aspekten bezogen auf den Einsatz von farbigen Codes zur Verpackungscodierung durchzuführen. Es sollte der Einfluss von verschiedenen Druckparameter, Parametern der verwendeten farbigen Codes und deren Beständigkeit gegenüber praxisrelevanten, äußeren Umwelteinflüssen auf die Lesbarkeit der Codes bewertet werden. Die Ergebnisse sollten dann als Basis zur Einschätzung weiterer Forschungsprojekte dienen und die Papierindustrie auf eventuelle Anpassungen vorbereiten.

Zielgruppen

Tabelle 1: Zielgruppe(n) der Projektergebnisse und Grad der Nutzbarkeit

Grad der Nutzbarkeit in verschiedenen Branchenbereichen	1 (geringste Nutzbarkeit)	2	3	4	5 (stärkste Nutzbarkeit)
Graphische Papiere			Umschlag Zeitschrift		
Verpackungspapiere	Beutel	Briefumschlag	White-top-liner	Flexpack	Faltschachtelkarton
Hygienepapiere					
Spezialpapiere	Etikettenpapier	Blisterpapier			Etikettenpapier

Lösungsweg

Der Lösungsweg teilte sich auf zwei Aspekte der Betrachtung auf. Zum einen sollte eine wirtschaftliche Betrachtung der Marktfähigkeit und der Entwicklung von farbigen Codes erfolgen. Ebenso sollte auch eine technische Betrachtung, bei der die Lesbarkeit der farbigen Codes auf praxisrelevanten Verpackungspapieren und unter praxisrelevanten Bedingungen durchgeführte Druckversuche und Beständigkeitstests bewertet werden.

Ergebnisse und Schlussfolgerung

Den im Projekt untersuchten JAB-Codes wird das größte Marktpotential bescheinigt, wobei diese in den Versuchen keine vollumfänglich positiven Ergebnisse erzielten. Eine Verbesserung der Ergebnisse wird durch geringfügige Anpassungen der JAB-Codes als wahrscheinlich erachtet.

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Sollten die Robustheit und Lesbarkeit der JAB-Code durch die vorgeschlagenen Anpassungen verbessert werden, werden dem JAB-Code bei einer geforderten höheren Datenmengen bei der Verpackungscodierung eine mittlere bis hohe Wahrscheinlichkeit zur Anwendung in der Verpackungscodierung bescheinigt.

**Förderung &
Danksagung**

Der Autor dankt dem Kuratorium für Forschung und Technik der Zellstoff- und Papierindustrie im VDP für die Förderung des INFOR-Projekts Nr. 205 in den Jahren 2018/2019.

Ein besonderer Dank geht auch an die Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses (in alphabetischer Reihenfolge)

- Hr. Ahlbrecht (Baiersbronn Frischfaserkarton GmbH)
- Hr. Berchtold (Fraunhofer SIT)
- Hr. Hessing (Hessing Print & Control)
- Hr. Leonhardt (Buchmann Karton GmbH)
- Hr. Rajcsanyi (Sappi)
- Hr. Schrundner (ident.one)
- Hr. Weigelt (REA Elektronik GmbH) (PbA-Sprecher)
- Dr. M. Wildberger (Papierfabrik August Koehler SE)
- Hr. Dr. Wilken (FFPI)

für die Diskussionsbereitschaft und die wertvollen Hinweise während der Projektbearbeitung, sowie das zur Verfügung stellen der handelsüblichen Papiere. Ebenso gehört Dank den MitarbeiterInnen der Papiertechnischen Stiftung und im Speziellen Marcel Herzog, welcher einen Großteil der Untersuchungen im Labor durchführte.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Druckform Verschiedene Codes gleichen Inhalts.....	19
Abbildung 2: Druckform „Modulgröße“	20
Abbildung 3: Druckform Wischfestigkeit – links ungewischt, rechts gewischt	20
Abbildung 4: Druckform mit variiertem Datenmenge	21
Abbildung 5: Druckform Lichtechtheit	21
Abbildung 6: Vergrößerte Aufnahme des 4-Farben JAB-CODE auf Muster 1.....	23
Abbildung 7: Vergrößerte Aufnahme der Module des in Abbildung 6 dargestellten 4-Farben JAB-CODE	24
Abbildung 8: Aufnahmen eines ungewischten (o.l.) und eines gewischten (o.r.) 8-Farben JAB-CODE und vergrößerten Aufnahmen derselben Codes	27
Abbildung 9: Verschiedene Codearten mit gleichem Inhalt	28
Abbildung 10: Farbdichte der CMYK-Volltonflächen in Abhängigkeit der Beleuchtung (ohne Beleuchtung, nach LE5).....	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zielgruppe(n) der Projektergebnisse und Grad der Nutzbarkeit.....	4
Tabelle 2: Vergleich der verschiedenen Codes	11
Tabelle 3: Verwendete Papiermuster.....	22
Tabelle 4: Abbildungen des 4-Farben JAB-CODE auf verschiedenen Papiersorten.....	23
Tabelle 5: Lesbarkeit der JAB-CODE in Abhängigkeit der verwendeten Datenmenge/Inhalt	24
Tabelle 6: Lesbarkeit der JAB-CODE (4-, 8-, 16-, 256-Farben) in Abhängigkeit der Pixelgröße	25
Tabelle 7: Abhängigkeit der Lesbarkeit der JAB-CODE bezogen auf die Wischfestigkeit	26
Tabelle 8: Auswertung der Flächen und des Flächenverhältnis bezogen auf einen DataMatrix-Code	29
Tabelle 9: Mikroskopische Aufnahme der verschiedenen JAB-CODE.....	30
Tabelle 10: Einfluss der Beleuchtung mittels UV-Licht (Lichtechtheit) auf die Lesbarkeit der JAB-CODE	31
Tabelle 11: Lesbarkeit der JAB-CODE in Abhängigkeit der Lichtart	33

2 Ausgangssituation und Problemstellung bei Antragstellung

Ausgangssituation

Die Einführung der monochromen Datamatrixcodes in der Pharmaverpackung für verschreibungspflichtige Medikamente ist gesetzlich durch die delegierte EU Verordnung 2016/161 festgelegt [1]. Die Serialisierung der einzelnen Verpackung soll, durch die Verknüpfung von Datencodes mit einer übergeordneten Datenbank, die Medikamentenfälschung erschweren um Schaden abzuwenden. Die WHO schätzt, dass jährlich ca. 1 Mio. Menschen weltweit durch die Gabe von gefälschten Medikamenten sterben [2]. Weitere Anwendungen im Bereich der Lebensmittelverpackung (Medizintechnik, Babynahrung, Kosmetik und Agrochemie) wurden bereits gestartet [3]. Die Nachverfolgung einzelner Verpackungseinheiten durch die Verbindung der Verpackung über den Code mit einer Datenbank werden allgemein bei Track&Trace-Systemen genutzt. Die Ausweitung in andere Industriebereiche hat verschiedene Vorteile:

- Überwachung der Lieferkette
- Risikominimierung von Fälschungen, Verlust und Missbrauch
- Planbarkeit von Logistikschritten (Sendungsverfolgung)

Die monochrome Darstellung der Daten hat den Nachteil der Limitierung der Datenmenge, wenn diese offline verfügbar sein soll. Deshalb ist bereits mehrfach der Code bzw. die darin gespeicherte Datenmenge vergrößert worden. Bei beschränkten Platzverhältnissen kann eine Steigerung der Datenmenge Vorteile bringen.

- Eignung von Nahrungsmitteln und Anwendung (Verfallsdatum, Allergien)
- Anwendungsratgeber (Kosmetik und Agrochemie)

Die Verknüpfung des Endverbrauchers über die Datenbank erlaubt auch eine gezielte Verfolgung von Reklamation und Kommunikation bei Störungen, durch die eindeutige Identifizierung der Verpackungseinheit. Aktuell wird eine Codierung bei Obst und Gemüse durch die GS1 diskutiert, bei der Wachstumsort und Erntedatum nachvollzogen werden kann [4]. Bereits 2008 wurden farbige Codes entwickelt, haben sich durch die Wirtschaftskrise nicht durchgesetzt. Mit dem Ultracode (AIM) wurde 2016 ein neuer Versuch gestartet. Der Einsatz von farbigen Codes ist nur mit Inkjet möglich, ein Aufbringen durch Lasercodierung oder Thermodruck ist nicht möglich.

Problemstellung

Die Entwicklung einer Messstrecke und geeigneten monochromen Prüfverfahren hat in der PTS acht Jahre gedauert. Mehrere Projekte wurden öffentlich gefördert. Der Ressourcenaufwand war groß. Die Entwicklung einer Qualitätsbestimmung von farbigen Codes auf Papier wird mit 3-5 Jahren abgeschätzt. Vor der Projektbeantragung muss eine wirtschaftliche Analyse der Einsatzchance von farbigen Codes auf der Paperoberfläche bei Faltschachtelkarton, Etiketten und anderen Verpackungspapieren untersucht werden um den Einsatz von Ressourcen zu bewerten. Notwendig wäre dazu:

- Literaturrecherche über den aktuellen Stand von farbigen Codes, Einsatzbedingungen Druckverfahren und Möglichkeiten.
 - Druckversuche der farbigen Codes auf Papier mit der vorhandenen Messstrecke und dem océ 4-Farben Drucker
-

-
- Bewertung von Fehlermöglichkeiten bei unterschiedlichen Farbkombinationen (16 – 24 und 256 Farben) Einfluss der Paperoberfläche und der Grundfarbe
 - Welche Möglichkeiten bestehen definierte Farbbereiche über Algorithmen in der Auswertung zuzuordnen
 - Auswertung Verifier nach DIN 15415 sind monochrom im Rotlicht. REA wäre bereit Überlegungen und später ein Projekt für einen polychromen Verifier durchzuführen, wenn die wirtschaftlichen Chancen bewertet sind
 - Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus der monochromen Codierung auf die polychrome Codierung (Trocknungszeit, Dimensionstabilität, Mottling, Farbeindringtiefe)
 - Minimale Größen für einen farbigen Code (Etiketten)

Die Überzeugung der Einführung von farbigen Codes ist nicht einheitlich. Verschiedene Hersteller (MM, Koehler, B&B, Rea, Videojet) halten den farbigen Code für sehr wahrscheinlich, andere (Atlantic Zeiser) glauben nicht daran. Die Entwicklung zeigt, dass eine Zunahme der Datenmenge und eine Unabhängigkeit vom aktuellen Datenzugriff notwendig ist.

