

Versuchs- und Lehranstalt
für Brauerei in Berlin e.V.



VLB
BERLIN

Forschungsthema:

Vermeidung von Faltenbildung bei der Nassetikettierung im Mehr- und Einweg- bereich von Getränkeflaschen

AiF-Vorhaben-Nr.:

14207 N / GAG 3

Name der Forschungsstelle(n):

Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V. / Forschungsinstitut
für Maschinen- und Verpackungstechnik / Verpackungsprüfstelle

Kontakt:

Dr.-Ing. Roland Pahl, pahl@vlb-berlin.org

Bewilligungszeitraum:

1.5.2005 – 30.4.2007

IGF

Industrielle
Gemeinschaftsforschung

AiF

Forschungsnetzwerk
Mittelstand

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

SCHLUSSBERICHT



WISSEN
SCHAFFT
QUALITÄT

Impressum

Herausgeber:

Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V.
Forschungskoordination - Gerhard Andreas Schreiber
Seestraße 13, 13353 Berlin, Deutschland

Vereinsregister-Nr.: 24043 NZ, Amtsgericht Berlin-Charlottenburg

www.vlb-berlin.org

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Alle Rechte vorbehalten, sofern nicht im Text nicht anders angegeben.

Kein Teil des Berichts darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen in Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

All rights reserved (including those of translation into other languages).

No part of this book may be reproduced in any form.



Forschungsinstitut für Maschinen-
und Verpackungstechnik /
Verpackungsprüfstelle

Name der Forschungsstelle(n)

14207 N / GAG 3

AiF-Vorhaben-Nr. / GAG

01.05.2005 — 30.04.2007

Bewilligungszeitraum

Schlussbericht für den Zeitraum : 01.05.2005 — 30.04.2007

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWA über die



geförderten IGF-Forschungsvorhaben

Normalverfahren

Fördervariante ZUTECH

Forschungsthema : **Vermeidung von Faltenbildung bei der
Nassetikettierung im Mehr- und Einwegbe-
reich von Getränkeflaschen**

Für ein ZUTECH-Vorhaben sind folgende zusätzliche Angaben zu machen:

Der fortgeschriebene Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

ist beigelegt

liegt bereits vor

wird fristgerecht nachgereicht

Berlin, den 29. August 2007

Ort, Datum

Unterschrift der/des Projektleiter(s)

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung der Ergebnisse	5
2	Zielsetzung.....	6
3	Ergebnisse	7
3.1	Arbeitspaket 1: In-situ-Analyse von Etikettiervorgängen und Probenahme	9
3.1.1	Probenahme.....	9
3.1.2	Ist-Stand der Faltenbildung	9
3.1.3	Lagerung der Etiketten	10
3.1.4	Bedingungen während der Etikettierung.....	13
3.1.5	Lagerung des Vollguts.....	18
3.1.6	Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 1	27
3.2	Arbeitspaket 2: Physikalische Eigenschaften der verwendeten Etiketten	29
3.2.1	Etikettenuntersuchungen nach den STLB	29
3.2.2	Dynamisches Penetrationsverhalten	30
3.2.3	Dynamische Nassdehnung.....	31
3.2.4	Hysterese der Etiketten	32
3.2.5	Erscheinungsbild der Etiketten	33
3.2.6	Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 2.....	35
3.3	Arbeitspaket 3: Eigenschaftsbestimmung der Klebstoffe.....	36
3.3.1	Untersuchung der Etikettierklebstoffe nach den STLB	36
3.3.2	Haftigenschaften der Etikettierklebstoffe	37
3.3.3	Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 3.....	40
3.4	Arbeitspaket 4: Eigenschaftsbestimmung der Flaschen	41
3.4.1	Heißendvergütung der Flaschen	41
3.4.2	Ovalität der Flaschen.....	42
3.4.3	Ovalität und Blasenbildung am Etikett.....	44
3.4.4	Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 4.....	45
3.5	Arbeitspaket 5: Untersuchung des Etikettiervorganges	46
3.5.1	Dokumentation des Etikettiervorgangs mittels HG-Kamera.....	46
3.5.2	Vergleich der einzelnen Beleimungspaletten.....	58
3.5.3	Zustand der Beleimungspaletten.....	66
3.5.4	Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 5.....	70

3.6	Arbeitspaket 6: Identifikation der Einflussgrößen.....	71
3.6.1	Ergebnisübersicht der Arbeitspakete 1 bis 5	71
3.6.2	Korrelation der Einflussgrößen	76
3.6.3	Hypothese zur Faltenbildung.....	76
3.7	Arbeitspaket 7: Etikettierversuche im industriellen Maßstab.....	91
3.7.1	Material und Methoden der Etikettierversuche im industriellen Maßstab....	91
3.7.2	Ergebnisse der Etikettenversuche	102
3.7.3	Ergebnisse der Versuche mit Etikettierklebstoffen	107
3.7.4	Versuchsergebnisse zur Maschinenteknik	111
3.7.5	Versuchsergebnisse Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche	117
3.7.6	Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 7.....	119
3.8	Arbeitspaket 8: Entstehung von Faltenbildung und Möglichkeiten der Beseitigung und Vermeidung.....	125
3.8.1	Hypothese der Faltenbildung und Gewichtung der Einflussfaktoren	125
3.8.2	System Nassetikettierung.....	127
3.8.3	Möglichkeit zum Gegensteuern	128
3.8.4	Dauerhafte Beseitigung der Faltenbildung – ein Lösungsweg.....	128
4	Gegenüberstellung der Ergebnisse und der Zielsetzung	131
5	Nutzen der erzielten Ergebnisse	133
5.1	Wissenschaftlich-technischer Nutzen für KMU	133
5.2	Wirtschaftlicher Nutzen für KMU.....	133
5.3	Innovativer Beitrag der Ergebnisse.....	134
5.4	Industrielle Anwendungsmöglichkeiten.....	134
6	Veröffentlichungen.....	136
6.1	Bisherige Veröffentlichungen	136
6.2	Geplante Veröffentlichungen	137
7	Literaturhinweise.....	139
8	Abkürzungsverzeichnis und Symbole	140
9	Anhang	141
9.1	Einzelmesswerte – Gleichgewichtszustand im Etikettenstapel.....	141
9.1.1	B1	141
9.1.2	B2.....	141

9.1.3 B3	142
9.2 Einzelmesswerte – Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche	142
9.2.1 B1M1	142
9.2.2 B1M3	143
9.2.3 B2M1	143
9.2.4 B2M2	144
9.2.5 B3M1	144
9.3 Einzelmesswerte – Charakteristische Eigenschaften der Etiketten	145
9.3.1 B1M1	145
9.3.2 B1M2	146
9.3.3 B1M3	147
9.3.4 B2M1	148
9.3.5 B2M2	149
9.3.6 B3M1	150
9.3.7 B3M2	151
9.4 Einzelmesswerte – Ovalität der Flaschen	151
9.5 Zuordnung der Beleimungspaletten zu den Probeflaschen	152
9.5.1 B1M1	152
9.5.2 B1M3	152
9.5.3 B2M1	153
9.5.4 B2M2	154
9.5.5 B3M1	154
9.6 Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche im Etikettiertechnikum	155
9.7 Dynamisches Penetrationsverhalten der Versuchsetiketten	156
9.7.1 Metallisierte Etiketten	156
9.7.2 Nicht metallisierte Etiketten	157
9.8 Dynamisches Nassdehnung der Versuchsetiketten	158
9.8.1 Metallisierte Etiketten	158
9.8.2 Nicht metallisierte Etiketten	159
9.9 Hysterese der Versuchsetiketten	160
9.10 Taupunkt von Wasser	161
9.11 Ergebnisse der Maschinenversuche	161

1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Das Forschungsvorhaben „Faltenbildung bei Flaschenetiketten“, das aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit über die AiF gefördert wurde, verfolgte zwei Ziele:

1. Auf der Basis von breit angelegten Untersuchungen sollten die Ursachen der Bildung von Falten und die Haupteinflussgrößen auf diesen Prozess ermittelt werden.
2. Erstellen eines Regelwerkes, das es den Anwendern ermöglicht, die Faltenbildung bei der Etikettierung von Getränkeflaschen zu vermeiden, beziehungsweise zu beseitigen.

In den Arbeitspaketen 1 bis 5 fand eine umfassende Untersuchung des Etikettiervorgangs in drei Brauereien statt. Auf Grundlage dieser Daten wurde in Arbeitspaket 6 die Hypothese zur Faltenbildung entwickelt. Diese beschreibt, wie sich bei der Nassetikettierung zunächst eine Anfangsfalte bildet und anschließend wieder zurückgebildet. Des Weiteren konnten die Haupteinflussgrößen identifiziert werden, die bestimmen, ob die Rückbildung der Anfangsfalte vollständig abläuft oder durch eine unvollständige Rückbildung Faltenbildung auftritt. Das erste Ziel wurde mit Arbeitspaket 7 erfüllt, in dem diese Erkenntnisse durch Versuche im industriellen Maßstab vervollständigt wurden, so dass die Haupteinflussgrößen auf die Faltenbildung ergänzt und gewichtet werden konnten.

Das zweite Ziel, die Erstellung eines allgemein gültigen Regelwerkes zur Vermeidung oder Beseitigung der Faltenbildung konnte, aufgrund der komplexen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Einflussgrößen, nur bedingt erreicht werden. Die Kenntnis über die Vorgänge bei der Faltenbildung, die erstmals in dieser zusammenhängenden und umfassenden Form veröffentlicht werden, in Verbindung mit dem Wissen um die speziellen Gegebenheiten der eigenen Abfüllung, sind für die Abfüllbetrieb jedoch von hohem Nutzen bei der Vermeidung oder Beseitigung der Faltenbildung. Darüber hinaus wird den Abfüllbetrieben eine Möglichkeit aufgezeigt, wie sie bei akuter Faltenbildung, durch stufenweise Erhöhung der eingesetzten Klebstoffmenge, kurzfristig gegensteuern können. Für die Beseitigung einer dauerhaft auftretenden Faltenbildung wird ein Lösungsweg vorgeschlagen, der zunächst eine Analyse der Abfüllsituation vorsieht und bei Fortbestehen des Problems, die nächsten Schritte für eine schnellstmögliche Beseitigung der Faltenbildung beschreibt. Die Aufgabe des ursprünglich vorgesehenen Regelwerkes, aufzuzeigen wie die Faltenbildung vermieden oder beseitigt werden kann, konnte somit dennoch erfüllt werden.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

2 Zielsetzung

Etiketten dienen als Packhilfsmittel, die Informationen über den Inhalt des Gebindes transportieren. Gesetzliche Vorgaben, wie zum Beispiel Verkehrsbezeichnung, Herstellerangaben, Zutatenverzeichnis, Mindesthaltbarkeitsdatum, eventuell Alkoholgehalt, Nennfüllmenge, Steuerklasse und Nährwertkennzeichnung müssen ebenfalls auf ihm vermerkt sein. Der Informationsaustausch erfolgt sowohl zwischen den einzelnen Schritten der Wertschöpfungs- und logistischen Kette als auch zwischen Produkt und Endkunde im Einzelhandel. Da in der Getränkeindustrie oft Flaschen gleichen Typs eingesetzt werden, sind die Gebinde, die Getränke verschiedener Hersteller beinhalten, für den Endkunden visuell nur über das aufgeklebte Etikett zu unterscheiden. Aber auch bei den Individualflaschen, die zunehmend Verwendung finden, spielt das Etikett natürlich eine wichtige Rolle.

Das Etikett stellt somit für die Getränkehersteller ein wesentliches Marketing-Instrument dar, um sich vom Wettbewerb abzuheben. Die angestrebte Wirkung wird ein Etikett aber nur dann entfalten können, wenn es fehlerfrei positioniert ist und vollflächig, falten- und beulenfrei auf der Flasche aufliegt. Die faltenfreie, perfekt sitzende Flaschenausstattung unterstreicht den hohen Qualitätsanspruch an das Getränk. Insbesondere die letztgenannte Forderung kann oft nicht eingehalten werden. Diese Faltenbildung kann, neben Reklamationen an die Papierindustrie, Druckerei, Metallisierer, Abfüllindustrie, Leimhersteller und Anlagenhersteller, auch einen Wettbewerbsnachteil, durch Verzicht des Kunden auf dieses Produkt, nach sich ziehen.

Das Ziel des Forschungsprojektes war es, auf der Basis von breit angelegten Untersuchungen, die Ursachen der Bildung von Falten und die Haupteinflussgrößen auf diesen Prozess zu ermitteln. Daraus sollte ein Regelwerk erstellt werden, das es den Anwendern ermöglicht, diesen Fehler bei der Etikettierung von Getränkeflaschen zu vermeiden, bzw. zu beseitigen.

3 Ergebnisse

Aufgrund der Komplexität der Problemstellung erfolgte die Bearbeitung des Projektes in mehreren Arbeitspaketen, deren Ergebnisse in den folgenden Abschnitten wiedergegeben werden.

Die Untersuchungen im Rahmen der Arbeitspakete 1 bis 6 dienten der Identifikation der zahlreichen möglichen Einflussgrößen auf die Faltenbildung. Sie umfassen drei Brauereien mit insgesamt sieben verschiedenen Biermarken. Tabelle 1 enthält eine Übersicht über die Kennzeichnung der in diesem Schlussbericht untersuchten Brauereien und deren Biermarken, sowie den eingesetzten Flaschentyp. In Tabelle 2 sind die Kurzbezeichnungen für die in den Brauereien eingesetzten Etikettierklebstoffe aufgelistet.

Tabelle 1: Kennzeichnung der untersuchten Brauereien und Biermarken

Brauerei	Biermarke	Kennung	Flaschentyp
1	1	B1M1	Ale (0,5 Liter)
	2	B1M2	Ale (0,5 Liter)
	3	B1M3	NRW (0,5 Liter)
2	1	B2M1	NRW (0,5 Liter)
	2	B2M2	NRW (0,5 Liter)
3	1	B3M1	Ale (0,5 Liter)
	2	B3M2	Ale (0,33 Liter)

Tabelle 2: Kennzeichnung der verwendeten Etikettierklebstoffe

Hersteller	Marke Etikettierklebstoff	Kennung
1	1	K1M1
	2	K1M2
	3	K1M3
	4	K1M4
	5	K1M5
2	1	K2M1
3	1	K3M1
4	1	K4M1

Nach der Identifikation der Einflussgrößen erfolgte in Arbeitspaket 7 die Überprüfung und Gewichtung der Einflussgrößen, durch Versuche im industriellen Maßstab. Diese konnten unter konstanten Rahmenbedingungen und bei gezielter Manipulation einzelner Einflussgrößen durchgeführt werden.

Sämtliche Ergebnisse wurden in Arbeitspaket 8 zu einem Modell der Faltenbildung verdichtet. Dieses dient den Abfüllbetrieben bei der Vermeidung oder Beseitigung von Faltenbildung. Es wird eine Möglichkeit aufgezeigt, bei akuter Faltenbildung kurzfristig gegenzusteuern und ein Lösungsweg zur nachhaltigen Beseitigung der Faltenbildung vorgeschlagen.

3.1 Arbeitspaket 1: In-situ-Analyse von Etikettiervorgängen und Probenahme

Das Ziel von Arbeitspaket 1 war es, die Rahmenbedingungen, unter denen die Etikettierung in Brauereien durchgeführt wird, zu dokumentieren. Anhand dieser breiten Datenbasis war es möglich, geeignete Versuchsparameter für die nachfolgenden Arbeitspaketen festzulegen. Des Weiteren erfolgte die Probenahme für die Untersuchungen in den Arbeitspaketen 2 bis 4.

3.1.1 Probenahme

Im Rahmen der In-situ-Analyse wurde von allen sieben untersuchten Biermarken jeweils ein Stapel Bauchetiketten zur Untersuchung in die Verpackungsprüfstelle der VLB Berlin verbracht (siehe Arbeitspaket 2). Um deren Unversehrtheit zu gewährleisten, wurden die Etiketten für den Transport in Zip-Tüten oder Einmachgläsern luftdicht verschlossen und für die weiteren Untersuchungen im klimatisierten Etikettenprüfraum (Normklima: $23\text{ °C} \pm 1\text{ K}$ bei $50\% \text{ rF} \pm 2\%$) der Verpackungsprüfstelle aufbewahrt. Auf die Beprobung der Etikettenrohstoffe wurde verzichtet, da für die Beurteilung der Faltenbildung das Endprodukt Etikett ausschlaggebend ist.

Die bei diesen Biermarken verwendeten Etikettierklebstoffe wurden für die Charakterisierung der Klebstoffeigenschaften ebenfalls beprobt und in luftdicht verschlossenen Behältern zur VLB Berlin transportiert. Die Lagerung erfolgte wiederum im klimatisierten Etikettenprüfraum (siehe Arbeitspaket 3).

Für die Untersuchung der Flascheneigenschaften wurden von jeder Biermarke jeweils 12 Flaschen beprobt. Jeweils zur Hälfte wurden Flaschen ausgewählt, deren Etiketten entweder keine oder aber eine sehr ausgeprägte Faltenbildung aufwiesen (siehe Arbeitspaket 4).

3.1.2 Ist-Stand der Faltenbildung

Für eine erste Einschätzung der untersuchten Biermarken, nach ihrer Neigung zur Faltenbildung und mit welcher Intensität der Faltenbildung zu rechnen ist, wurde von jeder Marke der Ist-Stand der Faltenbildung bestimmt.

Durchführung

Hierfür wurden mindestens 96 Flaschen einer Palette aus dem Vollgut-Lager, die über den gesamten Querschnitt der Palette gleichmäßig verteilt waren, auf Faltenbildung untersucht. Als Falte wurde gewertet, was mit dem Auge als Erhebung zu erkennen war und deutlich mit den Fingern erfühlt werden konnte. Eine leichte Welle am Etikettenrand, die optisch kaum zu erkennen und mit den Fingern nicht fühlbar war, wurde nicht als Falte gewertet.

Ergebnis

Das Ergebnis der Auswertung ist in Tabelle 3 zusammengefasst. Die Falten waren überwiegend im Bereich der Greiferfingerlücken zu finden. Die Greiferfingerlücken sind klebstofffreie Stellen zwischen Etikett und Flasche, die durch die Aussparungen in den Beleimungspaletten hervorgerufen werden.

Tabelle 3: Flaschen mit Faltenbildung

Marke	Flaschen mit Faltenbildung in %	n
B1M1	100	500 *
B1M2	98	500 *
B1M3	95	500 *
B2M1	76	100 **
B2M2	8	100 **
B3M1	91	96 **
B3M2	74	96 **

n = Anzahl der untersuchten Flaschen (Aufgrund des enormen Zeitaufwandes wurde die Anzahl untersuchter Flaschen bei den Brauereien 2 und 3 auf 100 bzw. 96 Flaschen reduziert.)

* Untersucht wurden jeweils fünf übereinander stehende Kästen von fünf verschiedenen Europaletten (1 Europalette = 5 Lagen mit jeweils 8 Kästen).

** Untersucht wurden jeweils drei Flaschen aus jeder Kiste einer Europalette.

Bewertung

Nach dieser Momentaufnahme der Faltenbildung, zur ersten Einschätzung, zeigen die Marken der Brauerei 1, mit 95 % bis 100 % die höchste Neigung zur Faltenbildung. Gefolgt von den Marken der Brauerei 3, mit 74 % und 91 %. Bei der Brauerei 2 unterscheiden sich die beiden untersuchten Marken, mit 8 % und 76 % deutlich voneinander. Somit ist bei den untersuchten Marken mit Faltenbildung im Bereich zwischen null und 100 % zu rechnen.

3.1.3 Lagerung der Etiketten

Für eine einwandfreie Verarbeitbarkeit von Etiketten, auch nach einer längeren Lagerzeit, müssen Papieretiketten bei geeigneten klimatischen Bedingungen aufbewahrt werden. Um eine Vorschädigung der Etiketten durch unsachgemäße Lagerung und damit eine Beeinflussung der weiteren Untersuchungen auszuschließen, wurden die Lagerbedingungen in den untersuchten Brauereien mittels Datenlogger protokolliert.

Durchführung

Diese Untersuchungen umfassten die Aufzeichnung der Temperatur (T) und der relativen Luftfeuchtigkeit (rF) im Etiketten-Lager, über einen Zeitraum von mindestens sechs Tagen. Zusätzlich wurden, im Rahmen einer visuellen Begutachtung des Etiketten-Lagers, die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Gleichgewichtszustand in den einzelnen Etikettenstapeln mit einem Stechhygrometer bestimmt.

Ergebnis

Ideale Umweltbedingungen für die Lagerung sind 18 – 22 °C bei etwa 55 – 70 % relativer Luftfeuchtigkeit [1 (S. 197)]. Abbildung 1 zeigt, dass die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Etiketten-Lager der Brauerei 1 in etwa diesen Idealbedingungen entsprachen. Bei Brauerei 2 weichen die gemessenen Werte von den Idealbedingungen ab. Abbildung 2 belegt, dass die relative Luftfeuchtigkeit um den Wert 40 % rF pendelt und sich zweimal dem Bereich um 30 % rF nähert.