3 Forschungsziel

Projektziel

Das Projektziel ist die wirtschaftliche und technische Basisbewertung des Einsatzes von farbigen Codes für die Verpackungscodierung. Die wirtschaftliche Betrachtung umfasst eine ausgiebige Recherche zu den Entwicklungen der farbigen Codes seit 2007 sowie die Kostenabschätzung für deren Einsatz im Vergleich zu monochromen Codes. Neben dieser soll die drucktechnische Umsetzbarkeit sowie mögliche Fehler (Farbfehler, Mottling, Alterung, Einfluss der Farbkombination bei unterschiedlichen Farbsystemen 8-16-24 bis zu 256 Farben) bewertet werden. Auf Basis dieser Gesamteinschätzung sollen weitere Forschungsprojekte beantragt werden. Zur Klärung der Fragestellungen soll eine Basis geschaffen werden um Interesse bei Kunden und Lieferanten in der Wertschöpfungskette zu wecken.

4 Lösungsweg bei Antragstellung

Vorbemerkung	Der Lösungsweg teilt sich in zwei Teile: Die wirtschaftliche Betrachtung umfasst eine Ausgiebige Recherche zu den Entwicklungen 2007 – 2010 und der aktuellen Entwicklung seit 2015. Der technische Teil umfasst: Erwerb des Ultracodes, Durchführung von Tests auf 3-10 handelsüblichen Papieren, Bewertung der Codes mit heutigen Geräten und Messmethoden. Die geplanten Arbeitspakete im Projekt sind wie folgt:
AP1	Zusammenstellung der aktuellen Daten seit 2007 – Einsatz von farbigen Codes, Erfolgsfaktoren und Abbruchfaktoren, Entwicklung der Datenmengen und Gegenüberstellung von Datenumfang, sowie die offline Lesbarkeit der Codes, Entwicklung von Track&Trace für den Endkunden und die Industrie
AP2	Kostenabschätzung für den Einsatz von farbigen Codes – Druckaufwand, Druckgeschwindigkeit, Kosten, Platzbedarf, Entwicklung von Messsystemen, Nutzung vorhandener Messsysteme, Abschätzung von Wahrscheinlichkeiten und Zeithorizonten zur Einführung von farbigen Codes
AP3	Erwerb des Ultracodes – Druckversuche mit dem océ 4-Farben Inkjetdrucker auf 3-10 Substraten (Karton, Etiketten, Verpackungspapiere), Prüfung der Codes mit bisherigen Verfahren, Qualifikation nach den heutigen Standards
AP4	Definition von Abweichungen durch Farbfehler, erhöhte Druckfarbenmenge, Beeinflussung der Farbkombinationen – Potenzialbeschreibung weiterer Bewertungsverfahren
AP5	Vergleich von unterschiedlichen Systemen 8-16-24 und 256 Farben – Darstellungsmöglichkeit und Definition des Colorgamuts – Abschätzung der Risiken und Chancen der verschiedenen Farbraumansätze.
AP6	Drucken von Farbflächen einzelner Farbräume – Abweichungen Mottling, Farbverschiebung, Alterung der Farben, Einflüsse von Klima
AP7	Gesamtbewertung der farbigen Codes aus den wirtschaftlichen und technischen Randbedingungen, Zusammenstellung der Daten, Bewertung von möglichen Forschungs- und Kooperationsprojekten

5 Ergebnisse

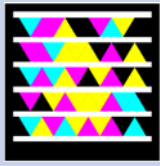
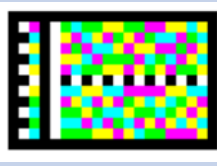
5.1 AP1 – Recherche

Aufgabenstellung Das Ziel des Arbeitspaketes war die Zusammenstellung der aktuellen Daten seit 2007 zum Einsatz von farbigen Codes, sowie die Bewertung derer Erfolgsfaktoren und Abbruchfaktoren. Die Entwicklung der Datenmengen, die Gegenüberstellung von Datenvolumen (offline Lesbarkeit der Codes) sollte betrachtet werden.

Festlegungen der PB-Sitzungen Zur besseren Vergleichbarkeit der farbigen Codes ggü. dem DataMatrix-Code sollen die Informationsdichte der einzelnen Codes auf eine standardisierte Fläche berechnet werden.

Ergebnisse & Diskussion

Tabelle 2: Vergleich der verschiedenen Codes

				
Name	DataMatrix-Code	HCCB	Ultracode	JAB-Code
Entwickler	Acuity Corp. (USA)	Microsoft	AIM - Association for Automatic Identification and Mobility (Dr. Hohberger)	BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik)
Jahr	1980	2007 - 2011	2014 (2016) -	2016 -
Datendichte	20 x 20 ECC 200 20 Bytes/Code 144x144 ECC 200 1556 Bytes/Code	3500 Zeichen / inch ² 3500 Bytes/inch²	283 Zeichen / Reihe & Spalte ~8000 Bytes/Code	< 27000 bits < 3375 Bytes/Code

Einsatz	Verpackung, Deutsche Post, GS1, Medikations- pläne, etc.	Microsoft-Tag- App (Werbung, Plakate, ...)	-	-
Farben	Schwarz/Weiß	4 oder 8 Farben CMYK, RGB	sRGB (Display- Standard) CMYK (Toner- Standard)	4-256
Lesbarkeit Scanner Smartphone	Ja	Nein	Nein	Nein
	Ja	Nein	Nein	Nein
	Ja	Ja	Ja	Ja
Besonderheiten			Für Displays und Farbdruck entwickelt	verwendet Referenz- Farbpalette redundant 4- fach in entfernten Bereichen, ist nicht ausschließlich quadratisch /rechteckig

Vergleich der farbigen Codes

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Marktrecherche zu farbigen Codes dargestellt. Der u.a. im Pharmabereich verwendete monochrome DataMatrix-Code wurde als praxisrelevantes Beispiel zu Vergleichszwecken aufgenommen. Weitere Barcodes, welche farbige Module beinhalteten (Color Construct Code, Speech Code, Unsynchronized 4D Barcode, ...) wurden ebenfalls in der Marktrecherche betrachtet [5, 6, 7]. Diese wiesen allerdings im Vergleich zu den oben aufgeführten farbigen Codes ein deutlich geringeres Marktpotential für die Anwendung in der Verpackungscodierung bzw. der Überwachung der Lieferkette auf.

Das Anwendungsfeld des *Speech Codes* beispielweise liegt darin eine große Menge an Informationen/Text zu speichern und dem Endnutzer über das Smartphone anzuzeigen und vorzulesen. Somit ist eine Anwendung eher für

beispielsweise Beipackzettel für Medikamente oder ähnliches denkbar.

Der *Unsynchronized 4D Barcode* hingegen ist ausschließlich für die Übertragung von Informationen von einem Display auf ein mobiles Endgerät (Smartphone) entwickelt wurden. Die Informationen werden zwischen beiden Geräten optisch übertragen. Da der Code zeitabhängig die Farben der einzelnen Module wechselt ist ein Drucken des Codes auf Faltschachteln oder Verpackungen ausgeschlossen. Mögliche Anwendungsgebiete sind öffentliche Webseiten, Filmsequenzen oder Werbepräsentationen bei denen mehr Informationen als mit einzelnen 2D- oder 3D-Barcodes übertragen werden sollen [8].

Der erste farbige Barcode wurde bereits 2007 durch Microsoft veröffentlicht. Der *High Capacity Color Barcode (HCCB)* sollte die bisher erhältlichen Barcodes durch eine erhöhte Datenmenge ergänzen. Der Code wurde auf Plakaten, Print-Werbung, Verpackungen, etc. aufgebracht. Mittels der Microsoft-Tag-App konnten Nutzer ein Bild des Codes aufnehmen umso weiterführende Informationen (zu Produkten, URLs, V-Cards, ...) zu erhalten. Im Jahre 2013 wurde die Aufhebung der Weiterentwicklung und Verwendung des Codes für 2015 beschlossen.

Im Jahre 2014 wurde der von Dr. Clive Hohberger entwickelte *Ultracode* durch die „Association for Automatic Identification and Mobility“ (AIM) präsentiert. Dieser wurde sowohl für die Anwendung auf Displays als auch für Farbdrucker entwickelt und war somit sowohl für den sRGB-Farbraum (Display-Standard) als auch für den CMYK-Farbraum (Tinten/Toner/Drucker-Standard) erhältlich. Mit 8000 Bytes pro Code weist er eine ca. doppelt so hohe Informationsdichte auf als bspw. der DataMatrix-Code oder der QR-Code. Laut Aussage der AIM ist der Code mit Smartphones lesbar, allerdings nicht mit handelsüblichen Scannern. Laut aktuellen Aussagen wird der Ultracode nicht weiterentwickelt. Der Grund dafür sollen die hohe Komplexität und Anfälligkeit gegenüber Problemen in der Anwendung (Knicken des Codes, Kratzer auf der Oberfläche) sein, wodurch der Code nicht mehr lesbar ist.