Umweltbedingungen im Etiketten-Lager - Brauerei 1

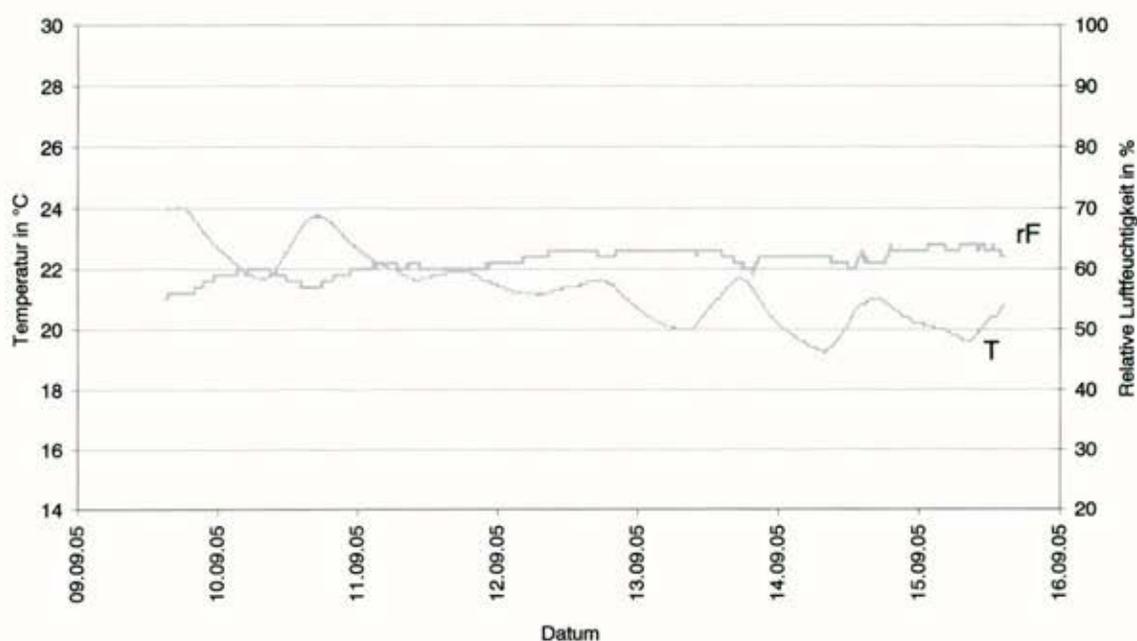


Abbildung 1: T und rF im Etiketten-Lager der Brauerei 1

Umweltbedingungen im Etiketten-Lager - Brauerei 2

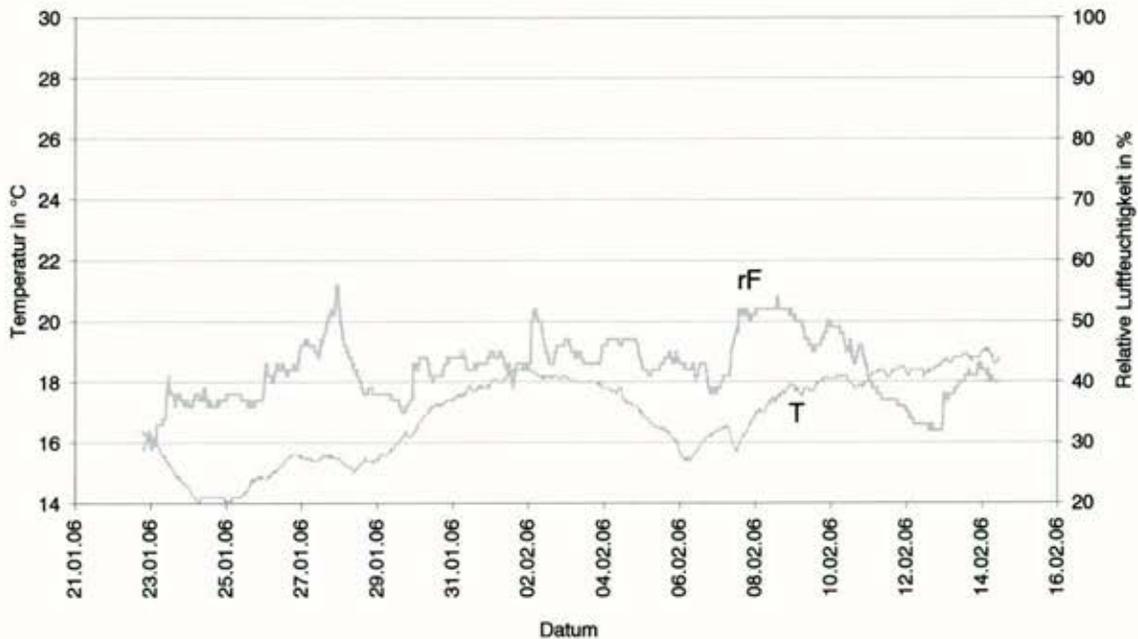


Abbildung 2: T und rF im Etiketten-Lager der Brauerei 2

Die Ergebnisse einer Stichprobe mit dem Stechhygrometer, zur Bestimmung des Gleichgewichtszustandes der Luft in den Etikettenstapeln, sind Tabelle 4 zu entnehmen. Bei allen drei Brauereien liegen die Umweltbedingungen zum Zeitpunkt der Stichprobe im Einklang mit den oben genannten, idealen Lagerbedingungen von Etiketten. Auch die Ergebnisse des Gleichgewichtszustandes zeigen keinerlei Auffälligkeiten (Einzelmesswerte des Gleichgewichtszustandes sind im Anhang in Abschnitt 9.1 aufgelistet).

Die in Tabelle 4 aufgelisteten Beschreibungen der einzelnen Etiketten-Lager geben ebenfalls keinen Anhaltspunkt für eine unsachgemäße Lagerung.

Tabelle 4: Umweltbedingungen im Etiketten-Lager und Gleichgewichtszustand im Stapel

Brauerei	Umweltbedingungen im Etiketten-Lager zum Zeitpunkt der Stichprobe (n = 1)		Gleichgewichtszustand im Etikettenstapel	
	T	rF	T	rF
1	23 °C	57 %	22 °C (s = 0,2) *	52 % (s = 4,6) *
2	22 °C	55 %	22 °C (s = 0,2) **	47 % (s = 3,8) **
3	19 °C	55 %	19 °C (s = 0,2) ***	53 % (s = 1,8) ***

n = Anzahl der Einzelmessungen; * n = 15; ** n = 6; *** n = 10

Tabelle 5: Beschreibung der Etiketten-Lager

Brauerei	Beschreibung des Etiketten-Lagers
1	<p>Raum (L * B): Etwa 14 * 14 m</p> <p>Belüftung: 3 Ventilatoren, zum Zeitpunkt der Begutachtung nicht im Betrieb (werden laut Brauereiangaben nicht eingesetzt)</p> <p>Licht: 1 Oberlicht, schwach beleuchtet</p> <p>Lagerung: In Kartons, mit Folie ummantelt, auf Holzpaletten in Regalen</p> <p>Handhabung: Öffnung bei Bedarf, Lagerung an der Etikettiermaschine</p>
2	<p>Raum (L * B): L-Förmig, etwa 18 * 14 + 13 * 6 m</p> <p>Belüftung: Keine</p> <p>Licht: Fenster, hell</p> <p>Lagerung: In Kartons, mit Folie ummantelt, auf Holzpaletten am Boden</p> <p>Handhabung: Öffnung bei Bedarf, Lagerung an der Etikettiermaschine</p>
3	<p>Raum (L * B): Etwa 19 * 12 m</p> <p>Belüftung: Belüftungseinrichtung vorhanden, nicht in Betrieb</p> <p>Licht: hell</p> <p>Lagerung: In Kartons, mit Folie ummantelt, auf Holzpaletten</p> <p>Handhabung: ---</p>

Bewertung

Die Aufzeichnungen des Datenloggers, die Stichproben der Umweltbedingungen sowie die Besichtigung der einzelnen Etiketten-Lager ergaben keine Auffälligkeiten, die auf eine fehlerhafte Lagerung und damit auf eine negative Beeinflussung der Etikettierbarkeit schließen lassen. Bei Brauerei 2 wurden die Etiketten jedoch teilweise zu trocken gelagert, was bei einer längeren Lagerung zu Verarbeitungsschwierigkeiten, wie zum Beispiel abstehende Ecken, führen kann. Da nur ein kleiner Zeitraum der Lagerung beobachtet wurde, kann eine bereits eingetretene Schädigung der Etiketten nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

3.1.4 Bedingungen während der Etikettierung

An der Etikettiermaschine kommen alle vier an der Etikettierung direkt beteiligten Komponenten zusammen. Die Flaschen, die Etiketten, der Etikettierklebstoff und die Maschinenteknik. Die Rahmenbedingungen, die bei diesem Zusammentreffen vorherrschen, könnten einen Einfluss auf das Ergebnis der Etikettierung ausüben und wurde im Rahmen dieses Arbeitspaketes möglichst umfassend dokumentiert, um für die nachfolgenden Arbeitspaketen geeignete Versuchsparameter festzulegen.

Durchführung

Die Aufzeichnung der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mit einem Datenlogger, der während der Dauer der Etikettierung an der Etikettiermaschine angebracht wurde.

Die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Etikettenstapel wurde mittels Stechhygrometer ermittelt. Die Etikettenstapel wurden während der laufenden Produktion

in unmittelbarer Nähe zur Etikettiermaschine gelagert. Die Messung erfolgte im Etikettenstapel auf der Etikettenzuführung der Etikettiermaschine.

Die Produkttemperatur des Bieres wurde mit einem Thermometer, direkt am Auslauf der Etikettiermaschine bestimmt.

Die Temperatur des Etikettierklebstoffes wurde während der laufenden Produktion an der Leimwalze der Etikettiermaschine, vor dem Leimschaber gemessen.

Für die Bestimmung der Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche wurden jeweils zehn abgefüllte und verschlossene Flaschen in tarierte Zip-Tüten eingepackt und luftdicht verschlossen. Die Entnahme der Flaschen erfolgte während längerer, unterbrechungsfreier Produktionsphasen, um Schwankungen der Feuchtigkeitsmenge durch unterschiedlich lange Transportzeiten zwischen den Einzelaggregaten auszuschließen. Die Entnahmestelle befand sich jeweils nach dem Luftmesser zum Abblasen der Feuchtigkeit, etwa drei bis sechs Meter vor dem Einlauf der Flaschen in die Etikettiermaschine. Eine Ausnahme bildet B1M1, bei der die Flaschen im Massentransport, etwa 10 m vor der Etikettiermaschine und noch vor dem Luftmesser entnommen wurden. Die Tüten mit den feuchten Flaschen wurden gewogen und das Gewicht der trockenen Flaschen und der Tüten davon abgezogen. Die Differenz ist die Feuchtigkeit, die über die gesamte Oberfläche der Flasche verteilt war.

Ergebnis

Die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft an der Etikettiermaschine ist Abbildung 3 bis Abbildung 6 zu entnehmen. Bei den drei untersuchten Brauereien lag die relative Luftfeuchtigkeit bei etwa 50 bis 60 % rF, mindestens jedoch bei 40 % rF. Die Temperatur lag zwischen 20 und 24 °C. Aus Abbildung 6 geht hervor, dass die relative Luftfeuchtigkeit während des Produktionsstillstandes am Wochenende deutlich, auf unter 30 % rF, absinkt und bei Wiederaufnahme der Produktion erneut sprunghaft ansteigt.

Umweltbedingungen an der Etikettiermaschine - B1M1

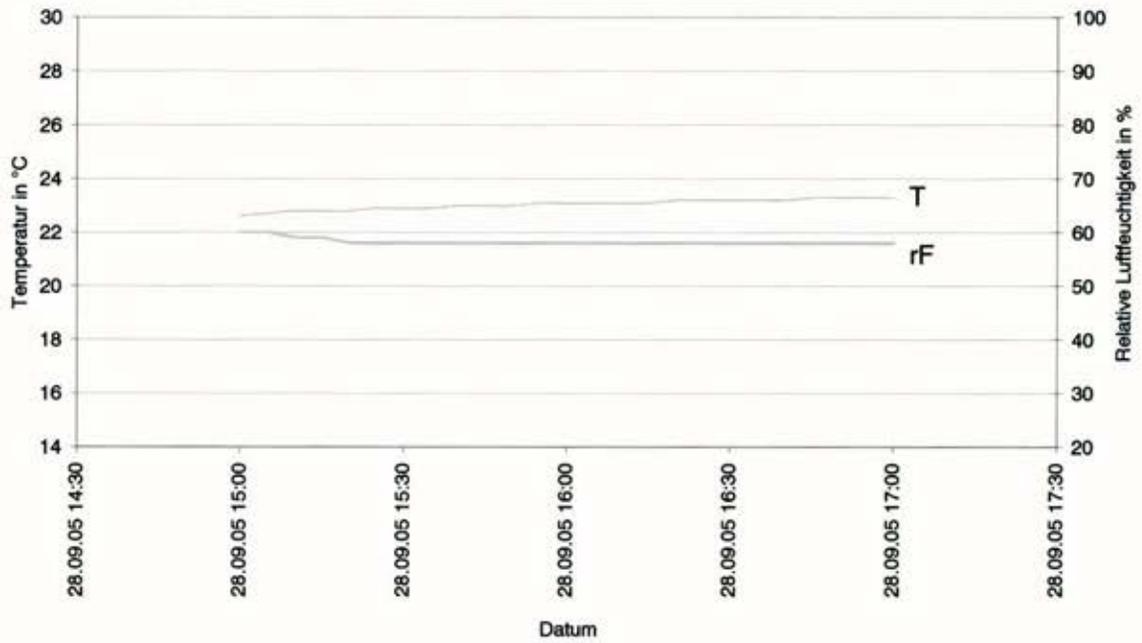


Abbildung 3: Umweltbedingungen an der Etikettiermaschine – B1M1

Umweltbedingungen an der Etikettiermaschine - B1M3

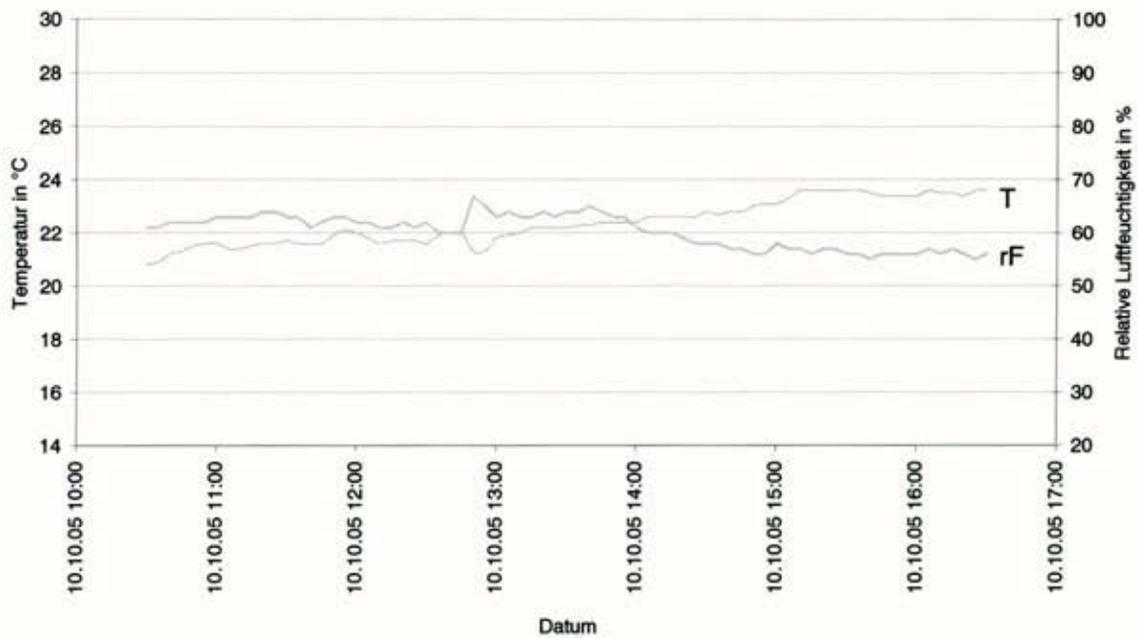


Abbildung 4: Umweltbedingungen an der Etikettiermaschine – B1M3

Umweltbedingungen an der Etikettiermaschine - B2M2 - Tagesproduktion

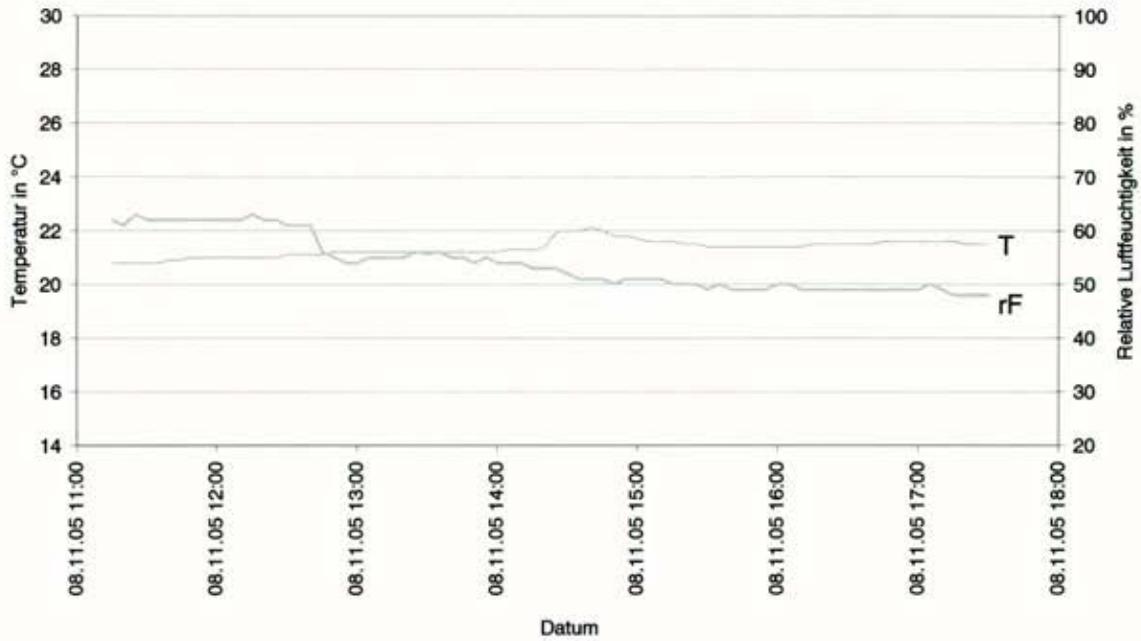


Abbildung 5: Umweltbedingungen an der Etikettiermaschine – B2M2

Umweltbedingungen an der Etikettiermaschine - B2M2 - Wochenzyklus

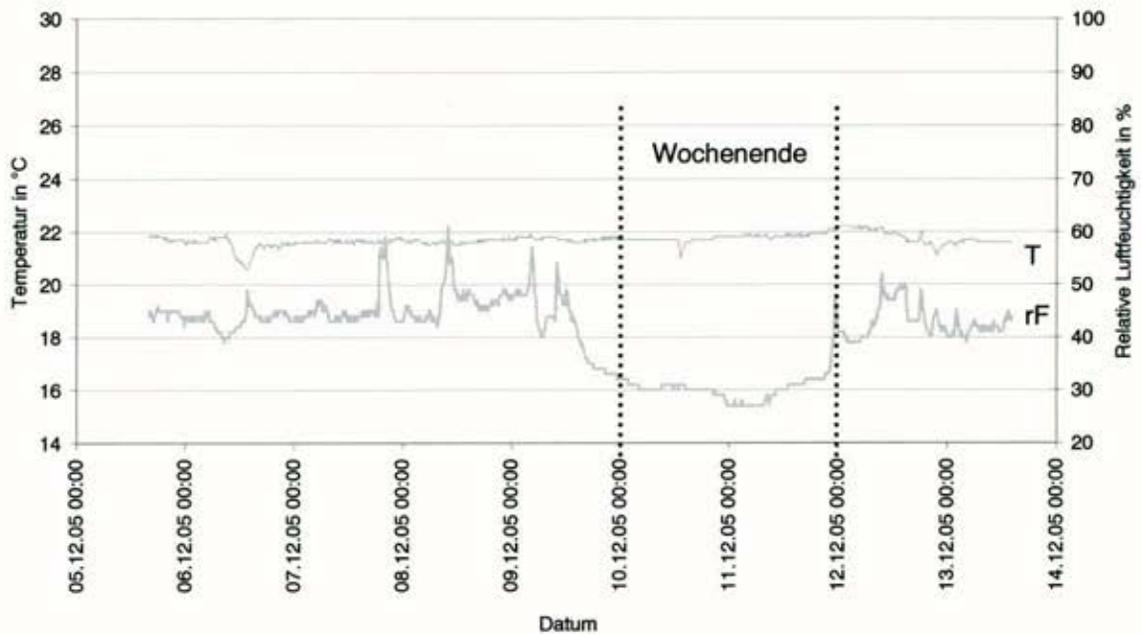


Abbildung 6: Umweltbedingungen an der Etikettiermaschine über eine Woche – B2M2

In

Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Untersuchung aufgelistet. Es hat sich gezeigt, dass die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Etikettenstapel in allen drei Brauereien annähernd dem Normklima (23 °C bei 50 % rF) entsprachen.

Bei der Abfülltemperatur (Temperatur des Füllgutes direkt nach dem Verschließer) waren deutliche Unterschiede zwischen den Brauereien feststellbar. Die kälteste Abfüllung wurde bei Brauerei 2 mit 7 °C durchgeführt. Brauerei 1 füllte mit 15 °C ab und auch Brauerei 3 befand sich mit 13 °C Biertemperatur bei der Abfüllung im hohen Temperaturbereich für eine Bierabfüllung. Die Abfülltemperatur ist mitbestimmend, zusammen mit der Temperatur des Flaschenglases nach der Flaschenreinigungsmaschine, welche Oberflächentemperatur auf der Flasche herrscht. Aufgrund der spezifischen Wärmekapazität von Bier kann davon ausgegangen werden, dass die Oberflächentemperatur der Flasche annähernd der Abfülltemperatur entspricht. Je höher die Abfülltemperatur, desto geringer ist die Neigung zur Schweißwasserbildung und damit die Feuchtigkeitsmenge, die vom Etikett aufgenommen werden kann.

Die Klebstofftemperaturen bewegten sich zwischen 25 °C und 33 °C und lagen damit im für Etikettierklebstoffe üblichen Temperaturbereich.

Die Feuchtigkeit auf den Flaschen schwankte deutlich zwischen den untersuchten Brauereien. Bei Brauerei 3 erreichten die Flaschen die Etikettiermaschine in fast trockenem Zustand, mit 0,17 g Wasser auf der Flaschenoberfläche. Die Flaschen der Brauereien 1 und 2 waren feuchter. Bei Brauerei 1 befanden sich bei Marke B1M1 0,45 g auf der Flaschenoberfläche bzw. 0,50 g bei Marke B1M3. Eine noch höhere Feuchtigkeitsmenge war bei Brauerei 2 zu finden, mit 0,62 g auf Marke B2M1 und 0,59 g auf Marke B2M2. Die Einzelmesswerte zur Bestimmung der Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche sind in Abschnitt 9.2 im Anhang aufgelistet.

Die Feuchtigkeit, die sich kurz vor dem Einlauf zur Etikettiermaschine auf der Flaschenoberfläche befand, korreliert bei den untersuchten Brauereien nicht mit den Abfülltemperaturen. Mögliche Ursachen hierfür sind weitere Einflüsse auf die Feuchtigkeitsmenge. Zum Beispiel unterscheiden sich die Verweildauer der Flaschen auf den Transportstrecken der Brauereien, durch unterschiedlich lange Förderstrecken zwischen Füll- und Etikettiermaschine, sowie ungleichen Anlagenausbringungen und Pufferkapazitäten. Zudem bestehen Unterschiede in der Überschwällung der Flaschen nach dem Verschließer, zum Entfernen von Produktresten, und der Anordnung der Luftmesser, zur Beseitigung der Feuchtigkeit.

Tabelle 6: Dokumentation der Etikettierung

Untersuchung	B1M1	B1M2	B1M3	B2M1	B2M2	B3M1	B3M2
T (Etikettenstapel)	22 °C ***	---	23 °C *	20 - 27 °C ***	22 - 23 °C ****	---	---
rF (Etikettenstapel)	50-54 % rF ***	---	53 % rF *	41-54 % rF **	47-55 % rF ****	---	---
T (Abfülltemperatur)	14 °C **	---	14 °C *	7 °C *	10 °C **	13 °C **	---
T (Etikettierklebstoff)	28 °C **	---	29 °C *	28 - 29 °C **	25 - 27 °C **	30 - 33 °C *	---
m (Feuchtigkeit Flasche)	0,45 g (s = 0,089) *****	---	0,50 g (s = 0,039) *****	0,62 g (s = 0,080) *****	0,59 g (s = 0,098) *****	0,17 g (s = 0,064) *****	---

n = Anzahl der Einzelmessungen; * n = 1; ** n = 2; *** n = 3; **** n = 9; ***** n = 10

Bewertung

Aufgrund der besonderen Gegebenheiten der Bierabfüllung, wie der Einsatz einer Flaschenreinigungsmaschine, die Überschwallung der Flaschen nach dem Verschließen und die Verwendung von Bandschmiermitteln, befindet sich in den Abfüllhallen viel Feuchtigkeit in der Luft (mindestens 40 % rF bei etwa 22 °C), die sich auf den kühlen Flaschenoberflächen (≤ 14 °C) niederschlagen kann. Mit wie viel Feuchtigkeit auf der Oberfläche die Flasche den Einlauf der Etikettiermaschine erreicht, hängt allerdings auch von anderen Faktoren, als der Abfülltemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit, ab. Zum Beispiel von der Transportdauer der Flaschen oder der Effektivität der Luftmesser, die mit Druckluft die Oberflächenfeuchtigkeit der Flasche entfernen.

Welche Feuchtigkeitsmenge sich nach der Abfüllung im Vollgut-Lager auf der Flasche erneut niederschlägt, hängt jedoch überwiegend von der Abfülltemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit während dem Abtrocknen ab.

Die etikettierten Flaschen verschiedener Brauereien kommen somit nicht mit vergleichbaren Voraussetzungen im Vollgut-Lager an. Sie unterscheiden sich in der Feuchtigkeit, die sich bereits auf der Flaschenoberfläche befindet, und in der Abfülltemperatur, welche für die weitere Schwitzwasserbildung verantwortlich ist. Innerhalb einer Brauerei kann aber davon ausgegangen werden, dass die Flaschen bei der Einlagerung in das Vollgut-Lager die gleichen Ausgangsbedingungen haben, da die klimatischen Bedingungen während der Etikettierung, bei allen drei Brauereien, keinen signifikanten Schwankungen unterlagen.

3.1.5 Lagerung des Vollguts

Nach der Etikettierung werden die frisch etikettierten Flaschen im Vollgut-Lager bis zu ihrem Weitertransport zum Getränkefachgroßhandel oder zum Endkunden,

zwischenlagert. Während dieser Zeit trocknen die feuchten Etiketten ab und der Etikettierklebstoff härtet aus.

Für diese Vorgänge sind vier Einflussgrößen verantwortlich. Zunächst das Etikettenpapier, das bestimmt, wie schnell die Feuchtigkeit aus dem Etikettierklebstoff und von der Flaschenoberfläche vom Etikett aufgenommen und an die Oberfläche transportiert wird. Die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Vollgut-Lager beeinflussen anschließend das dynamische Gleichgewicht zwischen der feuchten Etikettenoberfläche und der Luftschicht direkt über der Flasche. Die Luftströmung im Vollgut-Lager, als vierte Größe, ist dafür verantwortlich, wie schnell diese Luftschicht und damit die Feuchtigkeit von der Flaschenoberfläche abtransportiert wird.

Ausgehend von diesen vier Einflüssen, wurden die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit in zwei Brauereien erfasst. Darüber hinaus wurden, für die Einschätzung der Luftströmungen, die Bauart der Vollgut-Lager und die Anordnung der Europaletten mit Vollgut dokumentiert. Auch das Kastendesign und die Verweildauer der Flaschen im Vollgut-Lager wurden erfasst. Des Weiteren wurde in Brauerei 1 ein Abtrocknungsversuch durchgeführt. Eine Einschätzung des Feuchtigkeitstransportes durch das Etikettenpapier war nicht Bestandteil dieses Arbeitspaketes.

3.1.5.1 Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Vollgut-Lager

Die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit sind bestimmend für das dynamische Gleichgewicht zwischen der feuchten Etikettenoberfläche und der Luftschicht direkt über der Flasche.

Durchführung

Aus diesem Grund wurden die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Vollgut-Lager in zwei Brauereien mittels Datenlogger erfasst.

Ergebnis

Bei dieser Untersuchung wurden Differenzen zwischen den einzelnen Brauereien sowie innerhalb einer Brauerei festgestellt. Bei Brauerei 1 schwankte die Temperatur im September über zwei Tage zwischen 22 °C und 27 °C, während sich die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 60 % rF bewegte (Abbildung 7). Im Oktober (Abbildung 8) waren die Temperaturen im Vollgut-Lager geringer und lagen in den Grenzen 16 °C und 22 °C. Die relative Luftfeuchtigkeit dagegen war höher als im Vormonat, zwischen 45 und 70 % rF.

Umweltbedingungen im Vollgut-Lager - Brauerei 1 - September

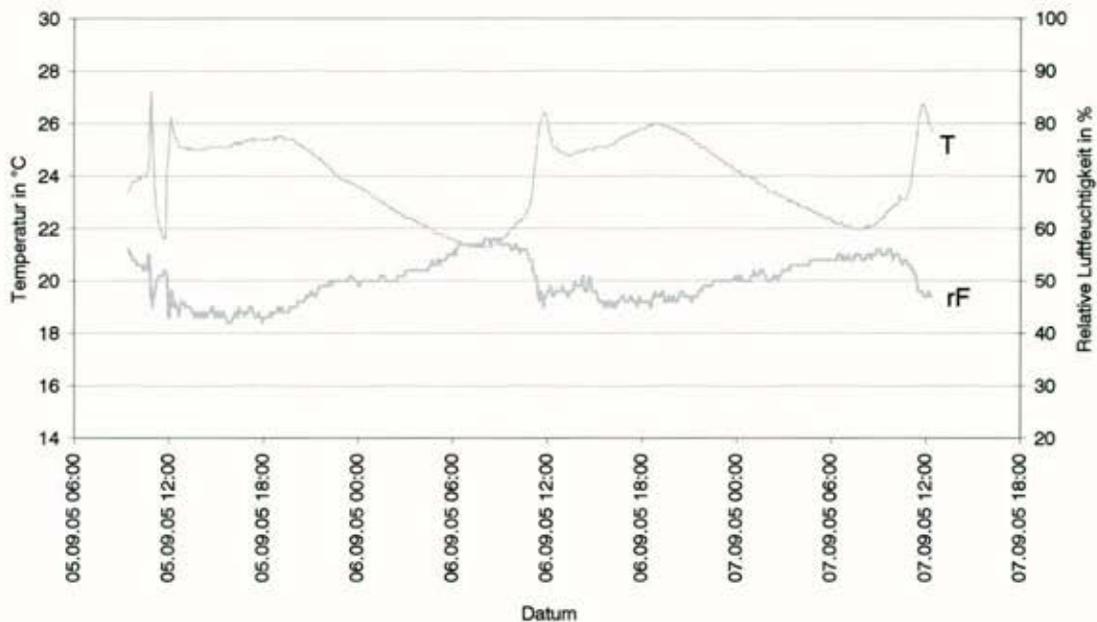


Abbildung 7: T und rF im Vollgut-Lager der Brauerei 1 im September

Umweltbedingungen im Vollgut-Lager - Brauerei 1 - Oktober

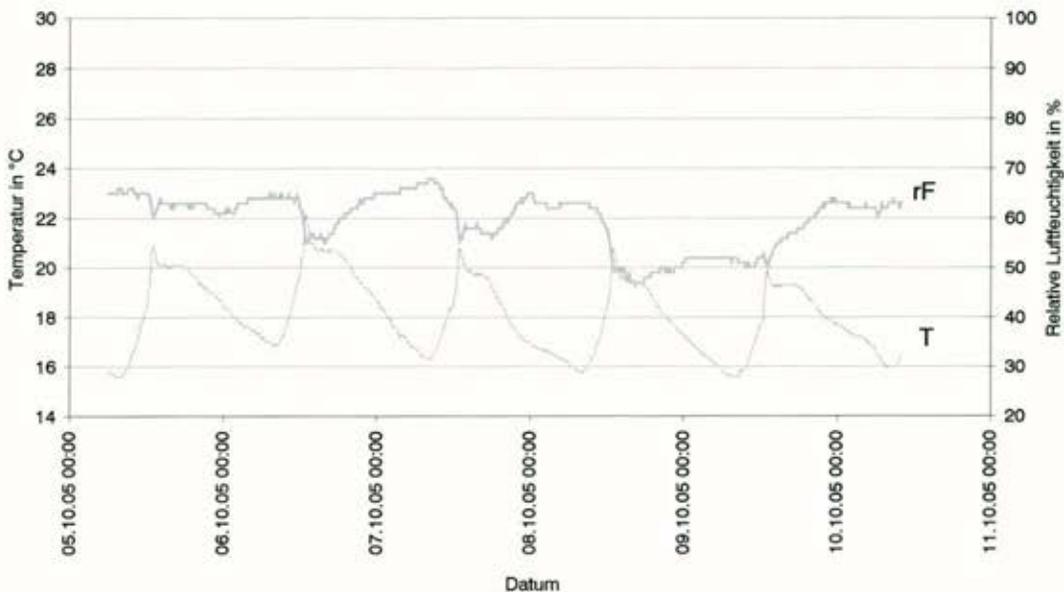


Abbildung 8: T und rF im Vollgut-Lager der Brauerei 1 im Oktober

Bei Brauerei 2 bewegte sich die Temperatur in Halle 1 im Tagesrhythmus etwa ± 1 °C um den Wert 21 °C. Erst ab dem 09.06.2006 stieg sie jahreszeitbedingt auf ein Maximum von 25 °C an. Die relative Luftfeuchtigkeit variierte zwischen 30 und 55 % rF (Abbildung 9).

In Halle 2 derselben Brauerei lag die Temperatur, bei vergleichbaren Außentemperaturen, um etwa 2 °C niedriger als in Halle 1. Dies hatte zur Folge, dass die relative Luftfeuchtigkeit in Halle 2 gegenüber Halle 1 deutlich erhöht war. Sie bewegte sich etwa zwischen 60 und 85 % rF (Abbildung 10).

Umweltbedingungen im Vollgut-Lager - Brauerei 2 - Halle 1

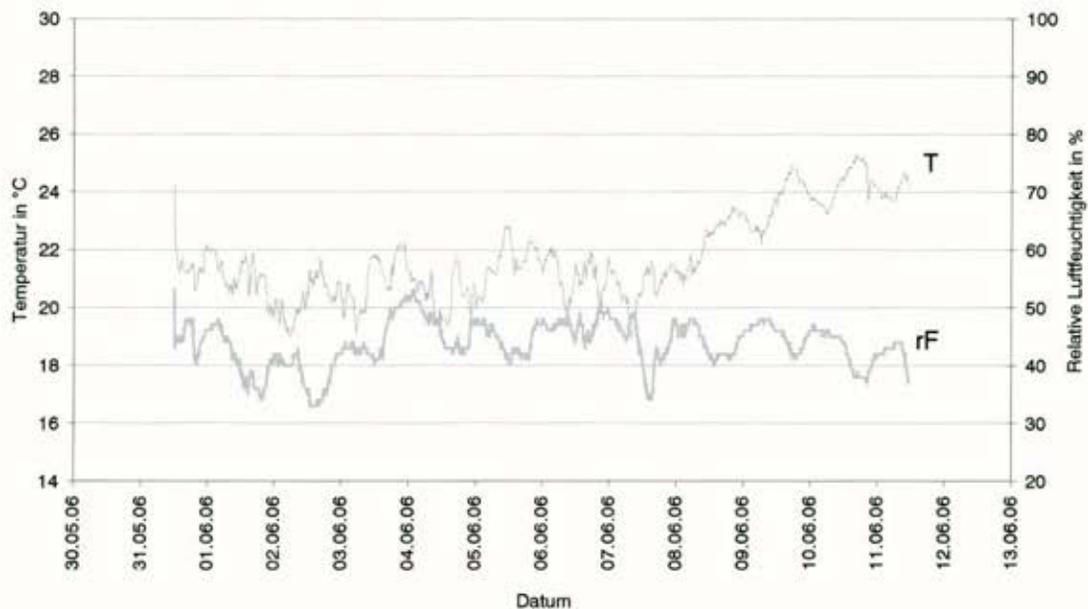


Abbildung 9: T und rF im Vollgut-Lager der Brauerei 2 – Halle 1

Umweltbedingungen im Vollgut-Lager - Brauerei 2 - Halle 2

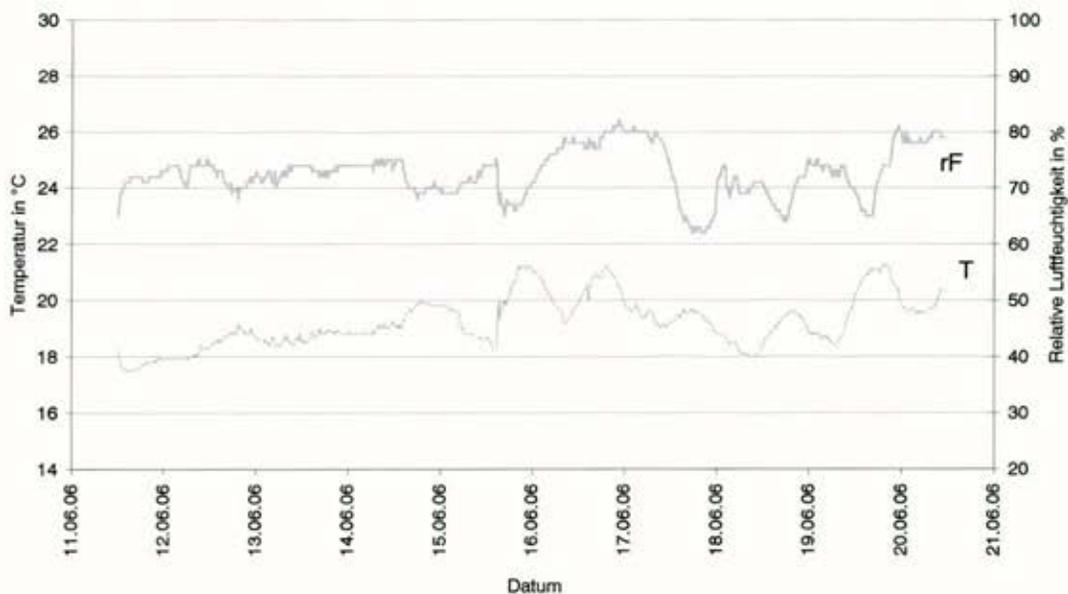


Abbildung 10: T und rF im Vollgut-Lager der Brauerei 2 – Halle 2

In allen Darstellungen der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit in den Vollgut-Lagern der Brauereien (Abbildung 7 bis Abbildung 10) sind stets deutliche Schwankungen im Tagesrhythmus feststellbar. Auch unterscheiden sich die Werte im September bei Brauerei 1 eindeutig von den Werten im Oktober. Daher ist anzunehmen, dass sich die Wetterbedingungen auch auf die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Lager auswirken.

3.1.5.2 Bauart der Vollgut-Lager

Die Bauart des Vollgut-Lagers beeinflusst die Luftströmungen und damit das Abtrocknungsverhalten der etikettierten Falschen.

Durchführung

Im Rahmen einer Begehung der Vollgut-Lager wurden der Gebäudetyp, die Art der Belüftung und der Geruch im Lager, sowie die Lichtverhältnisse und die mögliche Stapelhöhe in Europaletten dokumentiert.

Ergebnis

In Tabelle 7 sind die Kurzbeschreibungen der Vollgut-Lager aufgeführt. Die Vollgut-Lager der Brauereien 1 und 3 sowie Halle 1 der Brauerei 2 wiesen bei der Besichtigung keine Auffälligkeiten auf. In Halle 2 der Brauerei 2 war jedoch der Zersetzungsgeruch von Kaseinklebstoff deutlich wahrnehmbar. Als Ursache hierfür wird die Bauart des Gebäudes vermutet. Die Konstruktion aus dickem Stahlbeton, in Verbindung mit einer tiefen Decke und geringer Belüftung sorgen dafür, dass die tiefen Temperaturen des frischen abgefüllten Vollguts, die Temperatur in der Halle ebenfalls niedrig halten. Dies hat zur Folge, dass die relative Luftfeuchtigkeit ansteigt und die Etiketten, bzw. der Etikettierklebstoff, nur unzureichend Abtrocknen und Aushärten kann. Dies macht sich nach einiger Zeit, durch Zersetzung des Kaseins im Etikettierklebstoff, geruchlich bemerkbar.