Der *Just Another Barcode (JAB-Code)* ist auf eine Initiative des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik zurückzuführen und wurde am Fraunhofer Institut für Sicherheit in der Informationstechnik (SIT) entwickelt. Die Informationsdichte liegt bei ungefähr der 3-fachen Menge im Vergleich zu monochromen Matrix-Codes [9]. Eine Besonderheit des JAB-Code ist, dass dieser die Referenz-Farbpalette redundant 4-fach in entfernten Bereichen verwendet. Außerdem ist er durch die Verwendung von innenliegenden Detektionspattern und Rasterpattern robuster als das exponierte Außenraster des DataMatrix-Codes. Somit kann auch auf eine Ruhezone um den Code verzichtet werden („weißer“ Rand um den Code). Theoretisch ist es möglich bis zu 256 verschiedene Farben im Code zu verwenden.

Informationsdichte

Das Vergleichen der Informationsdichte der farbigen Codes untereinander und ggü. monochromen Matrix-Codes durch das Verwenden einer standardisierten Fläche erweist sich als nicht trivial. Bereits die Größe des monochromen DataMatrix-Codes variiert je nach hinterlegter Informationen und gewählter

Modulgröße stark. Die minimale Codegröße beträgt 10 x 10 Module. Bei einer minimalen Modulgröße von 210 µm resultiert dies in einer Codegröße von 2,1 mm x 2,1 mm. Dies würde einer Datendichte von 20 Bytes/Code entsprechen und somit 4,5 Bytes/mm² ergeben. Ein ECC 200 144x144 Code hat eine Datendichte von 1556 Bytes/Code. Bei gleicher minimaler Modulgröße würde dies einer Datendichte von 1,7 Bytes/mm² entsprechen.

Für den in Tabelle 2 abgebildeten Ultracode liegt die Datendichte bei ~8000 Bytes/Code. Dies ist auf die Aussage der AIM zurückzuführen, dass pro Reihe und pro Spalte 283 Zeichen gespeichert werden können. Das Berechnen einer flächennormierten Informationsdichte ist mangels Information zu minimaler Modulgröße des Ultracodes nicht möglich.

Für den JAB-Code ist eine Auswertung der flächennormierten Informationsdichte ebenfalls nicht trivial. In der Veröffentlichung des BSI zum JAB-Code [10] wird für einen quadratischen JAB-Code eine maximal mögliche netto Informationsmenge von 27000 Bits angegeben, was einer maximalen Informationsdichte von 3375 Bytes/Code entspricht. Für den JAB-Code kann die Modulgröße beliebig von 1 Pixel aufwärts gewählt werden. Bei einer Druckauflösung von 300 dpi würde ein Pixel einer Fläche von 100 x 100 µm² entsprechen. Der JAB-Code mit einer Informationsmenge von 27000 Bits weist eine Kantenlänge von 145 Modulen auf. Bei einer minimalen Modulgröße von 1 Pixel würde dies einer Informationsdichte von 16,1 Bytes/mm² entsprechen. Dies sind allerdings nur theoretische Werte. Ob ein gedruckter Code mit diesen Abmaßen lesbar wäre, ist nicht gegeben. Auch ist diese Informationsdichte nur auf einen quadratischen JAB-Code bezogen. Eine Besonderheit dieses Codes ist aber, dass dieser nicht nur quadratisch sondern auch L-förmig oder über Eck erstellt werden kann.

Ein Vergleich der Informationsdichte der Codes untereinander ist auf Grund der variablen Parameter von Modulgröße, Codegröße und Form des Codes nur schwer möglich. Prinzipiell kann allerdings festgehalten werden, dass farbige Codes zum Teil erheblich größere Informationsdichten aufweisen können als monochrome Codes.

Robustheit

Ein wichtiger Faktor bei der Bewertung der Erfolgsaussichten der Codes ist deren Robustheit gegenüber verschiedenen Einflüssen wie bspw. der teilweisen Zerstörung der Codes (Kratzer, Knicke, Ausbleichen von Farben durch Einwirkung von Licht, Wasser). Gerade der DataMatrix-Code und auch der QR-Code überzeugen durch ihre hohe Robustheit. Durch die verwendeten Fehlerkorrektur-Algorithmen ist beispielsweise der DataMatrix-Code bei einer Beschädigung von 25% des Codes noch lesbar, der QR-Code sogar noch bei einer Beschädigung von 30% des Codes.

Innerhalb des JAB-Code wird ebenfalls ein Fehlerkorrektur-Algorithmus verwendet. Hierbei kann das Fehlerkorrekturlevel von 0 – 10 gewählt werden. Je nach Stufe liegt die Bitfehlerbehebungskapazität bei 3 – 14 % vgl. [14, Kapitel 4.4].

Die Fehlerkorrektur des Ultracodes hingegen basiert auf einem Reed-Solomon-Algorithmus, welcher auch bei QR-Codes und DataMatrix-Codes verwendet wird.

Auch kann das Fehlerkorrekturlevel, ähnlich wie beim JAB-Code, frei gewählt werden. Laut Aussage eines PbA-Mitglieds [Protokoll des ersten PbA-Treffens] ist der Ultracode trotzdem anfällig gegenüber Problemen in der Anwendung, zum Beispiel beim Knicken des Codes und Kratzer auf der Oberfläche.

Lesbarkeit (in Abhängigkeit des Lesegeräts, des Lichteinflusses, etc.)

Sowohl die geräteseitige Lesbarkeit der Codes als auch der Einfluss der Lichtverhältnisse und unterschiedlichen Wellenlängen des Lichtes ist ausschlaggebend für die Marktfähigkeit der farbigen Codes.

Lineare Barcodes, wie beispielsweise der EAN-128, aber auch die monochromen 2D-Barcodes (DataMatrix-Code) können sowohl mit Smartphones, Kameras, Scannern und Verifiern gelesen werden, sofern diese über eine geeignete Software verfügen. Dies gilt auch bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen (Lichttemperatur/-spektrum) der Umgebung. Auch ist das Scannen der Codes mit einem Rotlichtscanner problemlos möglich, da der Kontrastunterschied zwischen hellen und dunklen Elementen die binäre Information enthält.

Die farbigen Codes sind aktuell ausschließlich mit Weißlichtscannern (Smartphones, etc.) lesbar. Bei der Verwendung eines Rotlichtscanners erfolgt eine Farbortverschiebung, wodurch die Information nicht mehr entschlüsselt werden kann. Eine Ausnahme könnte hier der JAB-Code darstellen, da die Farbpalette im Code als Referenz enthalten ist. Sollte also der Farbort bzw. die Farbinformation (bspw. die L^*a^*b -Farbort) zwischen den einzelnen Farben groß genug sein, könnte der Code trotzdem lesbar bleiben. Die Auswertung der Lesbarkeit der farbigen Codes hinsichtlich verschiedener Lichtverhältnisse ist im Projekt geplant.

Mit der im Forschungsantrag beschriebenen „Offline Lesbarkeit der Codes“ ist das zur Verfügung stellen der gespeicherten Informationen im Code ohne das Vorhandensein einer Internetverbindung des Smartphones gemeint. Gerade QR-Codes werden häufig dazu verwendet mittels URLs auf eine Homepage weiterzuleiten, auf der die Kunden weitere Informationen erhalten. Für die Verpackungscodierung ist dieses weiterleiten auf eine Homepage nicht zielführend, da gerade im Einzelhandel nicht überall eine aktive Internetverbindung und somit das Abrufen der hinterlegten Informationen gewährleistet ist. Es ist festzuhalten, dass die in den Codes hinterlegten Informationen prinzipiell immer offline lesbar sind, allerdings muss die gespeicherte Datenmenge so hoch sein, dass die gewünschten Informationen allein durch das Auslesen der Codes zur Verfügung gestellt werden und nicht über eine aktive Internetverbindung stattfindet.

Fazit

Auf Grund der aktuellen Forschungsentwicklung und dem kalkulierten hohen Marktpotential wird der JAB-Code im vorliegenden Forschungsprojekt näher untersucht und auf die Analyse weiterer farbiger Codes verzichtet.

5.2 AP2 – Aufwandsbeurteilung für den Einsatz der farbigen Codes

Aufgabenstellung Kostenabschätzung für den Einsatz von farbigen Codes – Druckaufwand, Druckgeschwindigkeit, Kosten, Platzbedarf, Entwicklung von Messsystemen, Nutzung vorhandener Messsysteme. Abschätzung von Wahrscheinlichkeiten und Zeithorizonten zur Einführung von farbigen Codes.

Ergebnisse & Diskussion

Druckgeschwindigkeit/Druckaufwand

Da die farbigen Codes im Verpackungsbereich angewandt werden sollen, ist davon auszugehen, dass die Codes z.T. mittels verschiedener High-Speed-Inkjetmaschinen im Vierfarbendruck auf die Verpackungen aufgebracht werden. Für die Océ ColorStream 6000 Serie liegen die Druckgeschwindigkeiten bei 48 bis 127 m/min. Für die HP PageWide T1170 Press bzw. HP PageWide T1190 Press liegen die Druckgeschwindigkeiten bei 183 m/min bzw. 305 m/min. Diese Druckgeschwindigkeiten sind laut Aussage des Herstellers auch bei variablen „ultra-short“ Druckaufträgen möglich, somit also auch für das Drucken von variablen Daten innerhalb der Codes. Im pharmazeutischen Bereich liegt die Druckgeschwindigkeit für individualisierte DataMatrix-Codes bei bis zu 65 m/min und somit z.T. unter denen der mehrfarbigen Inkjetdrucker.