Tabelle 7: Beschreibung der Vollgut-Lager

Brauerei	Beschreibung des Vollgut-Lagers
1	<p>Gebäudetyp: Halle, Wellblechdach auf Stahlkonstruktion, Wände aus Stahlbetonelementen</p> <p>Belüftung: Über die Zufahrtstore, Fenster im Dachgiebel</p> <p>Geruch: Neutral</p> <p>Licht: Hell, keine direkte Sonneneinstrahlung</p> <p>Höhe: 5 Europaletten (theoretisch mögliche Stapelhöhe)</p>
2, Halle 1	<p>Gebäudetyp: Halle</p> <p>Belüftung: Über die Zufahrtstore</p> <p>Geruch: Neutral</p> <p>Licht: Hell, keine direkte Sonneneinstrahlung</p> <p>Höhe: ---</p>
2, Halle 2	<p>Gebäudetyp: Halle, Dach und Wände aus Stahlbeton</p> <p>Belüftung: Über die Zufahrtstore</p> <p>Geruch: Modrig, nach sich zersetzendem Kasein</p> <p>Licht: Dunkel</p> <p>Höhe: 3 Europaletten (theoretisch mögliche Stapelhöhe)</p>
3	<p>Gebäudetyp: Halle</p> <p>Belüftung: Über die Zufahrtstore</p> <p>Geruch: Neutral</p> <p>Licht: Hell, keine direkte Sonneneinstrahlung</p> <p>Höhe: ---</p>

3.1.5.3 Anordnung der Europaletten mit Vollgut

Nicht nur durch die Gebäudeform und der Anordnung der Belüftung, auch durch die Anordnung der Europaletten ergeben sich Unterschiede bei den Luftströmungen im Vollgut-Lager der einzelnen Brauereien. Je dichter die Europalettenreihen nebeneinander gestapelt werden, desto weniger kann die Luft zwischen den Reihen zirkulieren. Auf diese Weise wird das Abtrocknen und Aushärten, im Vergleich zu Europalettenreihen die weiter auseinander stehen, verzögert. Innerhalb einer Europalettenreihe führt der Fahrtwind, verursacht durch Flurförderfahrzeuge, ebenfalls zu unterschiedlichen Luftströmungen. Die vordersten Europaletten einer Reihe werden durch den Fahrtwind, aber auch durch die Luftströmung bei offenen Hallentoren, schneller abgetrocknet als Europaletten die ganz hinten in der Reihe stehen.

Ergebnis

Die Anordnung der Europalettenreihen in den untersuchten Brauereien wurde, im Rahmen der Begehung der Vollgut-Lager, nicht dokumentiert, da die Aufstellung der Europaletten, durch Einlagerung neuer Paletten aus der Abfüllung und Verladen von Paletten aus dem Vollgut-Lager, ständig variiert.

3.1.5.4 Design der Flaschenkästen

Einen zusätzlichen Einfluss auf die Luftströmungen, welche die Feuchtigkeit von der Flaschenoberfläche entfernen, übt das Flaschenkastendesign aus. Bei Flaschenkästen mit fast vollständig geschlossenen Seitenwänden (zum Beispiel bei der Verwen-

derung von In-Mould Labeln) wird die Luft beim Durchströmen des Flaschenkastens behindert. Was dazu führt, dass bei diesen Kästen die Feuchtigkeit langsamer von der Flaschenoberfläche weg transportiert wird, als dies bei offenen Kästen der Fall wäre.

Durchführung

Die Flaschenkästen wurden im Rahmen der Begehung der Vollgut-Lager dokumentiert.

Ergebnis

In den drei Brauereien waren verschiedenste Flaschenkastentypen vorhanden. Von offenen Kästen mit sehr guter Durchlüftung bis zu Kästen mit hohen, geschlossenen Seitenwänden.

3.1.5.5 Verweildauer im Vollgut-Lager

Je nach Umweltbedingungen dauern das Abtrocknen der Etiketten und das Aushärten des Etikettierklebstoffes zwischen wenigen Stunden und mehreren Tagen. Bei einem kleinen Vollgut-Lager oder bei einem hohen Bierabsatz kann es vorkommen, dass die Europaletten das Vollgut-Lager verlassen, noch bevor das Etikett durch Abtrocknung und Aushärtung des Etikettierklebstoffs vollständig fixiert wurde.

Ergebnis

In Tabelle 8 sind die Verweilzeiten der einzelnen Biermarken, nach Angaben des Abfüllpersonals der jeweiligen Brauerei, aufgelistet. Sie variieren zwischen einem Tag und etwa zwei Wochen.

Tabelle 8: Verweildauer im Vollgut-Lager

Kennung	Verweildauer im Vollgut-Lager
B1M1	1 – 2 d
B1M2	3 – 4 d
B1M3	4 d
B2M1	7 – 14 d
B2M2	7 d
B3M1	---
B3M2	---

3.1.5.6 Abtrocknungsversuch in Brauerei 1

Wie stark sich die drei Einflussgrößen Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftströmung auf die Faltenbildung auswirken, wurde durch einen Abtrocknungsversuch überprüft.

Durchführung

Bei diesem Versuch wurden einzelne Flaschen, aus zwei Europaletten (1 Europalette = 5 Lagen mit 8 Kästen) derselben Charge, direkt nach der Etikettierung auf deren Faltenbildung hin untersucht. Anschließend wurden die Flaschen bei unterschiedlichen Bedingungen über 24 Stunden getrocknet und erneut auf Faltenbildung untersucht. Die Abtrocknungsbedingungen während des Versuches sind in Tabelle 9 aufgelistet.

Tabelle 9: Versuchsbedingungen bei der Abtrocknung

Bedingung	Zustand der Flaschen bei Auswertung	Ort der Abtrocknung	Position der untersuchten Flaschen auf der Palette	Abtrocknungsgeschwindigkeit	n
A*	Feucht	---	5 übereinander stehende Kästen an einer Palettenecke	---	100
B*	Trocken	Vollgut-Lager Palette freistehend	5 übereinander stehende Kästen an einer Palettenecke	Vollgut-Lager	100
C	Trocken	Vollgut-Lager Palette freistehend Mit Folie eingeschweißt	Oberster Kasten an einer Palettenecke	Langsamer als im Vollgut-Lager	20**
D	Trocken	Brauereihof Bierkisten freistehend keine direkte Sonne freier Luftkontakt	2 Kästen übereinander gestapelt	Schneller als im Vollgut-Lager	36

n = Anzahl der untersuchten Flaschen

* Bei Bedingung A und B wurden dieselben Flaschen untersucht

** Die unteren vier Kästen waren noch 24 Stunden nicht vollständig abgetrocknet und wurden nicht bewertet.

Ergebnis

Das Ergebnis der Auszählung der Faltenbildung ist in Abbildung 11 dargestellt. Das Etikett ist als Rechteck dargestellt und die Halbkreise entsprechen den Bereichen, in denen die Faltenbildung aufgetreten ist. Der Wert innerhalb der Halbkreise gibt den prozentualen Anteil an Etiketten mit Faltenbildung in diesem Bereich an.

Die häufigste Faltenbildung ist in feuchtem Zustand, direkt nach der Etikettierung, feststellbar (Bedingung A). Dieselben Etiketten zeigen nach Abtrocknen im Vollgut-Lager deutlich weniger Falten, jedoch konnte bei 70 % der Etiketten eine Falte auf der rechten, mittleren Position festgestellt werden (Bedingung B). Bei den Etiketten der Bedingung D ergibt sich ein ähnliches Bild. Zwar ist der Anteil an Falten auf der rechten, mittleren Position um 20 % geringer, dafür ist im unteren Drittel der rechten

Seite eine etwas erhöhte Faltenbildung erkennbar. Die Etiketten, die unter Bedingung C abgetrocknet sind, weisen mit 25 % an der rechten, mittleren Position, die geringste Faltenbildung auf.

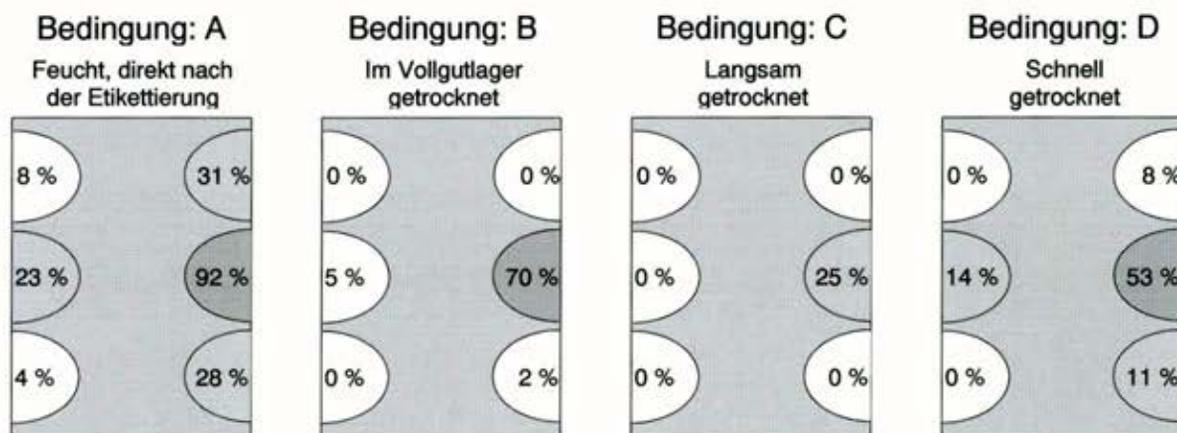


Abbildung 11: Faltenbildung bei unterschiedlichen Abtrocknungsbedingungen

Die Umweltbedingungen wurden während dem Abtrocknen mittels Datenlogger aufgezeichnet. Aufgrund baulicher Gegebenheiten ist jedoch der Funkkontakt zu den Messstationen von Bedingung B und C abgebrochen, so dass nur die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit von Bedingung D aufgezeichnet wurden (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12: Umweltbedingungen während der Abtrocknung – Bedingung D

3.1.5.7 Bewertung der Einflussfaktoren im Vollgut-Lager

Die Aufzeichnung der Temperatur und der relative Luftfeuchtigkeit zeigen, dass in Vollgut-Lagern keine konstanten und vergleichbaren Abtrocknungsbedingungen herrschen. Weder zwischen verschiedenen Vollgut-Lagern, noch innerhalb eines Lagers. Der Einfluss der Witterung auf die klimatischen Bedingungen innerhalb eines Lagers entzieht sich dabei einer gezielten Manipulation, wie aus dem Vergleich des Vollgut-Lagers der Brauerei 1 im September und Oktober hervorgeht.

Die Bauart des Lagers beeinflusst ebenfalls die Abtrocknungsbedingungen, wie der Vergleich von Halle 1 und 2 der Brauerei 2 zeigt. Eine Veränderung bei bestehenden Vollgut-Lagern könnte nur durch eine aufwändige, bauliche Veränderung herbeigeführt werden.

Die Anordnung der Europaletten unterliegt starken Schwankungen, da sie sich nach den Erfordernissen des Abfüllbetriebes und des Absatzes richtet. Konstante Bedingungen sind somit nicht zu erwarten.

Das Design der Flaschenkästen variiert zwischen den Biermarken, so dass auch hier keine vergleichbaren Bedingungen im Vollgut-Lager herrschen.

Aus dem Abtrocknungsversuch lässt sich schließlich ableiten, dass die Abtrocknungsbedingungen Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftströmung einen direkten Einfluss auf das Etikettierergebnis ausüben. Diese Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass eine verzögerte Abtrocknung die Rückbildung der Falten begünstigt.

3.1.6 Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 1

In Arbeitspaket 1 sollten die Rahmenbedingungen, unter denen die Etikettierung in Brauereien durchgeführt wird, dokumentiert werden, um in den nachfolgenden Arbeitspaketen geeignete Versuchsparameter festlegen zu können. Eine Übersicht über die Extremwerte der aufgezeichneten Parameter ist in Tabelle 10 aufgeführt. Die Rahmenbedingungen für die Versuche in Arbeitspaket 7 sollten sich an diesen Extremwerte orientieren.

Die Lagerung der Etiketten erfolgt in den Brauereien nicht immer im empfohlenen Bereich von 18 – 22 °C bei etwa 55 – 70 % relativer Luftfeuchtigkeit. Der Gleichgewichtszustand in den Etikettenstapeln im Lager und an der Etikettiermaschine entsprach dennoch annähernd dem Normklima (23 °C bei 50 % rF), was darauf schließen lässt, dass eine kurzfristige Unterschreitung der idealen Lagerbedingung, den Gleichgewichtszustand im Etikettenstapel nicht zu stark beeinflusst. Die Lagerung von Versuchsetiketten sollte somit bei Normklima erfolgen. Auf diese Weise wird auch einer möglichen, irreversiblen Schädigung der Etiketten, durch eine andauernde zu trockene Lagerung vorgebeugt.

Die Etikettierung erfolgte bei Temperaturen zwischen 20 °C und 24 °C sowie einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 48 % und 67 % rF. Die Etikettierversuche sollten ebenfalls innerhalb dieser Rahmenparameter stattfinden.

Die Abfülltemperatur war bei allen drei Brauereien unterschiedlich. Da die Schwitzwasserbildung für die Faltenbildung von großer Bedeutung ist, sollte in den weiteren Versuchen möglichst alle Flaschentemperaturen verwendet werden, um den Einfluss der Schwitzwasserbildung zu beurteilen. Die Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche sollte bei der Etikettierung zwischen null und 0,8 g pro Flasche variiert werden.

In den Vollgut-Lagern der untersuchten Brauereien wurden die verschiedensten Umweltbedingungen dokumentiert, die außerdem noch Schwankungen unterworfen waren. Die Abtrocknungsbedingungen sollten daher auch bei den nachfolgenden Untersuchungen variabel sein und zwischen den dokumentierten Extremwerten verändert werden.

Tabelle 10: Extremwerte der In-situ-Analyse

Parameter	Etiketten-Lager	
	Minimum	Maximum
T (im Etiketten-Lager)	14,0 °C	24,1 °C
rF (im Etiketten-Lager)	29 %	63 %

	Während der Etikettierung	
	Minimum	Maximum
T (an der Etikettiermaschine)	20,8 °C	23,6 °C
rF (an der Etikettiermaschine)	48 %	67 %
T (Etikettenstapel)	20 °C	27 °C
rF (Etikettenstapel)	41 %	55 %
T (Abfülltemperatur)	7 °C	14 °C
T (Etikettierklebstoff)	25 °C	33 °C
m (Feuchtigkeit Flasche)	0,17 g	0,62 g

	Vollgut-Lager	
	Minimum	Maximum
T (im Vollgut-Lager)	15,6 °C	27,2 °C
rF (im Vollgut-Lager)	33 %	82 %

3.2 Arbeitspaket 2: Physikalische Eigenschaften der verwendeten Etiketten

In Arbeitspaket 2 bestand die Aufgabe darin, die charakterisierenden, physikalischen Eigenschaften der in den untersuchten Brauereien eingesetzten Papieretiketten nach den Speziellen Technischen Liefer- und Bezugsbedingungen (STLB) und zusätzlicher Analysen zu bestimmen.

3.2.1 Etikettenuntersuchungen nach den STLB

Die STLB ermöglichen eine objektive Vergleichbarkeit der Etiketten und erlauben es, in gewissen Grenzen, deren Eignung für den Etikettierprozess zu beurteilen.

Durchführung

Nach Vorgaben der STLB wurden die Etiketten auf die Parameter Trocken- (TBL) und Nassbruchlast (NBL), jeweils in Faserlaufrichtung (FLR) und quer zur Faserlaufrichtung, untersucht. Des Weiteren wurde die Dehnung trocken und nass, in und quer zur Faserlaufrichtung, sowie die Wasseraufnahmefähigkeit (W_a Cobb₆₀) und die Glätte der Etikettenrückseite analysiert.

Ergebnis

Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 aufgeführt (Einzelmesswerte, siehe Abschnitt 9.3 im Anhang). Alle untersuchten Etiketten lagen innerhalb der von den Brauereien geforderten Spezifikationen.

Tabelle 11: Charakteristische Eigenschaften der untersuchten Etiketten

Untersuchung (n = 5)	B1M1	B1M2	B1M3	B2M1	B2M2	B3M1	B3M2	n
TBL (in FLR)	53 N*	53 N	51 N	52 N	51 N	54 N	55 N	5
TBL (quer zur FLR)	38 N	39 N	42 N	33 N	44 N	36 N	41 N	5
NBL (in FLR)	19 N	22 N	15 N	23 N	17 N	20 N	19 N	5
NBL (quer zur FLR)	16 N	16 N	13 N	12 N	13 N	14 N	15 N	5
Dehnung (trocken in FLR)	0,3 mm	0,5 mm	0,3 mm	0,5 mm	1,1 mm	0,5 mm	0,8 mm	5
Dehnung (trocken quer zur FLR)	1,7 mm	1,6 mm	1,1 mm	1,5 mm	1,3 mm	1,5 mm	1,3 mm	5
Dehnung (nass in FLR)	0,7 mm	0,7 mm	1,0 mm	1,1 mm	0,9 mm	0,9 mm	0,8 mm	5
Dehnung (nass quer zur FLR)	1,9 mm	2,2 mm	2,1 mm	2,0 mm	1,4 mm	1,8 mm	1,8 mm	5
W_a Cobb ₆₀	18,0 g/m ²	19,5 g/m ²	19,5 g/m ²	19,5 g/m ²	18,5 g/m ²	16,5 g/m ²	14,5 g/m ²	5
Glätte nach Bekk	76 s (s = 1,5)	44 s (s = 3,0)	58 s (s = 0,6)	47 s (s = 1,8)	59 s (s = 0,6)	54 s (s = 1,6)	61 s (s = 2,7)	5

n = Anzahl der Einzelmessungen; * n = 6

Bewertung

Aufgrund der Messwerte kann davon ausgegangen werden, dass die untersuchten Etiketten den mechanischen Anforderungen bei der Etikettierung gerecht werden.

Die hier durchgeführten Messungen erlauben jedoch keine Aussage über die Neigung der Etiketten zur Faltenbildung.

In den weiterführenden Versuchen in Arbeitspaket 7 sollten Etiketten mit ähnlichen physikalischen Eigenschaften eingesetzt werden.

3.2.2 Dynamisches Penetrationsverhalten

Eine wichtige Eigenschaft von Papieretiketten, die in den STLB nicht berücksichtigt wird, ist das dynamische Penetrationsverhalten. Diese Eigenschaft beschreibt, wie schnell Feuchtigkeit in das Fasergefüge der Papieretiketten eindringt.

Durchführung

Mit einem Penetrationsmessgerät wurde das dynamische Penetrationsverhalten der Etiketten, mit jeweils drei Einzelmessungen, bestimmt. Das Etikett B3M2 wurde nicht berücksichtigt. Bei der Penetrationsmessung wird die Ultraschall-Transmission durch das Etikettenpapier bestimmt. Mit zunehmender Feuchtigkeitsaufnahme in das Papiergefüge nimmt die Transmission ab. Je schneller Feuchtigkeit in das Papiergefüge eindringt, desto steiler ist die Abnahme der Transmissionskurven. Verändert sich die Transmission nicht weiter, ist das Papier mit Feuchtigkeit gesättigt.

Ergebnis der Penetrationsmessung

Die Ergebnisse der Feuchtigkeitsaufnahme sind in Abbildung 13 zu sehen. Die Etiketten B1M1 und B2M1 heben sich von den anderen durch ihre flache Abnahme der Transmission ab. Sie nehmen die Feuchtigkeit am langsamsten auf und haben nach 120 Sekunden ihre Sättigungsgrenze noch nicht erreicht. Die Etiketten B2M2 und B3M1 zeigen eine nahezu ähnliche Transmissionsabnahme und erreichen den Sättigungszeitpunkt nach etwa 50 Sekunden. Die Etiketten der Marken B1M2 und B1M3 von Brauerei 1 nehmen am schnellsten Feuchtigkeit auf. Sie haben die steilsten Transmissionskurven und erreichen den Sättigungszustand bereits nach etwa 20 bis 30 Sekunden.