Kosten

Die Kosten für marktübliche Inkjettinten liegen für Farbstofftinten bei ca. € 15- 20 pro Liter. Der Preis für Pigmenttinten hingegen ist mit durchschnittlich € 20 – 30 pro Liter etwas höher. Tinten mit einem höheren Pigmentanteil können auch mehr kosten. Ein DataMatrix-Code besteht nur aus weißen (farblosen) und schwarzen Modulen. Geht man von einer Verteilung von 50% schwarzer und 50% weißer Module aus muss die Hälfte der Fläche des Codes mit Tinte versehen werden. Bei den JAB-Code würde z.T. die gesamte Fläche mit Farbe bedruckt werden müssen und dies auch z.T. mit mehr als 100% Farbdeckung um aus den 4 Basisfarben die bis zu 256 verschiedenen Farben zu generieren. Somit ist mit einer höheren Tintenmenge pro Code für die JAB-Code im Bezug zu den DataMatrix-Codes zu rechnen. Die höhere Farbmenge ist auch abhängig von der Größe der Codes, weswegen eine genauere Angabe der Kosten als nicht signifikant betrachtet wird. Neben den reinen Tintenkosten müssten Digitaldruckmaschinen angeschafft werden, die für die Verwendung der 4 Basistinten (CMYK) mindestens 4 Druckköpfe beinhalten müssen. Dies ist künftig auch über OEM-Lösungen denkbar, welche am Ende der Verpackungslinie integriert werden. DataMatrix-Codes können hingegen mit nur einem Druckkopf und einer Tinte gedruckt werden, wie beispielsweise der HP TIJ 2.5 Kartuschentechnologie, wodurch die Kosten für das Drucksystem geringer sind.

Platzbedarf

Mit verschiedenen Verpackungsproduzenten wurde sich innerhalb des Projekts bezüglich der maximal möglichen Fläche für variable Daten auf einer Verpackung ausgetauscht. Unter anderem wurde der Kontakt zu Nestlé aufgebaut. Konkrete Aussagen über minimal nötige oder maximal mögliche Flächen wurden durch die Angefragten nicht getroffen. Die allgemeine Vorgabe ist, dass der Code so viel Platz wie nötig und so wenig wie möglich einnehmen soll. Somit muss die für den Code verfügbare Fläche auf ein Minimum reduziert werden. Dies kann über die minimal mögliche Modulgröße, die eine einwandfreie Lesbarkeit des Codes ermöglicht, angepasst werden.

Neue Messsysteme und Nutzung vorhandener Messsysteme

Wie bereits in AP1 erwähnt kann der JAB-Code bislang nicht mit vorhandenen Rotlichtscannern und auch nicht von Verifiern ausgelesen und bewertet werden. Es gibt zwei Optionen den Code auszulesen:

1. Über <https://JABcode.org/scan> kann man mittels einer Kamera, die mit dem Rechner verbunden ist Bilder eines JAB-Code aufnehmen und diese decodieren lassen
2. Über das Fraunhofer SIT, aber auch über <https://github.com/JAB> kann man eine APK Datei für Smartphones (Android basiert) erhalten, die die Codes decodiert

Bereits während der ersten PbA-Sitzung wurde eine mögliche Integration des JAB-Code in die REA Pharma App [11] bzw. die Implementierung der JAB-Code-Software in den REA VeriCube Verifier diskutiert. Laut aktuellem Stand ist dazu ein Forschungsprojekt geplant. Ob dies eine Bewertung verschiedener Parameter des Codes, ähnlich wie für den DataMatrix-Code nach ISO IEC 15415 enthält, bleibt abzuwarten. Wünschenswert wäre hier eine ausführliche Betrachtung der Größe, Farbhomogenität, Druckzuwachs der einzelnen Module des JAB-Code. Ebenso wäre ein Vergleich der Übereinstimmung der Farben innerhalb der Referenzfarbpalette und den Modulen, die die gespeicherte Information beinhalten, wünschenswert. Auch die Kantenschärfe der einzelnen Module sollte betrachtet und ausgewertet werden.

Abschätzung von Wahrscheinlichkeiten und eines Zeithorizonts zur Einführung von farbigen Codes

Der JAB-Code wurde bereits 2017 als OpenSource Variante inklusive dem JAB-Codewriters als auch des JAB-Codereaders frei zugänglich veröffentlicht [12]. Ebenso ist es seit 2019 möglich über <https://JABcode.org/> mittels benutzerfreundlicher Oberfläche JAB-Codes unter der Verwendung unterschiedlicher Parameter zu erstellen und auch auslesen zu lassen. Inwieweit sich der JAB-Code im Verpackungsbereich durchsetzt bleibt abzuwarten. Der Code wurde bereits 2018 im ISO/IEC JTC1 SC31 Plenary [13] als zukünftiges Normungsprojekt vorgestellt. Trotzdem bleibt gerade im Hinblick auf den Ultracode und seine nicht nennenswerte Verbreitung ein gewisses Risiko, dass der JAB-Code sich nicht durchsetzen könnte.

5.3 AP3 – Erwerb des farbigen Codes und Druckversuche

AP3	Erwerb des Ultracodes – Druckversuche mit dem OCE drucker auf 3-10 Substraten (Karton, Etiketten, Verpackungspapiere) – Prüfung der Codes mit bisherigen Verfahren – Qualifikation nach den heutigen Standards
Aufgabenstellung	Das Ziel des Arbeitspakets bestand darin ein System zur Erstellung von farbigen Codes zu erwerben, die Codes selbstständig zu erstellen und mit dem an der PTS vorhandenem Drucksystem auf verschiedenen Papiersubstraten (bspw. Karton, Etiketten, Verpackungspapiere) zu drucken und deren Lesbarkeit und Qualität mit den bisher verfügbaren Verfahren zu analysieren.
Festlegungen der PB-Sitzung	Innerhalb der PbA-Sitzung wurde festgelegt, dass anders als im Antrag beschrieben, im Forschungsprojekt nicht der Ultracode sondern der JAB-Code betrachtet werden soll. Die beteiligten Kartonhersteller sicherten die Bereitstellung von Papiermustern zu. Das Fraunhofer SIT sicherte die Bereitstellung aller notwendigen Unterlagen und Informationen zur Erstellung und Auswertung der JAB-Code zu.
Erstellen und Lesen der JAB-CODE	Durch das Fraunhofer SIT wurden die Anwendungsdateien „JAB-Code Writer“ und „JAB-Code Reader“ bereitgestellt, welche auf der auf github publizierten Software beruhen. Mit dem Writer konnten JAB-Code mit verschiedenen Parametern (Farben, Modulgröße, gespeichert Information, Fehlerkorrektur, ...) als .png-Dateien erstellt werden. Um die Analyse der Lesbarkeit der JAB-Code zu vereinfachen wurde, durch das Fraunhofer SIT eine Applikationsdatei (APK) aufbauend auf dem „JAB-Code Reader“ zur Verfügung gestellt, welches auf ein an der PTS vorhandenes Android basiertes Smartphone (Samsung S4, Android-Version 5.0.1) übertragen wurde. Mit dieser APK konnte die Lesbarkeit analog zu handelsüblichen Apps für Barcodes überprüft werden. Wurden die Codes bei einer Untersuchung als nicht lesbar/dekodierbar eingestuft, wurde diese durch eine 5-fach Bestimmung der Lesbarkeit validiert.
Erstellen der Druckformen und Drucken der JAB-Code auf dem 4-Farben-Inkjetdrucker	Verschiedene JAB-Codes wurden mittels der Software GIMP in Druckformen im RGB-Farbraum zusammengefügt und als tiff-Datei gespeichert. Da der an der PTS vorhandene 4-Farben-Inkjetdrucker ausschließlich Druckformen im .IDS-Dateiformat druckt wurden die Druckformen an den Hersteller des Inkjetdruckers zum Konvertieren verschickt. Hierbei wurden die Druckformen vom RGB-Farbraum in den CMYK-Farbraum umgewandelt und als .IDS-Dateien der PTS wieder zur Verfügung gestellt. Die Druckformen wurden mit einer Auflösung von 600 dpi x 600 dpi gedruckt. Es wurden vier 10 px breite Linien in den vier Grundfarben (CMYK) senkrecht zur

Verfahrerrichtung des Druckers in die Druckformen eingebracht, sodass die Funktionsfähigkeit aller Düsen der 4 verschiedenen Druckköpfe fortlaufend überprüft wird.

Zur Bewertung der Lesbarkeit der JAB-Code, bezogen auf den Einfluss verschiedener Parameter, wurden folgende Druckformen erstellt:

1. Lesbarkeit Codes

- Verschiedene Codearten (DataMatrix-Code, QR-Code, verschiedene JAB-Code) mit gleichem Inhalt
- JAB-Code mit 4, 8, 16 und 256 verschiedenen Farben

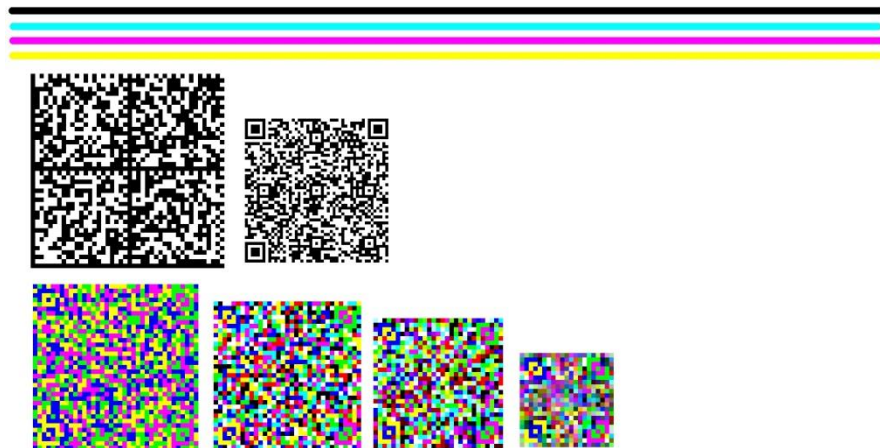


Abbildung 1: Druckform Verschiedene Codes gleichen Inhalts

2. Modulgröße

- Gleicher Inhalt für alle JAB-Code: „PTS“
 - JAB-Code mit 4, 8, 16 und 256 verschiedenen Farben
 - JAB-Code mit versch. Modulgrößen [px]: 10, 5, 3, 2, 1
-



Abbildung 2: Druckform „Modulgröße“

3. Wischfestigkeit

- Gleicher Inhalt für alle JAB-Code: „PTS“
- JAB-Code mit 4, 8, 16 und 256 verschiedenen Farben
- 4 JAB-Code ungewischt (linke Seite), 4 JAB-Code gewischt (rechte Seite) nach 1,0 s (analog zur PTS-Methode PTS-DF 103/2017) [14]



Abbildung 3: Druckform Wischfestigkeit – links ungewischt, rechts gewischt

4. Inhalt

- Der Inhalt für die JAB-Code: variiert:
 - PTS
 - PTS – fibre based solutions
 - PTS – fibre baser solutions – Sebastian Beyer Projektleiter Veredelung Verpackungen
 - PTS - fibre based solutions - Herzlich Willkommen an der Papiertechnischen Stiftung. Als Forschungs- und Dienstleistungsinstitut mit Sitz in Heidenau (bei Dresden) unterstützen wir Unternehmen aller Branchen bei der Entwicklung und Anwendung von modernen faserbasierten Loesungen. Geschäftsbereich Veredelung &

Verpackung: Wir sind Dienstleister und Entwicklungspartner fuer die Bewertung und Modifikation von Oberflaechen. In unseren modern ausgestatteten Labors bieten wir Ihnen eine leistungsfaeheige Oberflaechenanalytik, von der Beurteilung der Oberflaecheigenschaften ueber die Charakterisierung der optischen Eigenschaften bis zur Beurteilung der Bedruckbarkeit. Wir freuen uns mit ihnen zusammenarbeiten zu duerfen. Sebastian Beyer, Projektleiter Veredelung & Verpackung, Pirnaer Strasse 37, 01809 Heidenau, Tel.: 03529551669

- JAB-Code mit 4, 8, 16 und 256 verschiedenen Farben

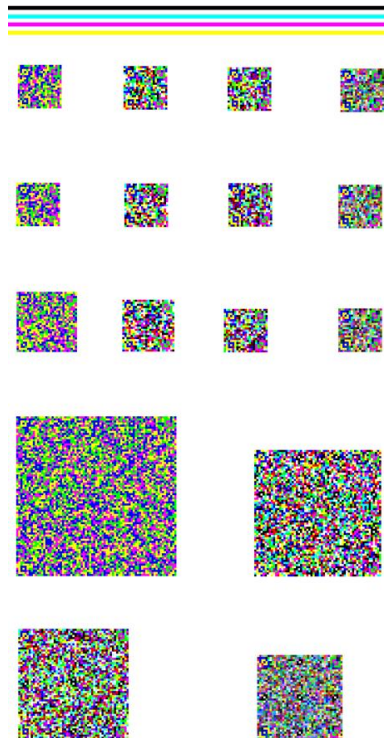


Abbildung 4: Druckform mit variierter Datenmenge

5. Lichtechtheit

- Gleicher Inhalt für alle JAB-Code: „PTS“
- JAB-Code mit 4, 8, 16 und 256 verschiedenen Farben
- 4 Volltonflächen in den CMYK-Grundfarben



Abbildung 5: Druckform Lichtechtheit

Neben den hier angegebenen Druckformen wurde außerdem der Einfluss der

Substratart bzw. des Kartonmusters, als auch der Einfluss von verschiedenen Lichtquellen auf die Lesbarkeit der Codes betrachtet und ausgewertet.

Ergebnisse

Erste Druckversuche mit 4-Farben Inkjetdrucker

In ersten Druckversuchen wurde die reine Lesbarkeit von verschiedenen Codes (QR-Code, DataMatrix-Code und verschiedenen JAB-Code) nach dem Drucken bewertet. Es wurde ein handelsübliches Kopierpapier verwendet. Es zeigte sich, dass alle Codes bis auf den 256-Farben-JAB-Code lesbar waren. Somit ist es möglich mit dem hier verwendeten Versuchsaufbau (Verfahrgeschwindigkeit 50 m/min) lesbare JAB-Code zu erzeugen und zu drucken.

In Absprache mit dem Fraunhofer SIT wurde uns mitgeteilt, dass der 256-Farben JAB-Code eher theoretischer Natur ist, als dass dieser tatsächlich zur Verwendung gedacht ist.

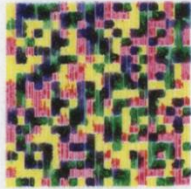
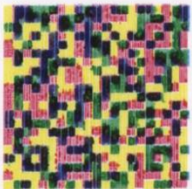
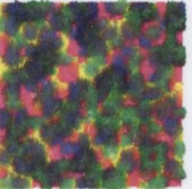
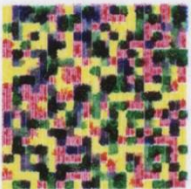
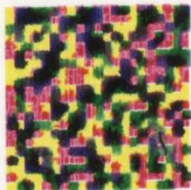
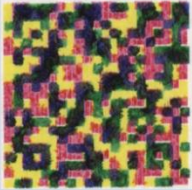
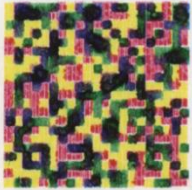
Drucken der JAB-Code auf verschiedenen handelsüblichen Kartonsorten

Zur praxisrelevanten Untersuchung der Lesbarkeit und Verdruckbarkeit der JAB-Code wurden diese auf verschiedenen handelsüblichen Kartons, Etikettenpapieren und anderen Verpackungspapieren gedruckt. In Tabelle 3 sind die verwendeten Papiermuster und ausgewählte Eigenschaften dargestellt.

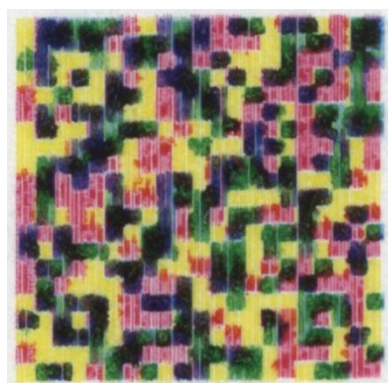
Tabelle 3: Verwendete Papiermuster

Musterbezeichnung	Hersteller	Kartontyp	Kartonart	Strich	Flächengewicht [g/m ²]	Dicke [µm]
Muster 1	Hersteller 1	Faltschachtelkarton	GC2	mehrfach gestrichen	350	600
Muster 2	Hersteller 1	Faltschachtelkarton	GC2	mehrfach gestrichen	250	390
Muster 3	Hersteller 1	Faltschachtelkarton	GC1	mehrfach gestrichen	300	490
Muster 4	Hersteller 2	Faltschachtelkarton	GC2	mehrfach gestrichen	350	570
Muster 5	Hersteller 3	Etikettenpapier		einseitig	90	73
Muster 6	Hersteller 3	Flexible Verpackungen		einseitig	70	70
Muster 7	Hersteller 3	Faltschachtelkarton		einseitig, doppelt gestrichen	350	435
Muster 8	Hersteller 3	Flexible Verpackungen		einseitig	50	48

Tabelle 4: Abbildungen des 4-Farben JAB-Code auf verschiedenen Papiersorten

Muster	Muster 1	Muster 2	Muster 3	Muster 4
4-Farben JAB				
Muster	Muster 5	Muster 6	Muster 7	Muster 8
4-Farben JAB				

In Tabelle 4 sind Abbildungen der 4-Farben JAB-Code auf den verschiedenen Papiersorten dargestellt. Keiner der abgebildeten JAB-Code ist lesbar. Dies ist auf eine sehr hohe Trocknungszeit der aufgetragenen Tinte auf den Papieren zurückzuführen, wodurch die Tinten auf dem Papier nicht schnell wegschlagen, „Tintenpfützen“ gebildet werden wodurch Mischprozessen der Tinten über die Grenzen der einzelnen Module auftreten (vgl. Abbildung 6). Am stärksten zeigt sich dieser Effekt auf Muster 3, bei dem die einzelnen Module als solches mit bloßem Auge nicht mehr erkennbar sind. Ebenso lässt sich die langsame Wegschlaggeschwindigkeit und damit einhergehende „Pfützenbildung“ innerhalb der einzelnen Module erkennen. Dies führt zu einer inhomogenen Verteilung der Tinte und verschiedenen Farbdichten innerhalb der Module (Abbildung 7), die in einer Streifigkeit innerhalb der Module resultiert.

**Abbildung 6:** Vergrößerte Aufnahme des 4-Farben JAB-Code auf Muster 1

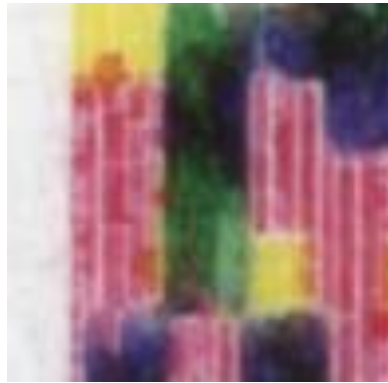


Abbildung 7: Vergrößerte Aufnahme der Module des in Abbildung 6 dargestellten 4-Farben JAB-Code

Um eine weiterführende Beurteilung der Qualität der JAB-Codes auf verschiedenen Verpackungspapieren abschließend beurteilen zu können, wäre es nötig die Druckauflösung zu reduzieren (bspw. auf 300 dpi). Leider war das mit dem zur Verfügung stehenden Drucker nicht möglich. Sollte die Reduzierung der Druckauflösung und damit der aufgetragenen Tintenmenge nicht eine deutliche Verbesserung der Lesbarkeit der Codes zeigen, wäre ein nächster Schritt den Strich der Verpackungspapiere hinsichtlich deren Saugfähigkeit durch die Papierhersteller anzupassen oder dies über das Aufbringen eines Primers zu realisieren.

Auf Grund der beobachteten Effekte und der damit einhergehende Unlesbarkeit der Codes wurden alle weiteren Druckversuche auf einem handelsüblichen Kopierpapier durchgeführt, da dieses sich in Voruntersuchungen als geeignet erwies.