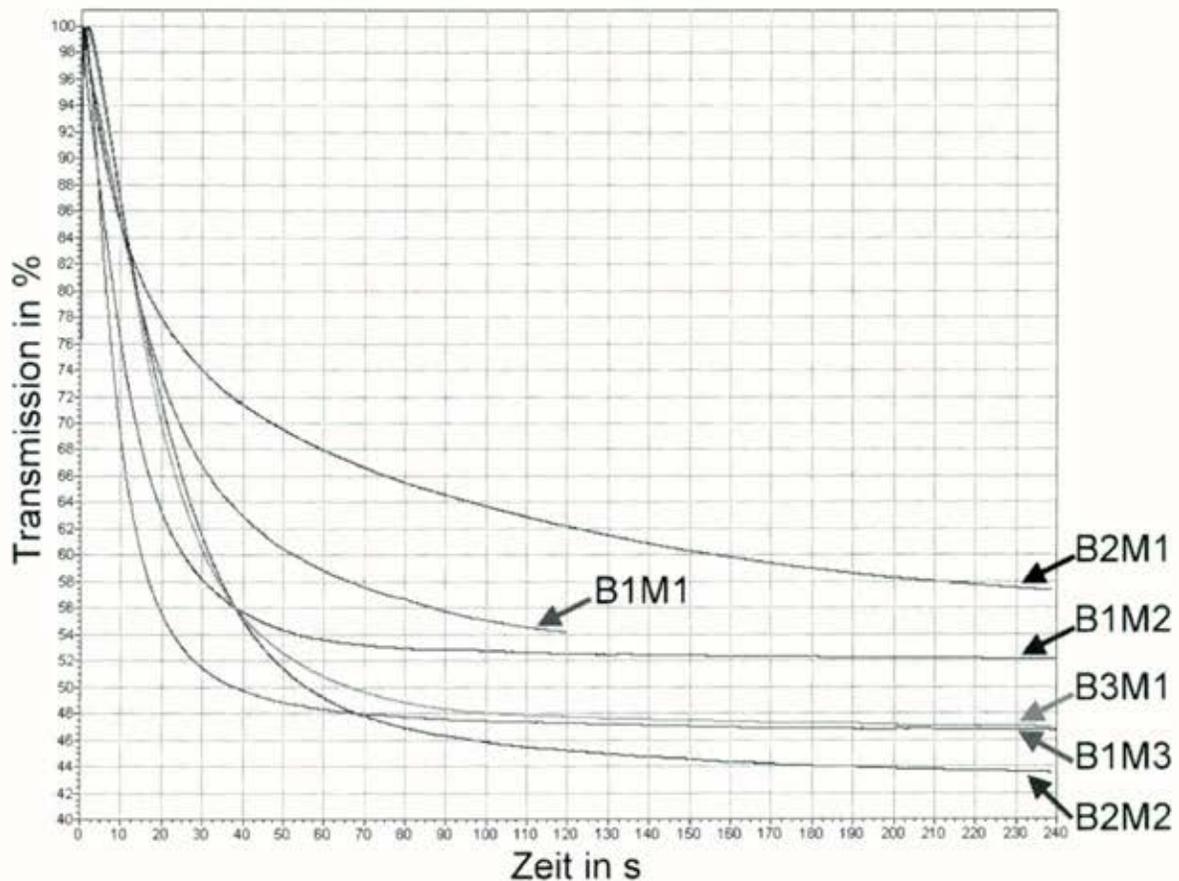


Abbildung 13: Dynamisches Penetrationsverhalten der Etiketten

Bewertung

Die Bewertung des Penetrationsverhaltens erfolgt in Kombination mit der Bewertung der dynamischen Nassdehnung im Abschnitt 3.2.3.

3.2.3 Dynamische Nassdehnung

Eine weitere, insbesondere für die Faltenbildung, wichtige Eigenschaft von Papieretiketten ist ihr Nassdehnungsverhalten. Bei Kontakt mit Feuchtigkeit dringt diese in die Papierfasern ein und wird im Hohlraum (Lumen) der Fasern gespeichert. Dadurch gewinnt die Papierfaser an Volumen, wodurch sich das Papier, quer zur Faserlauf- richtung, ausdehnt und länger wird.

Durchführung

Mit dem Dehnungsmodul des Penetrationsmessgerätes wurde das dynamische Nassdehnungsverhalten der Etiketten nach 15 Minuten, mit jeweils drei Einzelmessungen, bestimmt. Das Etikett B3M2 wurde nicht berücksichtigt.

Ergebnis der Dehnungsmessung

Die dynamische Nassdehnung der untersuchten Etiketten ist in Abbildung 14 zu sehen. Um ein gutes Etikettierergebnis zu begünstigen, sollte die Nassdehnung von Etiketten ein Maximum von 2 % nach 2 Minuten nicht überschreiten.

Nach 15-minütigem Eintauchen in das Wasserbad wurde diese Forderung von dem Etikett B2M1 mit einer Nassdehnung von etwa 1,5 % erfüllt. Die Etiketten B1M2, B2M2 und B3M1 liegen mit Werten $< 2,2$ % nahe an dem empfohlenen Wert. Die Etiketten B1M1 und B1M3, mit Werten über 2,5 % Nassdehnung nach 15 Minuten sind bereits deutlich oberhalb des empfohlenen Wertes.

Bewertung

Die alleinige Messung einer Penetrationskurve erlaubt keine Aussage über die Etikettiereigenschaften eines Etiketts. Im direkten Vergleich mit anderen Papiersorten kann diese Messung jedoch einen Anhaltspunkt über das Verhalten eines Etiketts bei der Applikation liefern.

Die steilen Penetrationskurven der Marken B1M2 und B1M3, in Verbindung mit deren überdurchschnittlichen Nassdehnung, vor allem bei B1M3, lassen hingegen vermuten, dass diese Etiketten anfälliger gegenüber der Faltenbildung sind als die übrigen eingesetzten Etiketten. Aber auch bei B1M1 ist mit einer erhöhten Neigung zur Faltenbildung zu rechnen.

In den nachfolgenden Versuchen sollten Etikettenpapiere mit unterschiedlichem Nassdehnungsverhalten auf dessen Auswirkungen auf die Faltenbildung untersucht werden.

3.2.4 Hysterese der Etiketten

Die Bestimmung der Hysterese der Etiketten erlaubt Rückschlüsse darüber, wie weit sich ein Etikett bei der Trockenschrumpfung im Vollgut-Lager wieder auf seine ursprüngliche Abmessung zusammenzieht.

Durchführung

Mit dem Dehnungsmodul des Penetrationsmessgerätes kann bei einem leicht veränderten Versuchsablauf auch die Hysterese der Etiketten bestimmt werden. Hierfür wird eine Messdauer von 4 Stunden eingestellt. 15 Minuten, nachdem das Dehnungsmodul mit dem Etikett in das Wasserbad eingetaucht wurde, wird das Wasserbad entfernt (Ende der Dehnungsmessung). In den verbleibenden 3 Stunden und 45 Minuten findet die Trockenschrumpfung statt. Die Messung der Dehnung läuft dabei weiter. Es wurden jeweils drei Einzelmessungen durchgeführt. Das Etikett B3M2 wurde nicht berücksichtigt.

Ergebnis der Hysterese messung

Die Hysterese der untersuchten Etiketten ist in Abbildung 14 zu sehen. Das Etikett B1M1 zeigt die ausgeprägteste Hysterese. Das Etikett B2M1 besitzt eine negative Hysterese. Dieses Etikett zieht sich stärker zusammen als auf seine Ursprungsgröße.

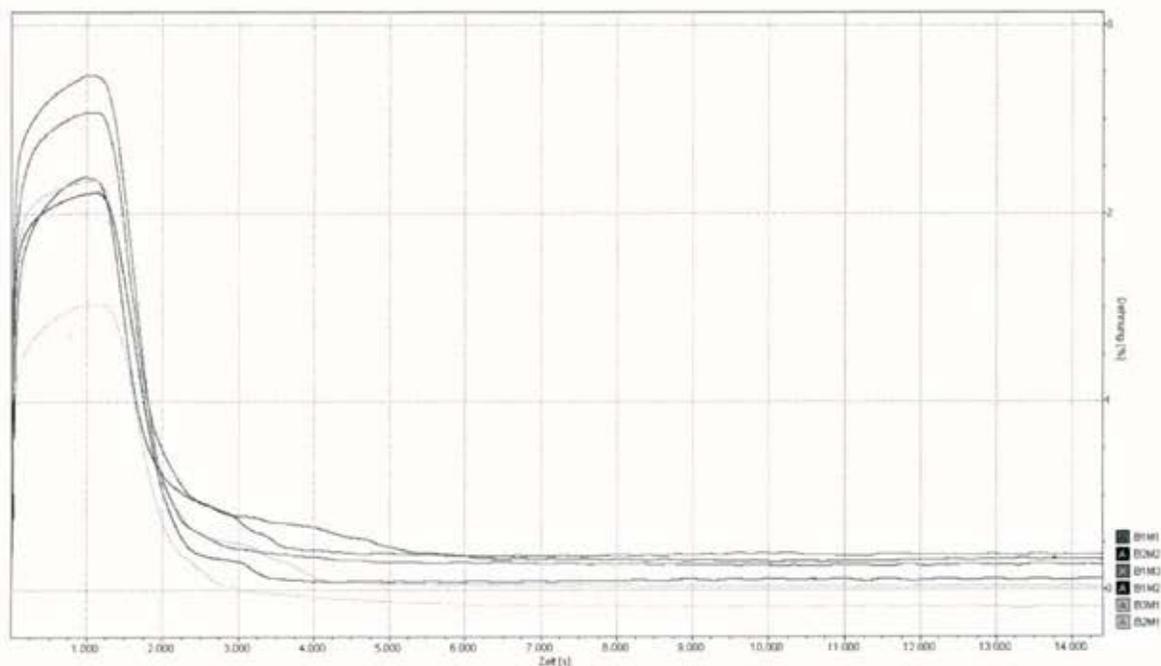


Abbildung 14: Hysterese der Etiketten

Bewertung

Die Etiketten B1M1 und M1M3 zeigen nicht nur die stärkste Nassdehnung. Auch die Hysterese ist bei den beiden Etiketten mit etwa 0,2 % ausgeprägter als bei den anderen Etiketten. Dies lässt bei beiden Etiketten eine verstärkte Neigung zur Faltenbildung vermuten.

3.2.5 Erscheinungsbild der Etiketten

Um die Ergebnisse, die die STLB und die Messungen mit dem Penetrationsmessgerät von den Etiketten liefern, zu vervollständigen, wurden weitere Eigenschaften der Etiketten dokumentiert.

Durchführung

Zum einen wurde unterschieden, ob die Etikettenrohapiere metallisiert wurden oder MIC[®] Metallfarben zum Einsatz kamen. Auch die Anzahl und die Verteilung der

verwendeten Farben wurden berücksichtigt. Als letztes Kriterium wurde die Formsymmetrie des Etiketts aufgenommen.

Ergebnis

Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 aufgelistet. Es wurden drei metallisierte und zwei nicht metallisierte Etiketten untersucht. Bei den beiden Etiketten der Brauerei 3 handelt es sich ebenfalls um nicht metallisierte Etiketten. Diese wurden mit MIC[®] Metallfarben bedruckt, die eine Alternative zu metallisierten Papieren darstellen [2].

Die Farbverteilung ist bei allen Etiketten symmetrisch, mit Ausnahme des Etiketts B1M2, bei dem die linke Etikettenhälfte überwiegend weiß und somit ohne Druckfarbe ist.

Bei den Etiketten können drei verschiedene Formen unterschieden werden. Das Etikett B1M1 stellt eine Raute, mit konkav geschwungener Ober- und konvexer Unterseite dar (siehe Abbildung 35 auf Seite 61). Die rechte Etikettenseite ist um etwa 11 mm höher als die linke Seite. Die übrigen Etiketten der Brauerei 1 sowie die Etiketten der Brauerei 2 haben alle dieselbe Form. Die untere Hälfte des Etiketts ist rechteckig, die obere Hälfte halbkreisförmig (siehe Abbildung 37 auf Seite 63). Die Etiketten der Brauerei 3 sind oval, wobei die längere Achse parallel zur Flaschenachse verläuft.

Tabelle 12: Erscheinungsformen der Etiketten

Untersuchung	B1M1	B1M2	B1M3	B2M1	B2M2	B3M1	B3M2
Metallisierung	ja	ja	nein	ja	nein	MIC [®]	MIC [®]
Farben	4	4	4	4	4	3	2
Farbverteilung	symmetrisch	weiß links	symmetrisch	symmetrisch	symmetrisch	symmetrisch	symmetrisch
Symmetrie	asymmetrisch	symmetrisch	symmetrisch	symmetrisch	symmetrisch	symmetrisch	symmetrisch
Form	rechts höher	rund + eckig	rund + eckig	rund + eckig	rund + eckig	oval	oval

Bewertung

Die Übersicht zeigt, dass bereits bei sieben verschiedenen Marken große Varianzen der Erscheinungsformen auftreten können.

Auf die Faltenbildung könnte die asymmetrische Form des Etikettes von B1M1 einen Einfluss ausüben. Aufgrund der unterschiedlich langen Seiten des Etiketts, führt die Nassdehnung auf der rechten Etikettenseite zu einer stärkeren absoluten Dehnung als auf der linken Etikettenseite. Dies könnte Spannungen im Etikett erzeugen, die vor allem auf der rechten Seite des Etiketts die Faltenbildung begünstigen. Bei B1M2 könnte die ungleiche Farbverteilung, durch ein ungleichmäßiges Abtrocknungsverhalten, Auswirkungen auf die Faltenbildung haben.

Bei den Versuchen unter konstanten Rahmenbedingungen in Arbeitspaket 7, sollten die oben aufgeführten Erscheinungsformen, wie zum Beispiel die Metallisierung der Etiketten, eine unterschiedliche Farbverteilung und asymmetrische Formen berücksichtigt werden. Weitere, in der Praxis übliche Erscheinungsformen, wie geprägte Etiketten oder das Lackieren von nicht metallisierten Etiketten sollte ebenfalls untersucht werden.

3.2.6 Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 2

In Arbeitspaket 2 wurden die charakterisierenden, physikalischen Eigenschaften der in den untersuchten Brauereien eingesetzten Papieretiketten nach den Speziellen Technischen Liefer- und Bezugsbedingungen (STLB) und zusätzlicher Analysen bestimmt. Die Etiketten für Brauereien unterliegen in der Regel sehr strengen Spezifikationen, deren Einhaltung regelmäßig kontrolliert wird. Diese Spezifikationen garantieren jedoch keine Faltenfreie Verarbeitung.

Die Untersuchungen nach den STLB haben ergeben, dass die eingesetzten Etiketten den Spezifikationen der Brauereien entsprachen. Die Nassdehnung der Etiketten bewegte sich zwischen 1,8 % und 3,2 %. Die Hysterese der Etiketten lag zwischen -0,1 % und 0,2 %. Etiketten, die in den nachfolgenden Versuchen verwendet werden, sollten sich an diesen Messwerten (Tabelle 13) orientieren. Die Erscheinungsformen der Etiketten umfassten metallisierte und nicht metallisierte Etiketten, Etiketten mit unterschiedlicher Farbverteilung und Etiketten mit asymmetrischer Form. Nicht eingesetzt wurden in der Praxis übliche Erscheinungsformen, wie geprägte Etiketten oder nicht metallisierten Etiketten mit Lackierung. Diese sollten in den nachfolgenden Versuchen ebenfalls Beachtung finden.

Tabelle 13: Extremwerte der Etikettenuntersuchungen

Parameter	STLB	
	Minimum	Maximum
TBL (in FLR)	51 N	55 N
TBL (quer zur FLR)	33 N	44 N
NBL (in FLR)	15 N	23 N
NBL (quer zur FLR)	12 N	16 N
Dehnung (trocken in FLR)	0,3 mm	1,1 mm
Dehnung (trocken quer zur FLR)	1,1 mm	1,7 mm
Dehnung (nass in FLR)	0,7 mm	1,1 mm
Dehnung (nass quer zur FLR)	1,4 mm	2,2 mm
W _A Cobb ₆₀	14,5 g/m ²	19,5 g/m ²
Glätte nach Bekk	44 s	76 s

	Penetrationsmessgerät	
	Minimum	Maximum
Dynamische Nassdehnung	~ 1,8 %	~ 3,2 %
Hysterese	~ -0,2 %	~ 0,2 %

3.3 Arbeitspaket 3: Eigenschaftsbestimmung der Klebstoffe

In Arbeitspaket 3 sollten die Eigenschaften der in den drei Brauereien verwendeten Etikettierklebstoffe untersucht werden.

3.3.1 Untersuchung der Etikettierklebstoffe nach den STLB

Die STLB ermöglichen, wie schon bei den Etiketten, eine objektive Vergleichbarkeit der Etikettierklebstoffe und erlauben es deren Eignung für den Etikettierprozess, innerhalb gewisser Grenzen, zu beurteilen.

Durchführung

Die im Rahmen der STLB durchgeführten Untersuchungen umfassen die Bestimmung des Festkörpergehaltes, des pH-Wertes und der Viskosität.

Ergebnis

Die Probenahme (Tabelle 14) der Etikettierklebstoffe erfolgte während der Untersuchungen in den Brauereien. Dabei wurden neben dem Zeitpunkt der Probenahme auch die aktuelle Verarbeitungstemperatur des Klebstoffes an der Etikettiermaschine und der momentane Füllstand des Klebstoffeimers erfasst.

Tabelle 14: Probenahme der Etikettierklebstoffe

Marke – Klebstoff	Probenahme		Verarbeitungstemperatur	Füllstand des Klebstoffeimers
B1M1 – K1M1	26.09.2005	11:34	28,3 °C	voll
B2M1 – K3M1	14.02.2006	11:40	26,9 °C	voll
B2M2 – K3M1-Neu	08.11.2005	10:55	26,9 °C	voll
B2M2 – K3M1-Alt	08.11.2005	15:31	24,8 °C	fast leer
B3M1 – K1M2	15.03.2006	15:00	32,0 °C	fast leer
B3M1 – K4M1	15.03.2006	k. A	k. A	k. A

Die Ergebnisse der Untersuchungen nach STLB sind in Tabelle 15 zusammengefasst. Die Feststoffgehalte der Etikettierklebstoffe liegen im Bereich von 34,8 % bis 37,2 %. Die pH-Werte bewegen sich in dem Bereich zwischen 7,28 und 7,81. Der Vergleich des Etikettierklebstoffes in frischem Zustand (B2M2 - K3M1-Neu) mit demselben Klebstoff nach zahlreichen Umläufen, aus dem fast leeren Klebstoffeimer (B2M2 - K3M1-Alt) zeigt, dass der Feststoffgehalt leicht, um 0,4 % zunimmt. Die dynamische Viskosität nimmt bei 15°C um 9 % ebenfalls zu.

Tabelle 15: Ergebnisse der Untersuchungen nach den STLB

Marke – Klebstoff	Feststoff- gehalt	pH-Wert	Dynamische Viskosität in mPa*s bei				
			15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
B2M2 – K3M1-Neu	34,8 %	7,69	122.000	78.000	43.200	26.400	16.800
B2M2 – K3M1-Alt	35,2 %	7,71	132.800	81.600	48.000	30.800	21.600
B3M1 – K1M2	37,2 %	7,28	124.000	78.800	51.600	27.400	22.400
B3M1 – K4M1	35,8 %	7,81	180.000	108.800	65.600	36.800	23.200
	n = 3	n = 1	n = 3				

n = Anzahl der Einzelmessungen

Bewertung

Die Feststoffgehalte und die pH-Werte liegen innerhalb der für diese Klebstoffsorten angegebenen Spezifikationen. Aufgrund der Messwerte kann davon ausgegangen werden, dass die untersuchten Etikettierklebstoffe den Anforderungen bei der Etikettierung gerecht werden.

Der Vergleich von neuem und mehrfach umgewälztem Etikettierklebstoff zeigt, dass die Klebstoffe ihre Eigenschaften, durch Feuchtigkeitsverlust und Scherkräfte, über die Anwendungsdauer verändern. Die hier durchgeführten Messungen erlauben jedoch keine Aussage über den Einfluss der Etikettierklebstoffe auf die Faltenbildung.

3.3.2 Hafteigenschaften der Etikettierklebstoffe

Etikettierklebstoffe auf Kaseinbasis fixieren die Etiketten durch zwei nacheinander folgende Vorgänge. Die Anfangshaftung wird durch die schlagartige Erhöhung der Viskosität der Etikettierklebstoffe bei Temperaturenniedrigung erreicht (siehe Tabelle 15). Die Endhaftung der Etikettierklebstoffe wird durch Kohäsions- und Adhäsionskräfte hervorgerufen. Diese Kräfte steigen mit zunehmender Dauer der Verklebung durch Feuchtigkeitsverlust.

Durchführung

Um diese Hafteigenschaften vergleichen zu können, wurde von einigen Etikettierklebstoffen die Haftkraft der Verklebung nach verschiedenen Haftzeiten bestimmt. Diese Untersuchungen wurden auf den in den Brauereien verwendeten Etiketten, bei 23 °C und 28 °C durchgeführt.

Ergebnis

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 16 aufgelistet. Die Anfangshaftkraft, nach zwei Sekunden auf den Originaletiketten, bei 23 °C Klebstofftemperatur,

schwankt bei den untersuchten Klebstoffen zwischen 1,3 N und 1,7 N um nach 300 Sekunden auf Werte von 6,3 N bis 7,9 N anzusteigen.