Analyse des Einflusses des Inhalts auf die Lesbarkeit der JAB-Code

Die in Abbildung 4 dargestellte Druckform wurde auf das handelsübliche Kopierpapier gedruckt. Das Ziel war es herauszufinden, inwieweit die Datenmenge mit der daraus folgenden größeren Fläche des Codes, bei gleichbleibender Modulgröße, beeinflusst. In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Lesbarkeitsprüfung in Abhängigkeit des Inhalts bzw. der zugrunde liegenden Datenmenge dargestellt.

Tabelle 5: Lesbarkeit der JAB-Code in Abhängigkeit der verwendeten Datenmenge/Inhalt

		Farben			
		4	8	16	256
Daten	wenig	ja	ja	ja	nein
	mittel	ja	ja	ja	nein
	viel	ja	nein	nein	nein
	sehr viel	ja	nein	nein	nein

Es zeigt sich, dass der 4-Farben JAB-Code unabhängig von der Datenmenge lesbar ist. Der 8- und 16-Farben JAB-Code sind bei einer hohen Datenmenge (vgl. Abbildung 4) nicht mehr lesbar. Worauf dieser Effekt zurückzuführen ist, konnte im vorliegenden Projekt nicht geklärt werden. Auch hier erweist sich der 4-Farben JAB-Code robuster als die anderen JAB-Codes.

5.4 AP4 – Definition von Abweichungen durch Farbfehler

Aufgabenstellung Definition von Abweichungen durch Farbfehler, erhöhte Druckfarbenmenge, Beeinflussung der Farbkombinationen – Potenzialbeschreibung weiterer Bewertungsverfahren

Ergebnisse & Diskussion **Vergleich der Lesbarkeit der Codes in Abhängigkeit der verwendeten Modulgröße**
Die in Abbildung 2 dargestellte Druckform wurde auf das handelsübliche Kopierpapier gedruckt. Die Ergebnisse der Lesbarkeitsuntersuchung der verschiedenen JAB-Codes mit variabler Modulgrößen sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Lesbarkeit der JAB-Codes (4-, 8-, 16-, 256-Farben) in Abhängigkeit der Pixelgröße

		Farben			
		4	8	16	256
Modulgröße	1	nein	nein	nein	nein
	2	nein	nein	nein	nein
	3	nein	nein	nein	nein
	5	nein	nein	nein	nein
	10	ja	ja	ja	nein

Mit den hier verwendeten Druckparametern liegt die minimale Modulgröße bei der lesbarer JAB-Code generiert werden können, unabhängig von der verwendeten Farbpalette bzw. -anzahl, bei 10 Pixeln. Wie bereits erwähnt konnte nie ein lesbarer JAB-Code mit 256 verschiedenen Farben erzeugt werden. Dies ist wahrscheinlich auch ein Grund dafür, dass bei der Software zum Erstellen der JAB-Codes eine standardmäßige Modulgröße von 10 Px hinterlegt ist.

Einfluss der Trocknungszeit der Tinte auf die Lesbarkeit der Codes (Wischfestigkeit)

In den Untersuchungen in AP3 (Druck der JAB-Code auf handelsüblichen Kartonsorten) zeigte sich bereits, dass die Trocknungszeit der Codes, bei den hier gewählten Druckparametern und Tintenmenge (Auflösung), größer als 1 s betragen wird. Die Codes waren z.T. nach einigen Minuten noch nicht oberflächlich getrocknet. Daher wurde auch hier die Wischfestigkeit der Codes nach einer Trocknungszeit von 1,0 s (angelehnt an die PTS Methode PTS-DF 103/2017) und die daraus resultierende Beanspruchung mittels Drucktests auf dem handelsüblichen Kopierpaier durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Abhängigkeit der Lesbarkeit der JAB-Code bezogen auf die Wischfestigkeit

Farbanzahl	gewischt	Lesbarkeit [Druck]
4	nein	ja
8	nein	ja
16	nein	ja
256	nein	nein
4	ja	ja
8	ja	nein
16	ja	nein
256	ja	nein

Es zeigt sich, dass die 8- und 16-Farben JAB-Code nach einer Wischzeit von 1,0 s nicht mehr lesbar sind. Im Vergleich dazu sind die ungewischten JAB-Code bei gleicher Farbpalette lesbar. Der 4-Farben JAB-Code war sowohl ohne als auch nach dem Wischtest lesbar. Es wird daher geschlossen, dass bereits durch minimale Abtragung bzw. Übertragung von Farbbestandteilen, die nach 1,0 s noch nicht vollständig oberflächlich getrocknet sind, die Lesbarkeit der 8- und 16-Farben JAB-Code beeinflusst wird. Dies lässt sich auch durch die in Abbildung 8 gezeigten vergrößerten Aufnahmen der Module der Codes belegen. Innerhalb des gewischten Codes (Abb. 8 u.r.) sind in den schwarzen Modulen geringfügig weiße Linien zu erkennen, die auf eine Abtragung der Farbe hindeuten, welche wiederum die Lesbarkeit der Codes beeinflussen kann. Der 4-Farben JAB-Code scheint hier robuster zu sein. Dies ist möglicherweise auf die geringere Rasterung bzw. Mischung der Farben im 4-Farben JAB-Code zurückzuführen.

Die Ergebnisse sind ausschließlich bezogen auf die hier verwendete Auflösung (Tintenmenge) und das verwendete Papier zu betrachten. Die Qualität der Codes ist immer das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels aus verschiedenen Parametern der Papieroberfläche, des Drucksystems und der verwendeten Tinten.

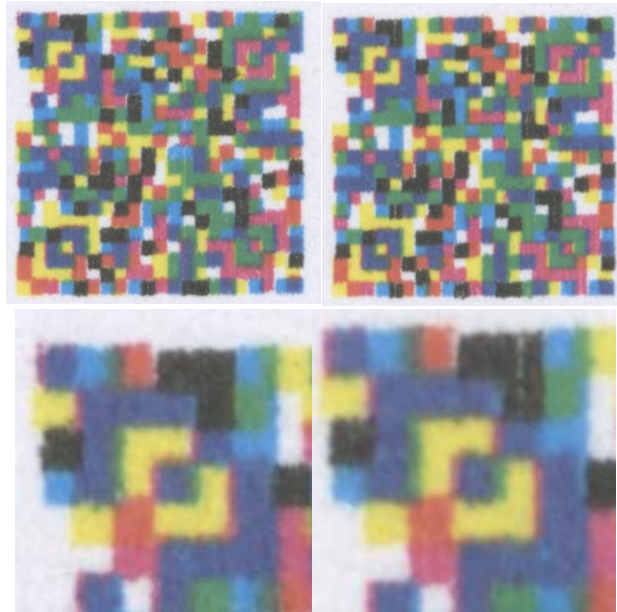


Abbildung 8: Aufnahmen eines ungewischten (o.l.) und eines gewischten (o.r.) 8-Farben JAB-Code und vergrößerten Aufnahmen derselben Codes.

5.5 AP5 – Vergleich von unterschiedlichen Farbsystemen

Aufgabenstellung

Vergleich von unterschiedlichen Systemen 8-16-24 und 256 Farben – Darstellungsmöglichkeit und Definition des Colorgamuts – Abschätzung der Risiken und Chancen der verschiedenen Farbraumansätze.

Ergebnisse & Diskussion

Vergleich der flächenbezogenen Datenmenge von verschiedenen Codes

Es wurde ein DataMatrix-Code, ein QR-Code sowie ein 2-Farben-JAB-Code, ein 4-Farben-JAB-Code, ein 8-Farben JAB-Code und ein 256-Farben-JAB-Code mit dem gleichen Inhalt erstellt und deren Fläche bestimmt. Laut Aussage des Fraunhofer SIT sind sowohl der 2-Farben als auch der 256-Farben JAB-Code nur als theoretisch mögliche Varianten zu betrachten. Beide Farbvarianten liefern keine lesbaren Codes. In Abbildung 9 sind die verschiedenen Codes abgebildet sowie die darin enthaltene Information. Die Modulgrößen der einzelnen Codes war identisch.



PTS - fibre based solutions - Herzlich Willkommen an der Papiertechnischen Stiftung. Als Forschungs- und Dienstleistungsinstitut mit Sitz in Heidenau (bei Dresden) unterstützen wir Unternehmen aller Branchen bei der Entwicklung und Anwendung von modernen faserbasierten Lösungen. Geschäftsbereich Veredelung & Verpackung: Wir sind Dienstleister und Entwicklungspartner fuer die Bewertung und Modifikation von Oberflächen. In unseren modern ausgestatteten Labors bieten wir Ihnen eine leistungsfähige Oberflächenanalytik, von der Beurteilung der Oberflächeneigenschaften ueber die Charakterisierung der optischen Eigenschaften bis zur Beurteilung der Bedruckbarkeit. Wir freuen uns mit ihnen zusammenarbeiten zu duerfen. Sebastian Beyer, Projektleiter Veredelung & Verpackung, Pirnaer Strasse 37, 01809 Heidenau, Tel.: 03529551669

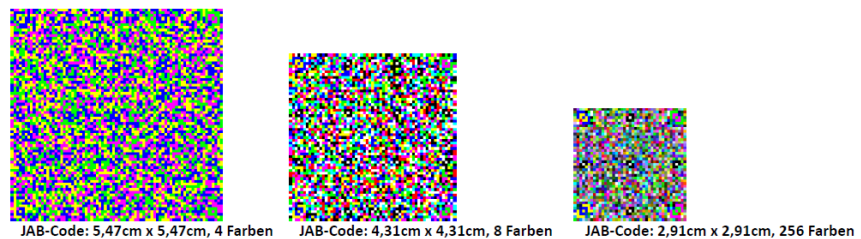


Abbildung 9: Verschiedene Codearten mit gleichem Inhalt

Tabelle 8: Auswertung der Flächen und des Flächenverhältnis bezogen auf einen DataMatrix-Code