Tabelle 16: Ergebnisse der Untersuchungen der Hafteigenschaften

Brauerei-Klebstoff	Dauer der Verklebung	Haftung der Verklebung bei 23 °C	
		bei 23 °C	s
B1M1-K1M1	2 s	1,7 N	0,32
	5 s	2,2 N	0,29
	30 s	3,3 N	0,48
	60 s	3,2 N	0,49
	180 s	5,5 N	0,38
	300 s	6,6 N	0,86
		n = 3	

n = Anzahl der Einzelmessungen

Brauerei-Klebstoff	Dauer der Verklebung	Haftung der Verklebung bei 23 °C	
		bei 23 °C	s
B2M1-K3M1	2 s	1,6 N	0,42
	5 s	1,8 N	0,01
	30 s	3,7 N	0,31
	60 s	4,9 N	0,65
	180 s	6,4 N	0,23
	300 s	7,9 N	0,87
		n = 3	

Brauerei-Klebstoff	Dauer der Verklebung	Haftung der Verklebung bei 23 °C	
		bei 23 °C	s
B2M2-K3M1-Neu	2 s	1,5 N	0,41
	5 s	1,6 N	0,38
	30 s	3,3 N	0,53
	60 s	3,3 N	0,52
	180 s	4,7 N	0,65
	300 s	6,3 N	0,91
		n = 3	

Brauerei-Klebstoff	Dauer der Verklebung	Haftung der Verklebung bei 23 °C	
		bei 23 °C	s
B3M1-K1M2	2 s	1,7 N	0,45
	5 s	1,2 N	0,09
	30 s	2,5 N	0,27
	60 s	3,4 N	0,26
	180 s	7,1 N	0,31
	300 s	7,4 N	1,28
		n = 3	

Brauerei-Klebstoff	Dauer der Verklebung	Haftung der Verklebung bei 23 °C	
		bei 23 °C	s
B3M2-K1M2	2 s	1,6 N	0,13
	5 s	1,7 N	0,05
	30 s	2,6 N	0,21
	60 s	3,5 N	0,41
	180 s	5,0 N	0,60
	300 s	6,5 N	0,64
		n = 3	

n = Anzahl der Einzelmessungen

In Abbildung 15 ist die Haftkraft der Etikettierklebstoffe auf Originaletiketten, bei 23 °C Klebstofftemperatur gegen die Haftdauer aufgetragen. Dabei sind deutliche Unterschiede im Haftverlauf erkennbar. Bei annähernd gleicher Ausgangshaftkraft erreicht der Etikettierklebstoff B2M1-K3M1 (■) eine Haftkraft von etwa 5 Newton bereits nach 60 Sekunden. Der Klebstoff B1M1-K1M1 (◆) erreicht diese Haftkraft erst nach etwa 150 Sekunden, die übrigen Klebstoffe noch später. Der Etikettierklebstoff B2M1-K3M1 (■) zieht somit schneller an als die anderen verwendeten Etikettierklebstoffe.

Haftverlauf der Etikettierklebstoffe

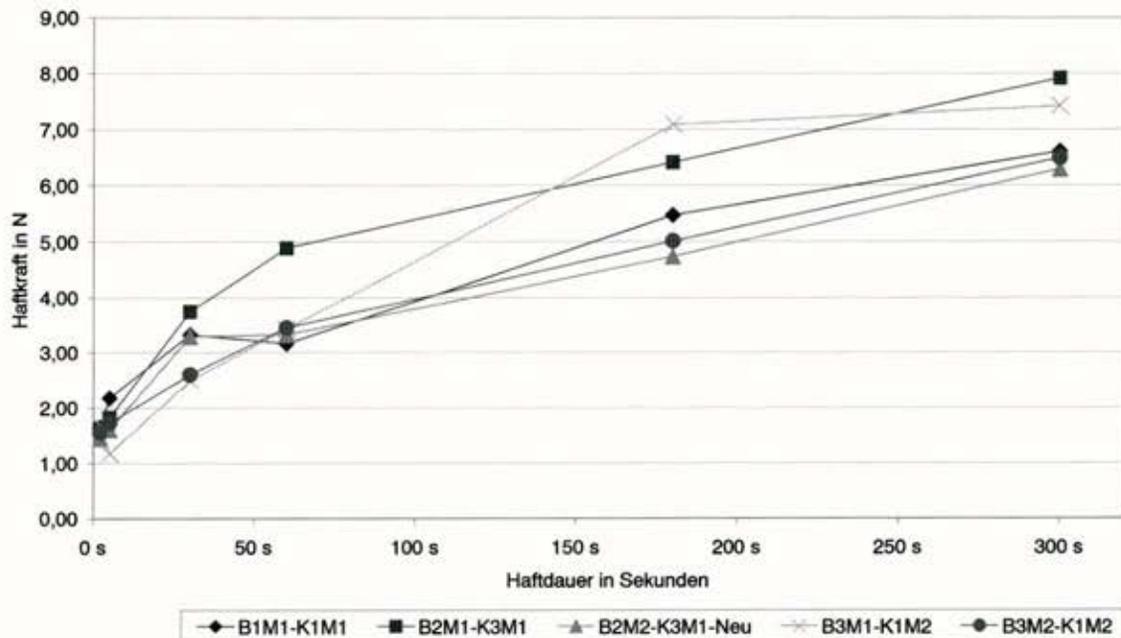


Abbildung 15: Haftverlauf der Etikettierklebstoffe

Bewertung

Der Verlauf der Aushärtung unterscheidet sich bei den verwendeten Etikettierklebstoffen.

Wie schnell ein Etikettierklebstoff „anzieht“ ist jedoch mitentscheidend für die Faltenbildung, da dieser Effekt die Nassdehnung und das anschließende Trockenschrumpfen des Etiketts beeinflussen kann.

3.3.3 Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 3

In Arbeitspaket 3 wurden die Eigenschaften der in den drei Brauereien verwendeten Etikettierklebstoffe untersucht.

In den weiterführenden Versuchen im Arbeitspaket 7 sollten Etikettierklebstoffe mit ähnlichen physikalischen Eigenschaften eingesetzt werden, wie sie in diesem Arbeitspaket bei den in den Brauereien eingesetzten Klebstoffen bestimmt wurden und in Tabelle 17 noch einmal aufgeführt sind. Der Vergleich von neuem und mehrfach umgewälztem Etikettierklebstoff hat gezeigt, dass die Klebstoffe ihre Eigenschaften über die Anwendungsdauer verändern. Den Einfluss dieses Phänomens auf die Faltenbildung sollte ebenfalls untersucht werden. Des Weiteren sollten Etikettierklebstoffe mit unterschiedlichem Haftverlauf auf ihre Faltenbildungseigenschaften hin geprüft werden.

Tabelle 17: Extremwerte der Etikettierklebstoffuntersuchung

Parameter	STLB	
	Minimum	Maximum
Feststoffgehalt	34,8 %	37,2 %
pH-Wert	7,28	7,81
Dynamische Viskosität bei 15 °C	122.000 mPa*s	180.000 mPa*s
Dynamische Viskosität bei 20 °C	78.000 mPa*s	108.800 mPa*s
Dynamische Viskosität bei 25 °C	43.200 mPa*s	65.600 mPa*s
Dynamische Viskosität bei 30 °C	26.400 mPa*s	36.800 mPa*s
Dynamische Viskosität bei 35 °C	16.800 mPa*s	23.200 mPa*s

	Haftigenschaften	
	Minimum	Maximum
Anfangshaftung nach 2 s	1,3 N	1,7 N
Haftung nach 300 s	6,3 N	8,0 N

3.4 Arbeitspaket 4: Eigenschaftsbestimmung der Flaschen

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, die physikalischen Eigenschaften der in den Brauereien verwendeten Getränkeflaschen zu bestimmen. Dabei ist die Heißendvergütung von Bedeutung, da diese einen Einfluss auf die Haftung von Etikettierklebstoffen ausüben kann.

Zu diesem Zweck wurden jeweils sechs Flaschen mit ausgeprägter Faltenbildung und sechs Flaschen ohne erkennbare Faltenbildung, der entsprechenden Marke, aus dem Vollgut-Lager der Brauereien entnommen und untersucht (vgl. Abschnitt 3.1.1 auf Seite 9). Die Etiketten wurden für die Untersuchungen über Nacht in einem Wasserbad abgelöst und die Flaschen anschließend getrocknet.

3.4.1 Heißendvergütung der Flaschen

Die Heißendvergütung hat die Aufgabe die Stabilität der Flasche zu erhöhen. Wird die Vergütung zu dick aufgetragen, kann es zu einer negativen Beeinflussung der Etikettierklebstoffe kommen.

Durchführung

Die Messung der Heißendvergütung wurde mit einem Hot End Coating Meter an denselben Flaschen durchgeführt, die bereits für die Bestimmung der Grenzflächen-spannung verwendet wurden.

Ergebnis

Bei diesen Messungen (siehe Tabelle 18) hebt sich B3M1 von den anderen Sorten ab. Die Flaschen ohne Faltenbildung haben bei dieser Sorte im Durchschnitt 13 CTU, gegenüber den Flaschen mit Faltenbildung, bei denen 0 CTU gemessen wurden.

Einen Einfluss auf die Faltenbildung durch die Heißendvergütung kann bei diesen Messungen dennoch nicht belegt werden, da bei den sechs anderen untersuchten Sorten keine nennenswerten Unterschiede festgestellt werden konnten. Zudem deutet die hohe Standardabweichung von $s = 13,0$ bei den Messwerten von B3M1 auf Ausreißer hin.

Tabelle 18: Heißendvergütung in CTU

Kennung	Heißendvergütung im Bauchbereich auf Flaschen			
	ohne Faltenbildung		mit Faltenbildung	
	in CTU	s	in CTU	s
B1M1	3	4,4	0	0,0
B1M2	2	4,5	2	4,0
B1M3	0	0,0	2	2,8
B2M1	1	1,0	5	10,4
B2M2	2	4,1	2	2,7
B3M1	13	13,0	0	0,0
B3M2	0	0,4	0	0,0
n = 6				

n = Anzahl der untersuchten Flaschen

Bewertung

Bei den meisten gemessenen Flaschen ist die Heißendvergütung kaum noch vorhanden. Es handelt sich hier jedoch um Mehrwegflaschen, deren Heißendvergütung durch mehrfache Reinigungsvorgänge in Flaschenreinigungsmaschinen bereits deutlich bzw. vollständig abgelöst wurde. Bei Neuglas sind etwa 20 CTU Heißendvergütung nachweisbar.

Nach diesen Messungen scheint die fehlende Heißendvergütung der Flaschen, für die Neigung zur Faltenbildung jedoch nicht von Bedeutung zu sein.

3.4.2 Ovalität der Flaschen

Der Projektbegleitenden Ausschuss hat bei seinem ersten Treffen angeregt, neben den Oberflächeneigenschaften zusätzlich die Ovalität der Flaschen zu bestimmen, da Mitglieder des Ausschuss einen Einfluss der Ovalität auf die Faltenbildung aufgrund ihrer Erfahrungen vermuten.

Durchführung

Die Ovalität der Flaschen wird bestimmt als Differenz zwischen dem größten Flaschendurchmesser und dem kleinsten Durchmesser.

Ergebnis

Die Messergebnisse sind in Tabelle 19 aufgeführt. In Abbildung 16 wird die Ovalität der Flaschen mit Faltenbildung, der Ovalität der Flaschen ohne Faltenbildung, gegenübergestellt. Bei den drei Marken der Brauerei 1 ist die Ovalität bei den Flaschen ohne Faltenbildung größer wie bei den Flaschen mit Faltenbildung und entspricht somit nicht den Erwartungen des Projektbegleitenden Ausschusses. Bei den vier Marken der Brauereien 2 und 3 wird die Erwartung des Projektbegleitenden

Ausschusses dagegen erfüllt. Hier ist die Ovalität bei den Flaschen mit Faltenbildung größer als bei den Flaschen ohne Faltenbildung.

Tabelle 19: Ovalität der Flaschen

Kennung	Ovalität der Flaschen			
	ohne Faltenbildung		mit Faltenbildung	
	in mm	s	in mm	s
B1M1	1,8	0,60	1,5	0,23
B1M2	1,4	0,52	1,0	0,35
B1M3	1,6	0,81	0,9	0,47
B2M1	1,1	0,42	1,7	0,35
B2M2	1,2	0,40	1,3	0,28
B3M1	1,1	0,55	1,6	0,57
B3M2	0,7	0,32	1,4	0,70
n = 6				

n = Anzahl der untersuchten Flaschen

Ovalität der Flaschen

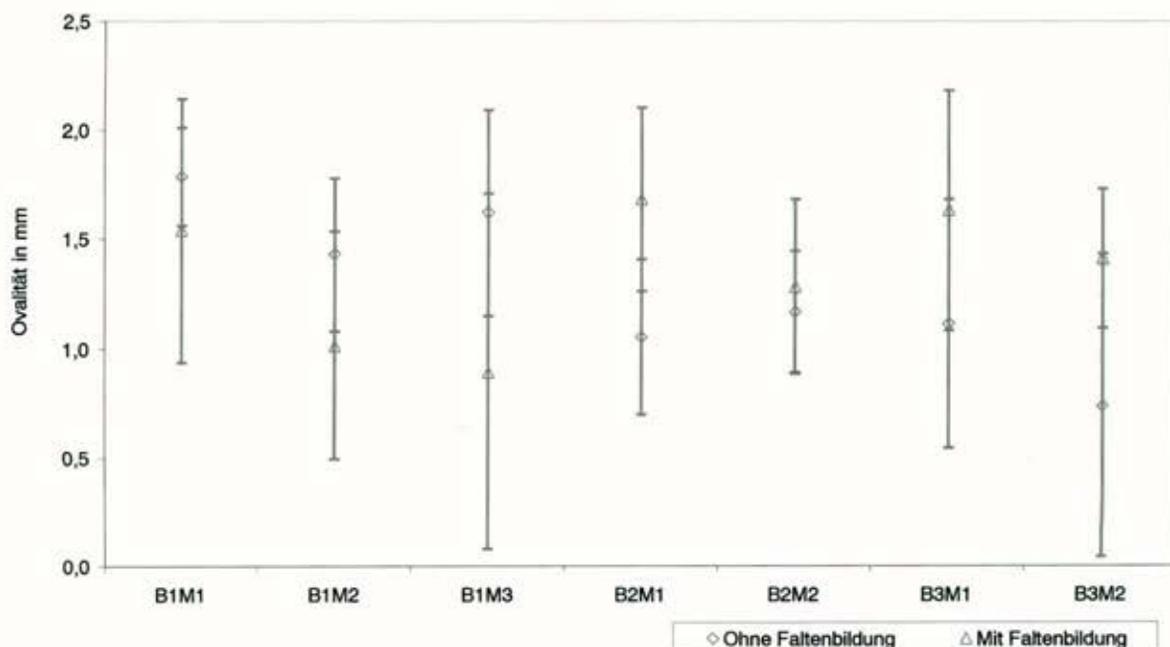


Abbildung 16: Ovalität der Flaschen

Bewertung

Aufgrund der Streuung bei den Messergebnissen ist es nicht sinnvoll, der Ovalität eine Tendenz zur Faltenbildung zuzuordnen.

Es kann mit diesen Messungen kein direkter Zusammenhang von Ovalität und Faltenbildung belegt werden.

3.4.3 Ovalität und Blasenbildung am Etikett

Der Projektbegleitenden Ausschuss hat bei seinem ersten Treffen zudem die Vermutung geäußert, dass ein Zusammenhang zwischen der Ovalität von Flaschen und der Blasenbildung besteht.

Durchführung

Da die Blasenbildung nicht Thema dieses Forschungsvorhabens ist, wurde dieser Zusammenhang anhand von nur vier Flaschen untersucht, die eine ausgeprägte Blasenbildung in der Mitte des Etiketts aufwiesen. Die Auswahl der Flaschen stellt somit eine handverlesene Auswahl und keinen repräsentativen Querschnitt eines Flaschenpools dar. Bei den Flaschen handelt es sich um Einwegflaschen einer Brauerei aus dem osteuropäischen Raum, die von Herrn Waldorf, von der Firma Haendler & Natermann GmbH, zur Verfügung gestellt wurden. Für die Untersuchung wurde der vertikale Mittelpunkt der Blase auf der Flasche markiert und als Blase = 0° bezeichnet (siehe Abbildung 17). Der Flaschendurchmesser wurde an dieser Stelle, und jeweils um 45° versetzt, rund um die Flasche bestimmt.

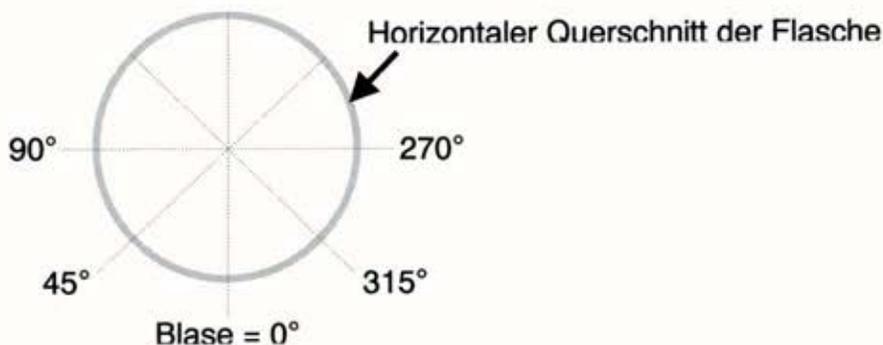


Abbildung 17: Messpunkte für den Flaschendurchmesser

Ergebnis

Aus diesen Messungen ergibt sich für die vier Flaschen das Profil der Flaschenoberfläche, dargestellt in Abbildung 18. Der gestrichelte Rahmen in der Abbildung hebt hervor, dass die Blasen entweder an der Stelle mit dem geringsten Flaschendurchmesser, oder aber direkt neben dieser Stelle zu finden waren. Die Einzelmesswerte sind in Abschnitt 9.4, im Anhang aufgeführt.

Oberflächenprofil der Flaschen

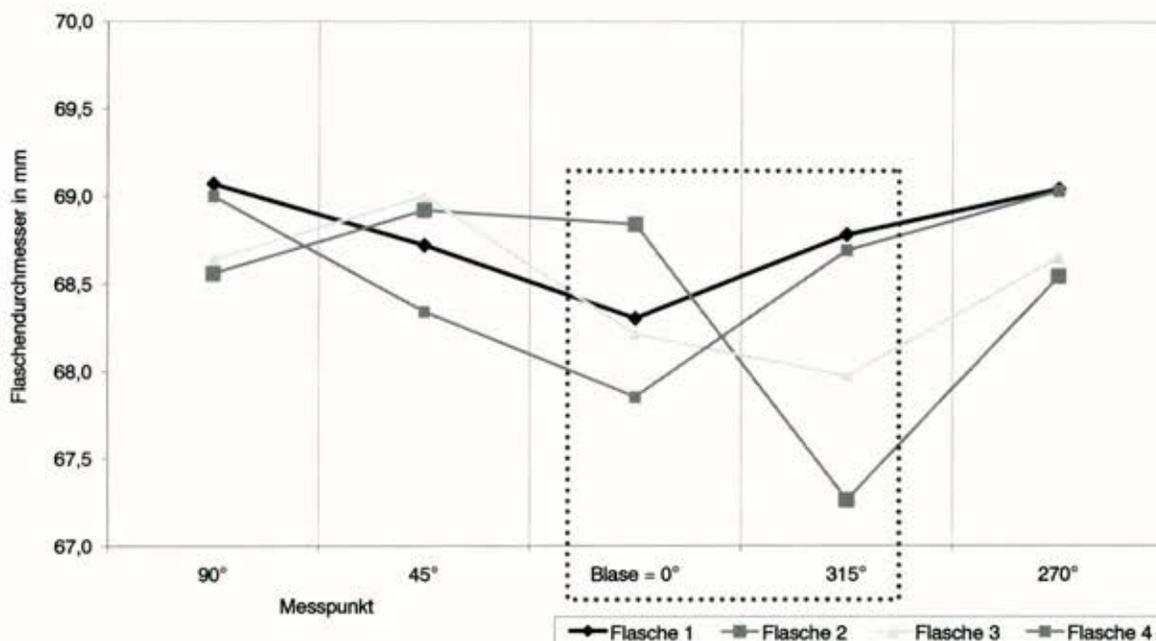


Abbildung 18: Oberflächenprofil der Flaschen

Bewertung

Diese Feststellung legt den Schluss nahe, dass ein „Tal“ in der Flaschenoberfläche die Blasenbildung im Etikett begünstigen kann. Aufgrund des nicht repräsentativen Probenmaterials ist diese Aussage jedoch ausschließlich für die hier untersuchten Flaschen gültig. Ob sie für einen ganzen Flaschenpool gilt konnte nicht belegt werden.

3.4.4 Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 4

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, die Heißendvergütung und weitere physikalische Eigenschaften der in den Brauereien verwendeten Getränkeflaschen, zu bestimmen.

Der Verlust der Heißendvergütung scheint nach diesen Untersuchungen keinen Einfluss auf die Faltenbildung auszuüben. Ein Zusammenhang zwischen Ovalität und Faltenbildung, wie er vom Projektbegleitenden Ausschuss vermutet wurde, konnte in diesem Arbeitspaket nicht belegt werden. Es scheint jedoch ein Zusammenhang zwischen Ovalität und Blasenbildung zu bestehen.

Obwohl aus diesen Untersuchungen der Einfluss des Flaschenpools auf die Faltenbildung nicht eindeutig hervorgeht sollte, für die Versuche im Arbeitspaket 7, ein möglichst homogener Flaschenpool Verwendung finden, um Einflüsse durch schwankende Oberflächeneigenschaften auszuschließen.

3.5 Arbeitspaket 5: Untersuchung des Etikettiervorganges

Die Etikettiermaschine ist das zentrale Element bei der Etikettierung. Hier werden sämtliche, an der Etikettierung beteiligten Komponenten vereinigt. Die zum Teil sehr diffizilen Vorgänge bei der Etikettierung, wie zum Beispiel die Übergabe eines Etiketts von einer Beleimungspalette an den Greiferzylinder, geschehen mitunter bei sehr hohen Anlagenausbringungen. Die Vermutung liegt nahe, dass die dabei auftretenden Kräfte einen Einfluss auf das Etikettierergebnis haben. Arbeitspaket 5 verfolgte daher das Ziel, den Etikettiervorgang in der Etikettiermaschine selbst, zu untersuchen.