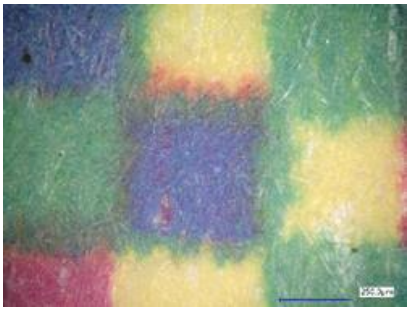
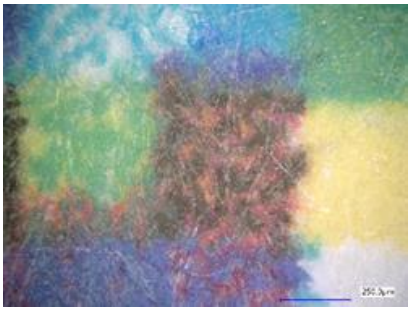
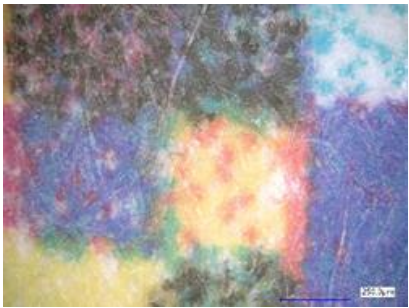
Code-Art	Farben	Fläche [cm ²]	Flächenverhältnis bezogen auf DataMatrix-Code
DataMatrix-Code	2	48,30	1
QR-Code	2	46,92	0,97
2-Farben JAB	2	54,76	1,13
4-Farben JAB	4	30,03	0,62
8-Farben JAB	8	18,49	0,38
256-Farben JAB	256	8,41	0,17

Der 256-Farben-JAB-Code kann auf derselben Fläche, bei identischer Modulgröße die bis zu 5-fache Menge (Faktor 5,7) an Daten, bezogen auf einen DataMatrix-Code mit gleichem Inhalt, speichern.

Vergleich der verschiedenen JAB-Code hinsichtlich der Farbechtheit

Die in Abbildung 1 dargestellte Druckform wurde auf handelsüblichem Kopierpapier mit dem 4-Farben Inkjetdrucker aufgedruckt. Bis auf den 256-Farben JAB-Code waren alle Codes lesbar. Unter der Verwendung eines Digitalmikroskops (VHX-900F) der Firma Keyence wurden Aufnahmen der einzelnen Codes bei derselben, definierten Vergrößerung aufgenommen. Die mikroskopischen Aufnahmen sind in der untenstehenden Tabelle abgebildet.

Tabelle 9: Mikroskopische Aufnahme der verschiedenen JAB-Code

	Mikroskopische Aufnahmen (Ausschnitt)		Mikroskopische Aufnahmen (Ausschnitt)
4-Farben JAB-CODE		16-Farben JAB-CODE	
8-Farben JAB-CODE		256-Farben JAB-CODE	

In den Aufnahmen zeigt sich, dass die 4 Druckköpfe der einzelnen Farben nicht exakt aufeinander abgestimmt sind, wodurch ein Farbübertrag in benachbarte Module stattfindet (bspw. bei 4-Farben-JAB-Code grüner „Rand“ rechts neben blauem Modul). Die maximale Ausdehnung dieses Farbübertrags liegt bei den vorliegenden Aufnahmen bei ca. 150 µm und war über bauliche Anpassungen des Druckers bzw. durch eine Anpassung der Druckköpfe aneinander („Stitchen“), nicht möglich. Dieser Übertrag scheint allerdings nicht ausschlaggebend für die Lesbarkeit der Codes zu sein, da dies bei allen Codes auftritt. Weiterhin ist in den Abbildungen zu erkennen, dass zur Generierung der richtigen Farbe der Module eine Rasterung der 4-Farben (CMYK) nötig ist. Für den 4-Farben JAB-Code und den 8-Farben JAB-Code geschieht dies annähernd vollflächig, sodass keine einzelnen Farbpunkte erkennbar sind. Bei den 16- und 256-Farben-JAB-Code sind einzelne Farbtropfen in den Modulen erkennbar. Durch diese Rasterung der Codes kann nicht die digital hinterlegte Farbe des Moduls exakt generiert werden. Somit führt die Rasterung dazu, dass die Kamera den Farbart nicht eindeutig bestimmen kann und somit die im Code erhaltenen Informationen nicht ausgelesen werden können.

5.6 AP6 – Definition von Abweichungen

Aufgabenstellung Drucken von Farbflächen einzelner Farbräume – Abweichungen Mottling, Farbverschiebung, Alterung der Farben, Einflüsse von Klima – an einem Beispiel sollen alle bekannten Risiken getestet und bewertet werden.

Ergebnisse & Diskussion

Lichtecktheit

Zur Bewertung der Lichtecktheit der Codes bzw. der Lesbarkeit der Codes in Abhängigkeit der Beleuchtungsdauer wurde die Lesbarkeit der Codes vor der Bestrahlung und danach bestimmt. Ebenso wurde die Farbdichte (mittels Spectro Eye) der einzelnen Volltonfeldern vor der Bestrahlung als auch nach der Bestrahlung bestimmt, um den Einfluss des Ausbleichens der verschiedenen Farben bewerten zu können.

Die in Abbildung 5 dargestellten Codes und CMYK-Volltonflächen wurden in einer Doppelbestimmung angelehnt an die DIN EN ISO 105 B02 bis zur Lichtecktheitsstufe LE 5 beleuchtet. Die Ergebnisse der Messungen sind in der folgenden Tabelle und Abbildung 10 dargestellt.

Tabelle 10: Einfluss der Beleuchtung mittels UV-Licht (Lichtecktheit) auf die Lesbarkeit der JAB-Codes

Muster 1			Muster 2		
Daten	Farben	Lesbarkeit [Druck]	Daten	Farben	Lesbarkeit [Druck]
ohne Beleuchtung	4	ja	ohne Beleuchtung	4	ja
LE5	4	ja	LE5	4	nein
ohne Beleuchtung	8	ja	ohne Beleuchtung	8	nein
LE5	8	nein	LE5	8	nein
ohne Beleuchtung	16	nein	ohne Beleuchtung	16	nein
LE5	16	nein	LE5	16	nein
ohne Beleuchtung	256	nein	ohne Beleuchtung	256	nein
LE5	256	nein	LE5	256	nein

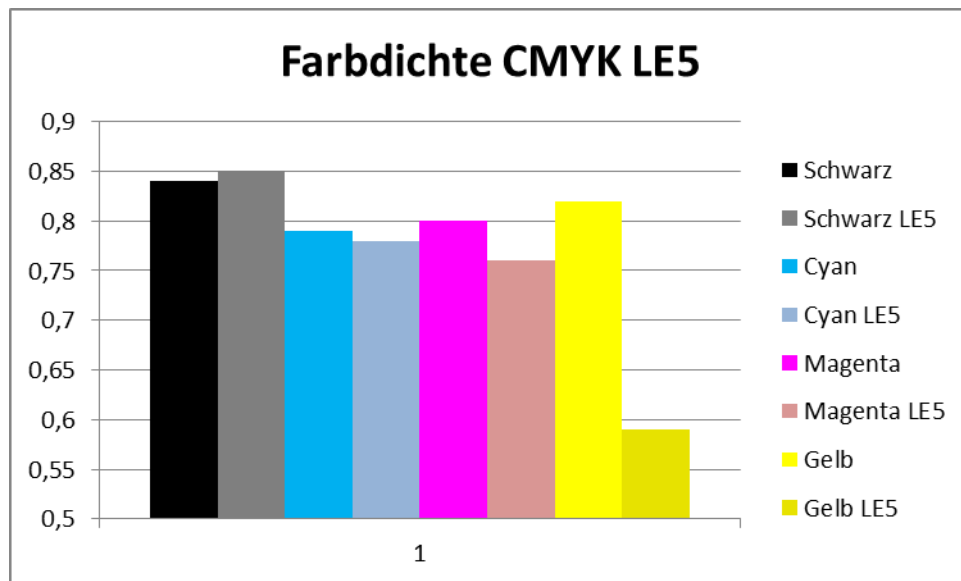


Abbildung 10: Farbdichte der CMYK-Volltonflächen in Abhängigkeit der Beleuchtung (ohne Beleuchtung, nach LE5)

In Abbildung 10 zeigt sich, dass die Farbdichte der Farben Cyan und Schwarz sich durch die Beleuchtung mit UV-Licht nicht signifikant ändern. Bei Magenta verringert sich die Farbdichte geringfügig, wohingegen die Farbdichte des Gelbs signifikant um fast 30% nach der Beleuchtung verringert ist. Da die zugrundeliegende Farbpalette in jedem JAB-Code an den Finderpatterns integriert ist, dürfte selbst eine Veränderung der Farbdichte durch eine Beanspruchung mit UV-Licht theoretisch keinen Einfluss auf die Lesbarkeit der Codes haben, da die hinterlegte Farbpalette ebenso durch das UV-Licht verändert wird, wie auch die Fläche in der die Information innerhalb des Codes gespeichert ist. Die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen ein anderes Bild. Nach der Lichtechtheitsprüfung ist ausschließlich der 4-Farben JAB-Code auf Muster 1 lesbar und zeigt sich auch gegenüber dem Einfluss von UV-Licht robuster als die anderen JAB-Code -Varianten. Der 8-Farben JAB-Code ist nur auf einem Muster nach der Lichtechtheitsprüfung lesbar. Weshalb die Lesbarkeit nur einer der beiden Codes durch die Beleuchtung beeinträchtigt ist, konnte nicht ausgewertet werden.

Der bereits beim Ultracode viel diskutierte Effekt des „Magenta-Fadeout“ [15], wobei durch die Alterung unter UV-Licht Magenta am stärksten und schnellsten ausbleicht, ist bei dem hier verwendeten System nicht der ausschlaggebende Effekt.

Somit scheint die Beleuchtung und damit einhergehende Veränderung der Farbdichte doch einen Einfluss auf die Lesbarkeit der Codes zu haben. Um diese Aussage zu bestätigen, sind zukünftige weiterführende Untersuchungen sinnvoll.