Die Untersuchungen in diesem Arbeitspaket umfassen drei Bereiche. Die Dokumentation der einzelnen Arbeitsschritte in einer Etikettiermaschine mit einer Hochgeschwindigkeitskamera (HG-Kamera). Gefolgt von einem Vergleich der einzelnen Beleimungspaletten innerhalb einer Etikettiermaschine sowie dem Vergleich des Zustandes der Beleimungspaletten, die in den drei untersuchten Brauereien eingesetzt werden.

3.5.1 Dokumentation des Etikettiervorgangs mittels HG-Kamera

Die relevanten Arbeitsschritte einer Etikettiermaschine für Nassetikettierung sind:

- Abrollen der Beleimungspalette auf der Leimwalze
- Entnahme des vordersten Etiketts aus der Etikettenzuführung
- Übergabe des Etiketts von der Beleimungspalette an den Greiferzylinder
- Aufsetzen und Andrücken des Etiketts auf der Flasche
- Anstreichen der Etiketten durch die Bürstenstation

Durchführung

In diesem ersten Bereich erfolgte die Dokumentation der einzelnen Arbeitsschritte mit einer HG-Kamera. Die HG-Aufnahmen wurden in der Brauerei 1, bei den Marken B1M1 und B1M3 durchgeführt, da diese auf unterschiedlichen Abfüllanlagen abgefüllt werden. Bei der Brauerei 2 wurden beide Marken, B2M1 und B2M2 untersucht. Diese werden auf derselben Abfülllinie befüllt und etikettiert. Bei der Brauerei 3 wurde nur die Marke B3M1 gefilmt.

Die Ausbringungen der Etikettiermaschinen, bei denen die HG-Aufnahmen durchgeführt wurden, sind in Tabelle 20 aufgeführt.

Tabelle 20: Ausbringung der Etikettiermaschinen während der HG-Aufnahmen

Kennung	Minimale bis maximale Ausbringung in Flaschen / h über den Aufnahmezeitraum	Durchschnittliche Einstellausbringung in Flaschen / h
B1M1	32.400 bis 47.200	46.200
B1M3	31.800 bis 40.500	40.500
B2M1	26.100 bis 35.900	35.900
B2M2	24.600 bis 37.100	32.100
B3M1	27.500 bis 37.400	27.500

Bei der eingesetzten HG-Kamera handelte es sich um das Model MotionScope M1, der Firma IS - Imaging Solutions GmbH (Hersteller der Kamera: Redlake Inc.), mit einer 11,5 – 69 mm Zoom Optik. Diese Kamera ist in der Lage, 1000 Bilder pro Sekunde bei einer Auflösung von 640 * 520 Bildpunkten (monochrom) und einer minimalen Belichtungszeit von bis zu 4 µs zu schießen. Der integrierte 650 MB Speicher ermöglicht zwei Sekunden Aufnahmezeit bei 1000 Bildern pro Sekunde. Für die Beleuchtung wurden zwei Baustrahler mit 1000 W und 1500 W verwendet, die jedoch nicht ideal für die geforderten Bedingungen bei der Aufnahme von HG-Aufnahmen waren. Das Licht dieser Strahler wird weit gestreut und bringt damit nicht die gesamte Lichtmenge auf das Objekt, wo sie benötigt wird. Dies zwang den Bediener zu Kompromissen bei der Bewegungs- und Tiefenschärfe.

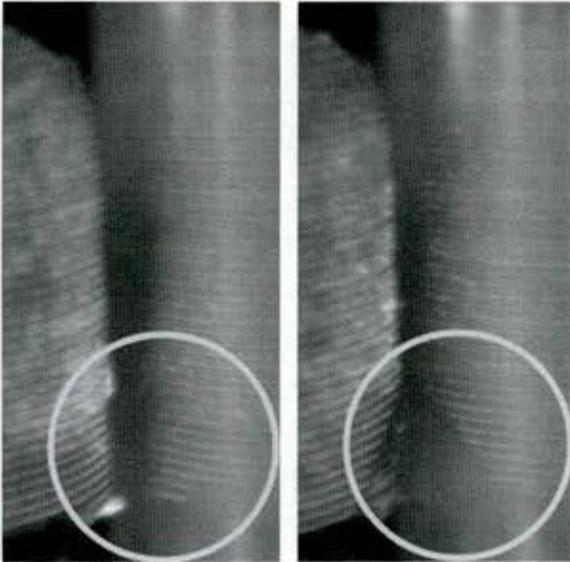
Die HG-Filme können innerhalb dieses Schlussberichtes naturgemäß nicht wiedergegeben werden. Die Beobachtungen werden daher durch Einzelbilder der entscheidenden Momente belegt.

3.5.1.1 Abrollen der Beleimungspalette auf der Leimwalze

Das Abrollen der Beleimungspalotten auf der Leimwalze dient der Aufnahme von Etikettierklebstoff, der in den beiden folgenden Schritten teilweise an die Etiketten abgegeben wird.

Ergebnis

Eine Auffälligkeit konnte bei beiden Marken der Brauerei 2 beobachtet werden. Die Beleimungspalette mit der Nummer 3 rollt nicht vollflächig auf der Leimwalze ab. Dies wird dadurch erkennbar, dass die Beleimungspalette 3 keinen vollständigen Abdruck auf der Leimwalze hinterlässt, wie im Vergleich der Abdrücke mit einer anderen Beleimungspalette in Abbildung 19 zu erkennen ist.



● Abbildung 19: Vergleich der Abdrücke von Beleimungspalette 2 (links) und Beleimungspalette 3 (rechts) (30.400 FL/h)



● Abbildung 20: Folgen der unvollständigen Beleimung (32.100 FI/h)

Dies führte dazu, dass bei jeder achten Flasche das Etikett an der rechten, unteren Ecke nicht beleimt war und nur lose auf der Flasche auflag (das Palettenkarussell der Etikettiermaschine bei Brauerei 2 enthält acht Beleimungspaletten, siehe auch Abbildung 37, auf Seite 63). Auch bei der Entnahme macht sich der fehlende Etikettierklebstoff, durch eine ungleichmäßige Entnahme des Etiketts, bemerkbar (Kreis in Abbildung 20). Die Ursache für die Beschädigung der Beleimungspalette war vermutlich ein Schlag auf die Palettenecke, zum Beispiel durch herunterfallen der Beleimungspalette. Eine Auswirkung auf die Faltenbildung ist durch diesen Umstand jedoch nicht zu erwarten, allenfalls eine abstehende Etikettenecke.

Bei den beiden anderen Bauereien wurden bei der Beleimung der Beleimungspaletten keine Auffälligkeiten entdeckt.

3.5.1.2 Entnahme des vordersten Etiketts aus der Etikettenzuführung

Das vorderste Etikett wird entnommen, indem die Beleimungspalette mit der eben aufgenommenen Schicht Etikettierklebstoff, über die Rückseite des Etiketts abrollt und das Etikett durch den Etikettierklebstoff an der Beleimungspalette haftet.

Die hierbei zu erfüllenden Kriterien sind zum einen das passgenaue Eintauchen der Beleimungspaletten in die Etikettenzuführung. Ist dies nicht der Fall, stoßen die Haltenasen, die den Etikettenstapel in Position halten, mit dem Gummi der Beleimungspaletten zusammen und beschädigen die Gummierung, da sie nicht in die dafür vorgesehenen Aussparungen auf den Paletten eintauchen. An den beschädigten Stellen kann die Beleimungspalette keinen Etikettierklebstoff mehr auf die Etikettenrückseite übertragen.

Zum anderen ist das Eintauchen der Paletten in den Etikettenstapel ein wichtiges Merkmal. Dabei wird der Etikettenstapel, der von einem Federmechanismus gegen die Haltenasen gedrückt wird, einige Millimeter zurück in die Etikettenzuführung geschoben. Auf diese Weise wird genügend Druck auf das Etikett ausgeübt, um auf der Beleimungspalette zu haften und um ausreichend Klebstoff auf das Etikett zu übertragen.

Ergebnis

Eine Übersicht über die Ergebnisse ist in Tabelle 21 aufgelistet. Das Eintauchen der Beleimungspaletten in den Etikettenstapel war bei allen untersuchten Marken deutlich erkennbar und wird als einwandfrei bewertet.

Bei Brauerei 1 wurden Probleme beim passgenauen Eintauchen beobachtet. Die Beleimungspaletten von B1M1 tauchen nicht passgenau in die oberen Haltenasen ein. Es kam jedoch zu keinem Kontakt zwischen Haltenasen und Palette, somit auch nicht zu einer Beschädigung der Paletten. Die gestrichelten Linien in Abbildung 21 (links) und die Großaufnahme in Abbildung 23 zeigen, dass die Position der seitlichen Haltenasen bei B1M1 ebenfalls nicht mit den Aussparungen auf der Beleimungspalette übereinstimmen. Hier kommt es sogar zum direkten Kontakt und damit zu der oben beschriebenen Beschädigung der Gummierung und der dadurch verursachten Vergrößerung der klebstofffreien Stellen um die ursprünglichen Aussparungen. Die Entnahme der Etiketten bei B1M1 wird daher als mangelhaft bewertet.

Bei B1M3 tauchen die Haltenasen ebenfalls nicht mittig in die Aussparungen ein, wie aus Abbildung 21 (rechts) hervorgeht. Da es jedoch zu keinem direkten Kontakt kommt wird die Entnahme als befriedigend bewertet.

Bei den Brauereien 2 und 3 war die Entnahme der Etiketten einwandfrei.

Tabelle 21: Ergebnisübersicht über die Entnahme des vordersten Etiketts

Kennung	Passgenaues eintauchen der seitlichen Haltenasen	Passgenaues eintauchen der oberen Haltenasen	Eintauchen in den Etikettenstapel
B1M1	XXX	----	✓
B1M3	----	✓	✓
B2M1	✓	✓	✓
B2M2	✓	✓	✓
B3M1	✓	✓	✓

✓ = Einwandfrei; ---- = Befriedigend; XXX = Mangelhaft

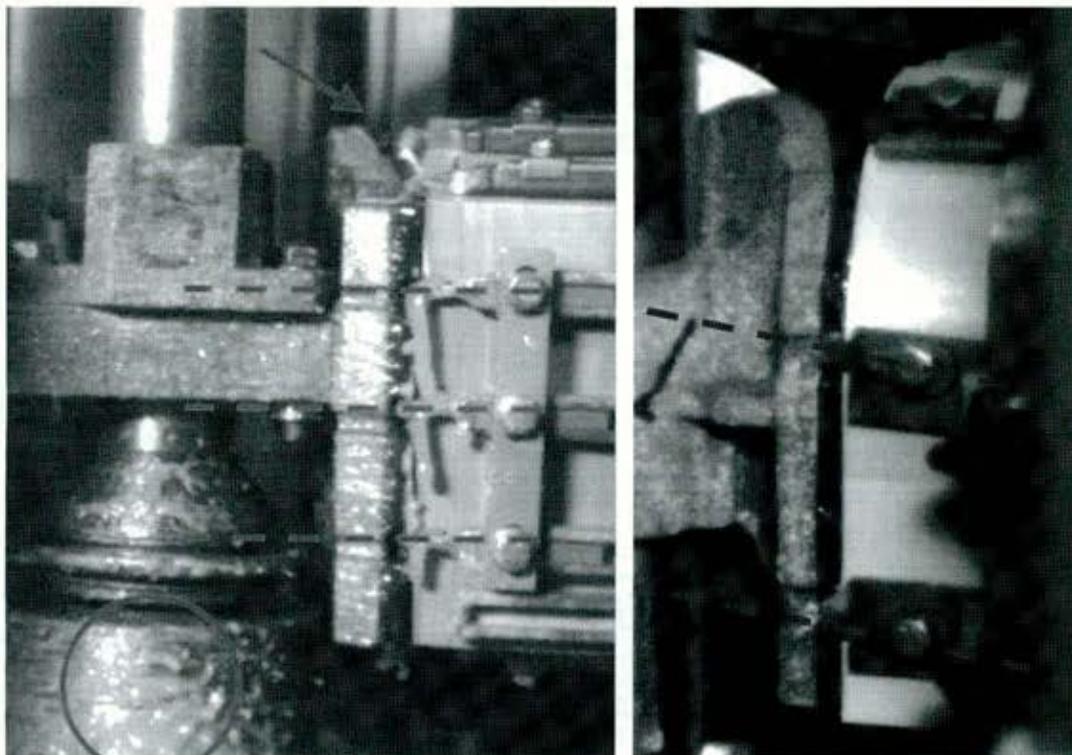


Abbildung 21: Entnahme eines Etiketts bei B1M1 (links) (46.200 FI/h)

Abbildung 22: Entnahme eines Etiketts bei B1M3 (rechts) (31.800 FI/h)

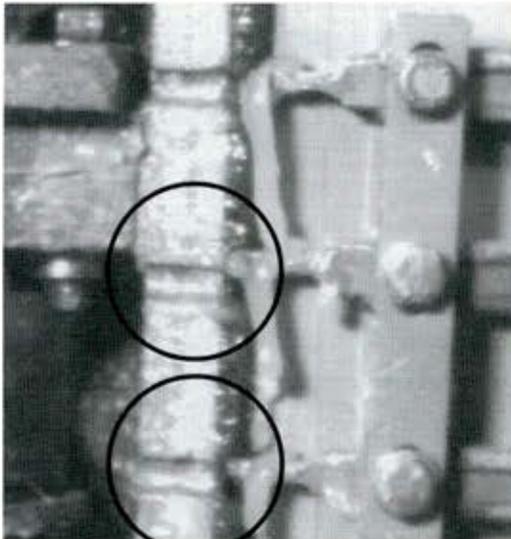


Abbildung 23: Fehlstellung der Haltenasen bei B1M1 (46.200 FI/h)

Zwei weitere Auffälligkeiten bei B1M1 werden durch Abbildung 21 offenbart. Zum einen wird die obere, rechte Kante des Etikettes bei der Entnahme durch die Beleimungspalette von der Haltenase zurückgehalten (siehe Pfeil). Zum anderen weist das Palettenkarussell eine starke Verunreinigung mit Etikettierklebstoff auf (siehe Kreis). Dies könnte mehrere Ursachen, sowohl unabhängig voneinander, als auch in Kombination haben. Eine Möglichkeit ist eine stark erhöhte Einstellung der Klebstoffmenge auf der Leimwalze. Ein weiterer Grund könnte das Gegenlaufprinzip dieser Etikettiermaschine sein. Beim Gegenlaufprinzip müssen sich die Paletten schneller um ihre eigene Achse drehen, als bei einem Gleichlaufsystem mit entsprechender Ausbringung, und entwickeln daher höhere Fliehkräfte, die auch auf den Etikettierklebstoff wirken und ihn abschleudern können. Verstärkend kommt hinzu, dass die Etikettiermaschine von B1M1 mit der höchsten Ausbringung (vgl. Tabelle 20 auf Seite 47) der untersuchten Maschinen arbeitet.

3.5.1.3 Übergabe des Etiketts von der Beleimungspalette an den Greiferzylinder

Durch die Beleimungspalette wird die Etikettenrückseite mit Etikettierklebstoff benetzt. Für die spätere Applikation auf der Flasche muss das Etikett nun von der Beleimungspalette abgenommen werden. Hierfür klemmen die Greiferfinger einer Station des Greiferzylinders das Etikett zwischen den Fingern und der Ambossleiste ein, sobald sich die Beleimungspalette dem Greiferzylinder entsprechend genähert hat. Entfernt sich nun die Beleimungspalette wieder vom Greiferzylinder halten Finger und Amboss das Etikett fest und ziehen es von der Palette.

Bei diesem Vorgang gibt es erneut mehrere Kriterien, die für eine einwandfreie Etikettierung zu beachten sind. Das passgenaue Eintauchen der Greiferfinger, in die dafür vorgesehenen Aussparungen an den Beleimungspaletten, den so genannten Greiferfingerlücken, ist eine Voraussetzung um Beschädigungen an den Belei-

mungspaletten vorzubeugen, die zu einer Vergrößerung der Greiferfingerlücken beitragen können. Des Weiteren muss das Etikett beim Abziehen flach auf der Ambossleiste anliegen. Wellen oder Falten sind ein Anzeichen dafür, dass im Etikett Spannungen durch den Abziehvorgang auftreten, oder dass die Ambossleiste abgenutzt ist. Dies könnte die Papierfasern beschädigen oder das Etikett verformen und somit die Faltenbildung begünstigen. Die Kraft, die direkt auf das Etikett einwirkt kann mit dieser Methode nicht bestimmt werden. Weiter ist auf eine Schrägstellung der Greiferfinger zu achten. Diese Schrägstellung könnte eine mögliche Ursache für ein nicht flach auf der Ambossleiste anliegendes Etikett sein.

Ergebnis

Eine Ergebnisübersicht der Etikettenübergabe an den Greiferzylinder ist in Tabelle 22 aufgeführt.

Tabelle 22: Ergebnisübersicht der Übergabe des Etiketts an den Greiferzylinder

Kennung	Passgenaues Eintauchen	Planlage auf Ambossleiste	Schrägstellung der Greiferfinger	Weitere Mängel
B1M1	✓	~~~	✓	
B1M3	nicht zu erkennen	nicht zu erkennen	nicht zu erkennen	Ja
B2M1	✓	XXX	✓	Ja
B2M2	✓	XXX	nicht zu erkennen	
B3M1	✓	~~~	✓	

✓ = Einwandfrei; ~~~ = Befriedigend; XXX = Mangelhaft

Bei B1M1 war die Planlage des Etiketts in befriedigender Weise gegeben. Die Pfeile in Abbildung 24 zeigen auf die leichte Wellenbildung des Etiketts um die Greiferfinger. Dies deutet auf eine erhöhte Belastung des Etiketts beim Abziehen von der Beleimungspalette. Die Abbildung zeigt zudem, dass die obere Ecke des Etiketts an der Beleimungspalette anhaftet und somit eine zusätzliche Belastung auf das Etikett ausgeübt wird. Eine weitere Auffälligkeit bei den Greiferfingern von B1M1 ist, dass sie sehr schmal sind, im Vergleich zu den Greiferfingern der anderen Marken.



Abbildung 24: Keine Planlage des Etiketts B3M1 auf der Ambossleiste (46.200 FI/h)

Die Planlage des Etiketts war auch bei B3M1 nur befriedigend. Dies zeigt sich in Abbildung 25. Innerhalb des Kreises ist eine leichte Wellung des Etiketts, durch die unterschiedlichen Grauschattierungen zwischen den Greiferfingern, zu erkennen.

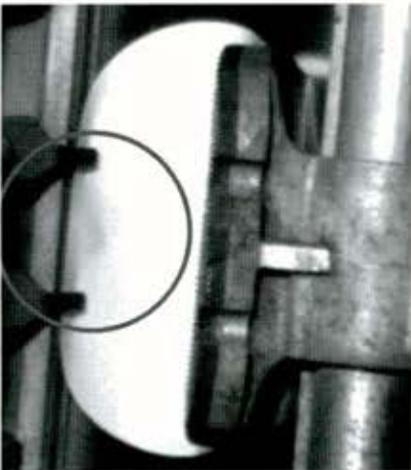


Abbildung 25: Keine Planlage des Etiketts B3M1 auf der Ambossleiste (27.500 FI/h)

Bei B2M1 und B2M2 war dieses Verhalten deutlich ausgeprägt und wurde als mangelhaft bewertet. Bei diesen Etiketten war immer wieder zu beobachten, dass die Etiketten beim Abziehen, direkt nach den Greiferfingern einknicken und sich zwischen den Greiferfingern eine Falte ausbildet (Kreise in Abbildung 26 und Abbildung 27).