Auswertung der Lesbarkeit der Codes in Abhängigkeit der verwendeten Lichtquelle

Zur Auswertung des Einflusses der Lichtquelle auf die Lesbarkeit der farbigen

Codes wurden die in Abbildung 2 gedruckten Codes mit einer Modulgröße von 10 px bei verschiedenen Lichtquellen untersucht. Hierfür wurde u.a. ein Abmusterungsgerät der Firma Waldmann (FAK 40) die verschiedene Lichtquellen beinhaltet, verwendet. In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Untersuchungen dargestellt.

Tabelle 11: Lesbarkeit der JAB-Codes in Abhängigkeit der Lichtart

Lichtart	Farbanzahl			
	4	8	16	256
künstliches Tageslicht	ja	ja	ja	nein
reales Tageslicht (direktes Sonnenlicht)	ja	ja	ja	nein
reales Tageslicht (wolkig)	ja	nein	nein	nein
Glühlampe	nein	nein	nein	nein
Leuchtstofflampe (neutrales Weiß)	ja	ja	ja	nein
Streiflicht	ja	ja	ja	nein

Es zeigt sich, dass die Lesbarkeit der Codes von der Art der Lichtquelle abhängt. Der 4-Farben JAB-Code ist unter Verwendung der meisten Lichtquellen lesbar. Im Vergleich zu den anderen Codes ist dieser auch bei wolkigem Tageslicht lesbar und somit auch gegenüber dem Einfluss der Lichtart robuster als die anderen JAB-Code. Keiner der hier untersuchten JAB-Code war bei der Verwendung einer handelsüblichen Glühlampe als einzige Lichtquelle lesbar.

5.7 AP7 – Gesamtbewertung der farbigen Codes

Aufgabenstellung	Gesamtbewertung der farbigen Codes aus den wirtschaftlichen und technischen Randbedingungen. Zusammenstellung der Daten: Bewertung von möglichen Forschungs- und Kooperationsprojekten.
-------------------------	---

Fazit

Die Verwendung von farbigen Codes zur Verpackungs-codierung ist ein interessanter Ansatz um größere Datenmenge auf der Verpackung zu hinterlegen. Die farbigen Codes könnten hier sowohl in Track&Trace-Systemen zur Überwachung von Lieferketten, zur Minimierung von Fälschungen, Verlust und Missbrauch Verwendung finden, als auch als Datenträger zur Bereitstellung von weiterführenden Informationen zu Produkten (Nahrungsmittelleignung – Verfallsdatum, Allergene, Inhaltsstoffe; Anwendungsratgeber – Beipackzettel). Die Daten sollen offline verfügbar sein, also ohne eine Weiterleitung über eine im Code hinterlegte URL (vgl. QR-Code). Die Vorgabe ist somit, dass über einen einfachen Dekodieralgorithmus die kodierte Information dem Endkunden oder zur Weiterverarbeitung direkt zur Verfügung steht.

Eine Vielzahl von farbigen Codes wurde in diesem Projekt hinsichtlich der Marktfähigkeit zur Verpackungs-codierung untersucht. Der vom Fraunhofer SIT entwickelte JAB-Code erweist sich hierbei als erfolgversprechend, weil dieser robuster als der Ultracode beschrieben wurde.

Der Aufwand den JAB-Code zur Codierung zu verwenden, wird bei dem Vorhandensein eines Großformatdruckers als gering erachtet. Diese Druckmaschinen haben bereits die Möglichkeit Verpackungen mit LOT-Menge 1 individuell bei gleichbleibender hoher Geschwindigkeit zu bedrucken. Auch ist die höhere Tintenmenge als beispielsweise beim DataMatrix-Code marginal im Vergleich zu den Tintenmengen, welche für den Verpackungsdruck verwendet wird. Somit sind auch höhere Codierungsgeschwindigkeiten, als die aktuell praxisrelevanten von bis zu 65 m/min, realisierbar. Im Gegenzug wird die Verwendung des JAB-Code als nachträgliche Codierung, wie sie beispielsweise in der Pharmaindustrie (EU Verordnung 2016/161) vorgeschrieben ist, als aufwendiger erachtet, da nicht nur ein Druckkopf für die schwarze Farbe verwendet werden müsste, sondern mindestens 4 Druckköpfe, die aufwendig aufeinander ausgerichtet werden müssten. Der Platzbedarf bei der Verwendung des JAB-Code ist geringer, als bei der Verwendung eines 2D-Barcodes, allerdings ist dieser abhängig von der geforderten Datenmenge und der Modulgröße des Codes.

Die hier durchgeführten Tests haben gezeigt, dass die verwendeten Druckparameter ein ausschlaggebender Faktor der Marktfähigkeit der JAB-Code ist. Bei zu hohen Druckauflösungen ist die Tintenmenge zu groß um von den Verpackungspapieren schnell absorbiert zu werden, wodurch sich Tintenpfützen bilden, Mischprozesse über die Grenzen der Module auftreten und die JAB-Code nicht mehr lesbar sind. Auf den hier untersuchten Verpackungspapieren war keiner der JAB-Code bei einer Auflösung von 600 dpi lesbar. Daher wären weiterführende Untersuchungen mit anderen Drucksystemen und –tinten, sowie handelsüblichen aber auch bereits vorbehandelten (bspw. geprimerten) Verpackungspapieren notwendig.

Auch ist die gewählte Farbanzahl der JAB-Code ausschlaggebend auf die Lesbarkeit. Keiner der 256-Farben JAB-Code war während der Untersuchungen lesbar. Die höhere Robustheit gegenüber Problemen bzw. äußeren Einflüssen (Wischfestigkeit, Lichteinheit, Einfluss der Lichtquelle) ist ebenso abhängig von der gewählten Farbpalette.

Allein der 4 Farben JAB-Code war gegenüber den meisten Einflüssen resistent und weiterhin lesbar. Die Lesbarkeit der Codes ist ebenso abhängig vom gewählten Inhalt bzw. der Datenmenge. Dies ist als Ausschlusskriterium der Marktfähigkeit der JAB-Code zu sehen, da gerade die erhöhte Datenmenge für einen farbigen Code den entscheidenden Vorteil gegenüber 2D-Codes ausmacht. Es wird davon ausgegangen, dass die Lesbarkeit der Codes und eine gesteigerte Robustheit derer gegenüber äußeren Einflüssen dahingehend erreicht werden könnte, indem die Farbpalette der JAB-Code an die CMYK-Grundfarben angepasst und durch einfache Mischfarben (Grün, Blau, Violett, ...) und Weiß ergänzt werden würde.

Ausblick

Um die Marktfähigkeit von farbigen Codes (JAB-Codes) abschließend beurteilen zu können, ist eine Untersuchung der Lesbarkeit der Codes bei der Verwendung von unterschiedlichen Drucksystemen (Inkjet, Flüssigtoner, ...), sowie bei der Verwendung von verschiedenen Druckparametern nötig. Sollte dabei die Qualität der JAB durch die Anpassung von Druckparametern nicht erhöht werden, wird eine Oberflächenoptimierung der Papiere als sinnvoll erachtet. Auch wäre eine Untersuchung des Einflusses von verschiedenen Vorbehandlungen der Verpackungspapiere (Primer, Corona) wünschenswert. Außerdem wäre die Entwicklung einer standardisierten Prüfmethode zur Bewertung der Lesbarkeit der JAB-Codes, analog zur ISO/IEC 15415 bzw. der PTS-Methode PTS-DF-103/2019 zur Beurteilung der Lesbarkeit von DataMatrix-Codes wertvoll.

6 Literaturverzeichnis

- 1 Delegierte EU Verordnung 2016/161 vom 2. Oktober 2015 - https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/files/eudralex/vol-1/reg_2016_161/reg_2016_161_de.pdf
- 2 „Mit Siegel und Codes gegen Fälschungen“, Bericht auf tagesschau.de, Korrespondentin Sandra Scheuring - <https://www.tagesschau.de/inland/securpharm-101.html>
- 3 EU Verordnung 2017/745 über Medizinprodukte (MDR) vom 5. April 2017- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0745&from=DE>
- 4 GS1-Standards in der Obst- und Gemüsebranche - <https://www.gs1-germany.de/gs1-complete/branchenangebote/gs1-standards-in-der-obst-und-gemuesebranche/>
- 5 Color Construct Code - http://fileformats.archiveteam.org/wiki/Color_Construct_Code
- 6 Speech Code - <https://www.speechcode.eu/#/>
- 7 Unsynchronized 4D Barcode - <https://core.ac.uk/download/pdf/53140722.pdf>
- 8 Unsynchronized 4D Barcode, Uni Weimar - <https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/index/index/docId/853>
- 9 Ident.one „Just Another Barcode (JAB-CODE-Code)“ - <https://www.ident.one/de/2018/07/30/just-another-barcode-JAB-Code-code/>
- 10 BSI TR 03137 – Part 2: JAB-CODE Code (Just Another Bar Code) - https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/EN/BSI/Publications/TechGuidelines/TR03137/BSI-TR-03137_Part2.pdf;jsessionid=57E82D12E3F101598CCC6F5D0356407C.2_cid369?blob=publicationFile&v=2
- 11 REA CodeScan APP - <https://www.rea-jet.com/de-de/kennzeichnungstechnik-blog/detail/rea-codescan-app-de.html>
- 12 JAB-CODE auf Github als OpenSource Variante - <https://github.com/JAB-CODEcode/JAB-CODEcode>
- 13 ISO/IEC JTC1 SC31 Plenary - <https://www.eurodatacouncil.org/images/documents/AIDC-Bericht2018-r20180809.pdf>
- 14 PTS-Flyer Bewertung der Inkjetcodierbarkeit PTS-DF 103/2017 https://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/PTSPAPER/04_Partnerschaft/Dokumente/DataMatrix.pdf
- 15 AIM – The Ultracode Symbology, Clive Hohberger AIM Summit 2014 - <https://www.aimglobal.org/store/ListProducts.aspx?catid=&ftr=Ultracode>