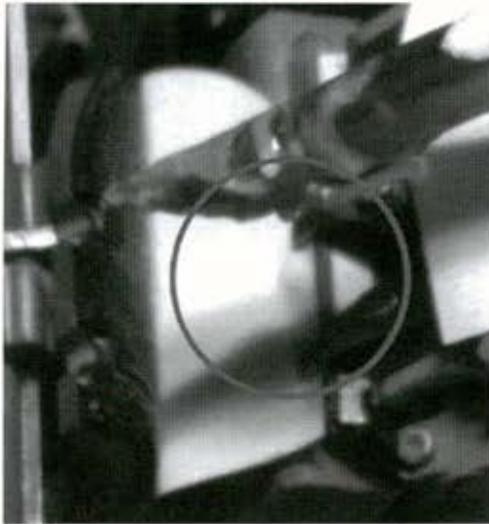


Abbildung 26: Keine Planlage des Etiketts B2M1 auf der Ambossleiste (links) (35.900 Fl/h)

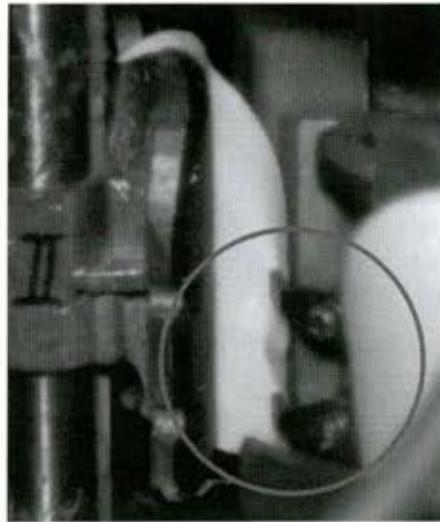


Abbildung 27: Keine Planlage des Etiketts B2M2 auf der Ambossleiste (rechts) (32.100 Fl/h)

Bei B2M1 führte darüber hinaus eine oder mehrere, durch Etikettierklebstoff verstopfte Druckluftdüsen am Düsenkamm dazu, dass die Etiketten nicht an die Schwämme des Greiferzylinders angeblasen wurden. Mit der Folge, dass die Fliehkraft das Etikett nach außen trägt (Abbildung 28, links) und es schließlich mit dem Düsenkamm kollidiert (Mitte), bevor es von den offenen Düsen wieder gegen das Schwämmchen geblasen wird (rechts). Der Düsenkamm hat die Aufgabe den Fliehkraften, die auf das Etikett wirken, entgegenzuwirken.

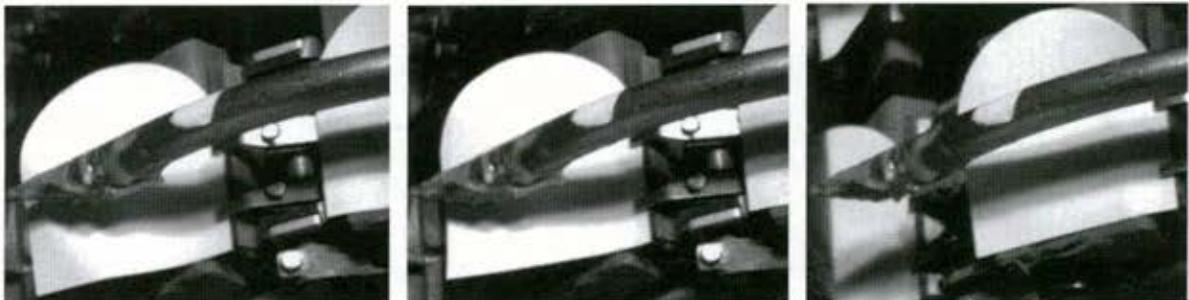


Abbildung 28: Verstopfte Druckluftdüsen (35.900 Fl/h)

Beim Abziehen der Etiketten von B1M3, konnte eine weitere Unregelmäßigkeit beobachtet werden. Um die Greiferfinger waren beim Abziehen der Etiketten große, klebstofffreie Bereiche zu erkennen (Abbildung 29, Kreis im linken Bild). Dasselbe wurde an der gegenüberliegenden Etikettenseite beobachtet (Kreis im rechten Bild).

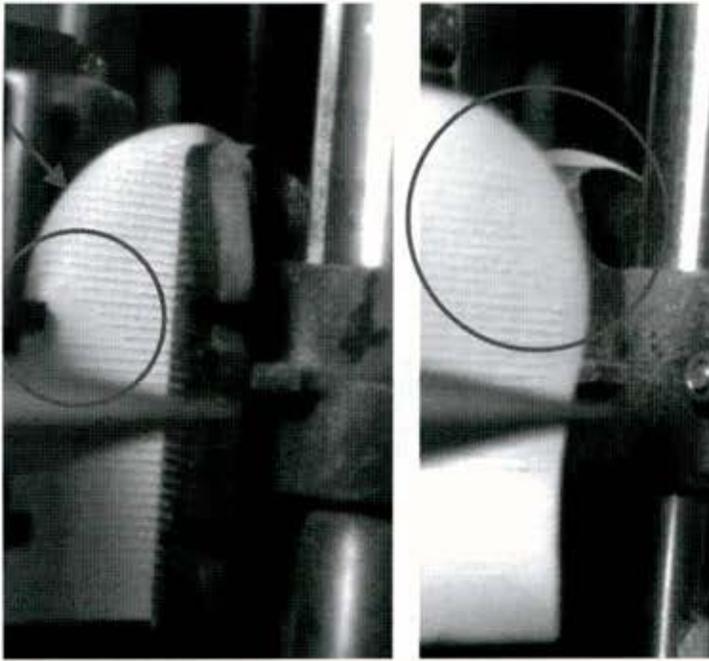


Abbildung 29: Etikettierklebstofffreie Stellen um die Greiferfinger und am Etikettenrand (40.500 Fl/h)

3.5.1.4 Aufsetzen und Andrücken des Etiketts auf der Flasche

Der nächste Arbeitsschritt einer Etikettiermaschine, nach der Übergabe des Etiketts an den Greiferzylinder, ist das Aufsetzen der Etiketten auf die Flaschen. Hierfür nähern sich die Flaschen auf ihren Flaschentellern in einer Kreisbahn dem Greiferfingerzylinder an. Am Berührungspunkt drückt die Flasche gegen das Etikett und den dahinter liegenden Schwamm, so dass der Schwamm um etwa einen Zentimeter eingedrückt wird. Durch diesen Anpressdruck, sowie die kalte Oberfläche der Flasche und die damit verbundene, schlagartige Erhöhung der Viskosität des Etikettierklebstoffes, haftet das Etikett an der Flasche (vgl. $T_{\text{(Abfülltemperatur)}}$ in Tabelle 6 auf Seite 18 und die dynamische Viskosität der Etikettierklebstoffe in Tabelle 14 auf Seite 36). In diesem Moment öffnen die Greiferfinger und geben das Etikett frei, das nun an der Flasche haftet.

Ein entscheidendes Merkmal bei diesem Schritt ist die Positionierung des Kreuzschlittens (Abbildung 30) zur Flasche. Die Flasche soll das Etikett mittig treffen und einen ausreichenden hohen Druck aufbauen. Ist der Schlitten, entlang der senkrecht zu den Flaschentellern verlaufenden Achse A, zu weit von den Flaschen entfernt, ist dieser Druck zu gering und das Etikett haftet nicht an der Flasche. Ist der Schlitten zu dicht bei den Flaschen, können die Greiferfinger beim Freigeben des Etiketts die Flasche berühren und dadurch verbogen werden, beziehungsweise die Position der Flasche auf dem Flaschenteller verändern. Ist die Position des Schlittens parallel zu den Flaschentellern, entlang der Achse B, nicht optimal, so haftet das Etikett zu weit links oder zu weit rechts von der Etikettenmitte. Die Folge ist, dass das Etikett nicht

richtig positioniert die Anbürststation erreicht und so gegebenenfalls nicht vollständig angebürstet wird.

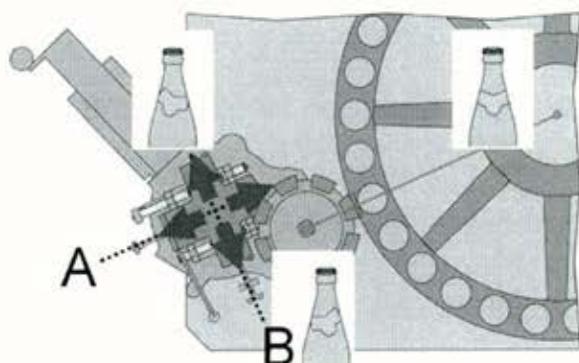


Abbildung 30: Kreuzschlitten des Etikettiermoduls [1]

Ergebnis

Aufgrund der baulichen Gegebenheiten an den untersuchten Etikettiermaschinen war es nicht möglich, diesen Schritt mit der HG-Kamera zu dokumentieren. Bei seitlichen Aufnahmen wird der Moment der Etikettenübergabe durch die nachfolgende, beziehungsweise die vorherige Flasche verdeckt. Eine Aufnahme von oben wurde durch die Anbauten der Etikettiermaschine oder unzureichende Beleuchtungsmöglichkeiten verhindert. Es kann somit keine Aussage über die Passgenauigkeit beim Aufsetzen der Etiketten getroffen werden.

3.5.1.5 Anstreichen der Etiketten durch die Bürstenstation

In der Anbürststation wird das bisher nur mittig an der Flasche haftende Etikett von der Mitte nach außen an die Flasche angebürstet. Dabei ist auf eine möglichst gleichmäßige Krafteinwirkung zu achten um das Etikett vollflächig an die Flasche anzuschmiegen, ohne dass das Etikett dabei verrutscht.

Bei den untersuchten Brauereien wurden die Flaschen direkt nach der Anbürststation für die Rumpfetiketten mit der HG-Kamera aufgenommen um festzustellen, ob zu diesem Zeitpunkt bereits eine Faltenbildung zu erkennen war.

Ergebnis

Die Ergebnisse sind in Tabelle 23 dargestellt. Bei dieser Einstellung wurde, mit Ausnahme der Marke B1M1 bei Brauerei 1, keine Faltenbildung festgestellt.

Tabelle 23: Faltenfreiheit der Etiketten nach der Anbürststation

Kennung	Faltenfreie Etiketten
B1M1	X
B1M3	✓
B2M1	✓
B2M2	nicht zu erkennen
B3M1	✓

Bei B1M1 waren direkt nach der Anbürststation Falten im Bereich der klebstofffreien Stellen an den Greiferfingerlücken vorhanden (Abbildung 31).

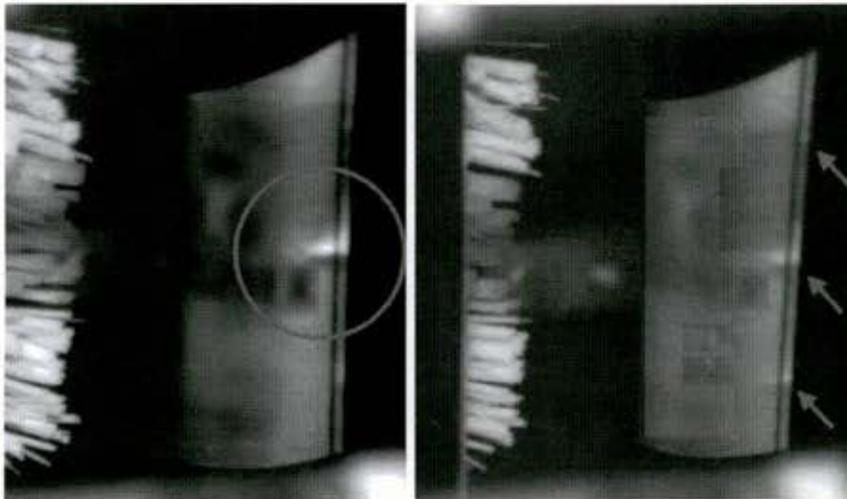


Abbildung 31: Faltenbildung nach der Anbürststation bei B1M1

3.5.1.6 Bewertung des Etikettiervorgangs

Die Dokumentation des Etikettiervorgangs mit einer HG-Kamera hat deutlich gemacht, dass die einzelnen Arbeitsschritte in einer Etikettiermaschine Einfluss auf die Faltenbildung nehmen können.

1. Schritt: Abrollen der Beleimungspalette auf der Leimwalze

Nach den in diesem Arbeitspaket durchgeführten Untersuchungen scheint das Abrollen der Beleimungspaluppen keinen direkten Einfluss auf die Faltenbildung auszuüben. Selbst eine beschädigte Beleimungspalette wirkte sich nicht negativ aus.

2. Schritt: Entnahme des vordersten Etiketts aus der Etikettenzuführung

Die Beleimungspaluppen sind in der Regel etwas kleiner gestaltet, als das Etikett. Dadurch bleibt am Rand des Etiketts ein etwa ein Millimeter breiter Bereich unbeleimt. Dies soll verhindern, dass Etikettierklebstoff durch die Anbürstung unter dem Etikett hervortreten kann. Taucht die Beleimungspalette nicht passgenau ein, so vergrößert sich der unbeleimte Bereich auf einer Seite, während er auf der anderen Seite kleiner wird. Die Veränderungen, die sich dadurch ergeben sind jedoch gering und es

kann davon ausgegangen werden, dass dies keinen Einfluss auf die Faltenbildung hat.

Durch das ungenaue Eintauchen der Beleimungspaletten, oder die Fehlstellung der Haltenasen kann jedoch die Gummierung der Beleimungs-paletten beschädigt werden. Dies führt zur Vergrößerung der klebstoff-freien Flächen um die Aussparung für die Haltenasen und die Greiferfin-ger. Das könnte einen Einfluss auf die Faltenbildung haben, zumal die meisten Falten im Bereich dieser Greiferfingerlücken zu finden sind (vgl. 3.1.2 Ist-Stand der Faltenbildung auf Seite 9).

3. Schritt: Übergabe des Etiketts von der Beleimungspalette an den Greiferzylinder

Es ist zu vermuten, dass dieser Schritt für die Entstehung von Faltenbil-dung von großer Bedeutung ist, da beim Abziehen des Etiketts von der Beleimungspalette hohe Kräfte auf das Etikett wirken. Diese könnten da-zu führen, dass das Etikett durch die Greiferfinger beschädigt wird, be-ziehungsweise die Falten durch die Greiferfinger vorgeformt werden (Abbildung 24, Seite 53). Denkbar wäre auch, dass das Etikett zwischen den Greiferfingern einknickt und auf diese Weise eine Falte vorgeformt wird.

Auch hier ist wieder das passgenaue Eintauchen sehr wichtig, um Be-schädigungen an der Gummierung der Paletten zu verhindern.

4. Schritt: Aufsetzen und Andrücken des Etiketts auf der Flasche

Ein fehlerhaft positioniertes Etikett kann durch die Bürstenstation nicht wie vorgesehen an die Flasche angebürstet werden. Dies könnte im Be-reich der klebstofffreien Stellen unter dem Etikett dazu führen, dass e-ventuell vorhandene Falten nicht glatt gestrichen werden. Der Schritt kann somit für die Faltenbildung mitverantwortlich sein.

5. Schritt: Anstreichen der Etiketten durch die Bürstenstation

Durch fehlerhaft eingestellte Bürsten könnte derselbe Effekt auftreten, wie bei falsch positionierten Etiketten. Eventuell vorhandene Falten wer-den nicht glatt gestrichen, da die Etiketten nicht wie vorgesehen durch die Bürsten geführt werden. Dieser Schritt kann somit ebenfalls für die Faltenbildung mitverantwortlich sein.

3.5.2 Vergleich der einzelnen Beleimungs-paletten

Der zweite Bereich befasst sich mit dem Einfluss einzelner Beleimungs-paletten auf die Faltenbildung. Ziel war es herauszufinden, ob sich die einzelnen Beleimungs-paletten in ihrem Einfluss auf die Faltenbildung unterscheiden und die beobachtete Faltenbildung eventuell von einzelnen Paletten verursacht wird.

Durchführung

Zu diesem Zweck wurde eine Signalflasche durch die Etikettiermaschine geleitet und etikettiert. Bei der Signalfasche handelte es sich um eine Flasche aus der laufenden Produktion, die durch ein reflektierendes Klebeband kenntlich gemacht wurde. Sobald die Signalfasche die Etikettiermaschine verlassen hatte, wurden so viele nachfolgende Flaschen der Reihe nach vom Förderband genommen, wie die Etikettiermaschine Beleimungspaletten besitzt.

Auf diese Weise konnten pro Durchlauf Probenflaschen entnommen werden, die jede von einer anderen Beleimungspalette etikettiert wurde. Insgesamt wurden so viele Durchläufe vorgenommen, dass von jeder Beleimungspalette mindestens 10 etikettierte Flaschen zur Untersuchung der Faltenbildung zur Verfügung standen.

Für die Zuordnung der einzelnen Flaschen zu den entsprechenden Beleimungspaletten wurde erneut die HG-Kamera eingesetzt. Mit ihr war es möglich, bei voller Ausringung der Etikettiermaschine, zu bestimmen, welche Beleimungspalette für die Etikettierung einer Signalfasche verantwortlich war.

Die Zuordnung der einzelnen Beleimungspaletten wird anhand Abbildung 32 erläutert. Der Greiferfinger (b) zieht das Etikett von der Beleimungspalette 7 (a, Kreis) ab. Entsprechend der Reihenfolge der Beleimungspaletten stammen somit die Etiketten von den Greiferfingern (c), (d) und (e) von den Beleimungspaletten 6, 5 und 4. Das Etikett der Signalfasche stammt demzufolge von Beleimungspalette 3. Daraus ergibt sich, dass die erste Probenflasche, nach der Signalfasche, von Beleimungspalette 4, die zweite Probenflasche von der Beleimungspalette 5 und so weiter, etikettiert wurde.

Eine Übersicht über die Zuordnung der einzelnen Beleimungspaletten, zu den Probenflaschennummern in den jeweiligen Durchläufen, ist in Anhang 9.5 aufgelistet.

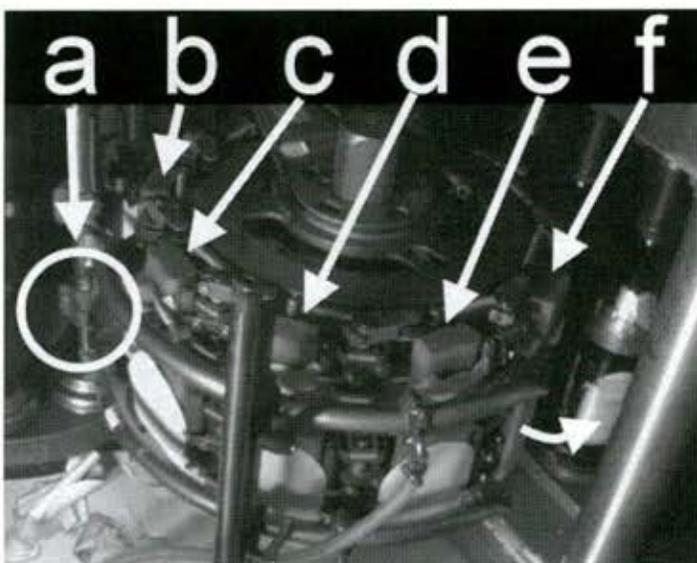


Abbildung 32: Zuordnung der Probenflasche zur Beleimungspalette

Nach der Entnahme wurden die Flaschen in markierte Bierkästen zur Abtrocknung an einem trockenen, möglichst windstillen Ort gelagert, um ein vergleichbares Abtrocknungsverhalten aller untersuchten Biermarken zu erreichen.

Um die auftretende Faltenbildung einer objektiven Bewertung unterziehen zu können, wurde ein Bewertungsschema definiert, das sowohl die Praxiserfahrungen der Abfüllbetriebe wiedergibt, als auch eine Charakterisierung der Faltenbildung mittels numerischer Werte zulässt. Hierfür wurden drei Klassen von Falten festgelegt:

- Große Falte: Erhebung in Längs- oder Querrichtung ≥ 1 cm (Abbildung 33)
- Mittlere Falte: Erhebung in Längs- oder Querrichtung < 1 cm und optisch deutlich erkennbar und ertastbar (Abbildung 34)
- Kleine Falte: Optisch kaum erkennbare und nicht ertastbare Erhebung oder leichte Wellenbildung am Rand

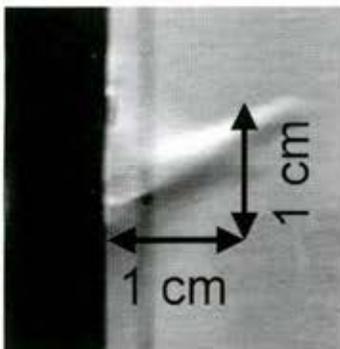


Abbildung 33: Große Falte

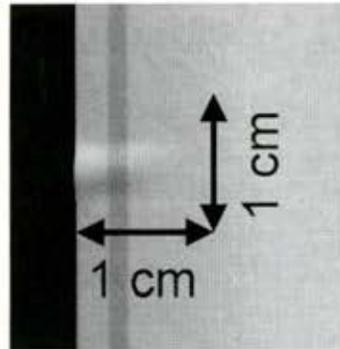


Abbildung 34: Kleine Falte

Die Faltenbildung wurde für jeden Bereich, rund um eine Aussparung der Beleimungspaletten, separat bestimmt.

Ergebnis

Die Ergebnisse dieses Vergleiches der einzelnen Beleimungspaletten werden in den folgenden fünf Abbildungen gegenübergestellt.

Die Prozentangaben stehen für den Anteil mittlerer und großer Falten in dem jeweiligen Randbereich des Etiketts. Kleine Falten wurden nicht berücksichtigt. Die Prozentangaben sind um den Abdruck der entsprechenden Beleimungspalette angeordnet. Dieser Abdruck entspricht dem Klebstoffbild, das auf die Etikettenrückseite übertragen wird. Die Abdrücke sind spiegelverkehrt dargestellt.

B1M1

Das Palettenkarussell der Etikettiermaschine für B1M1 besteht aus fünf Beleimungs-paletten. Es wurden 20 Flaschen pro Beleimungspalette auf Falten untersucht.

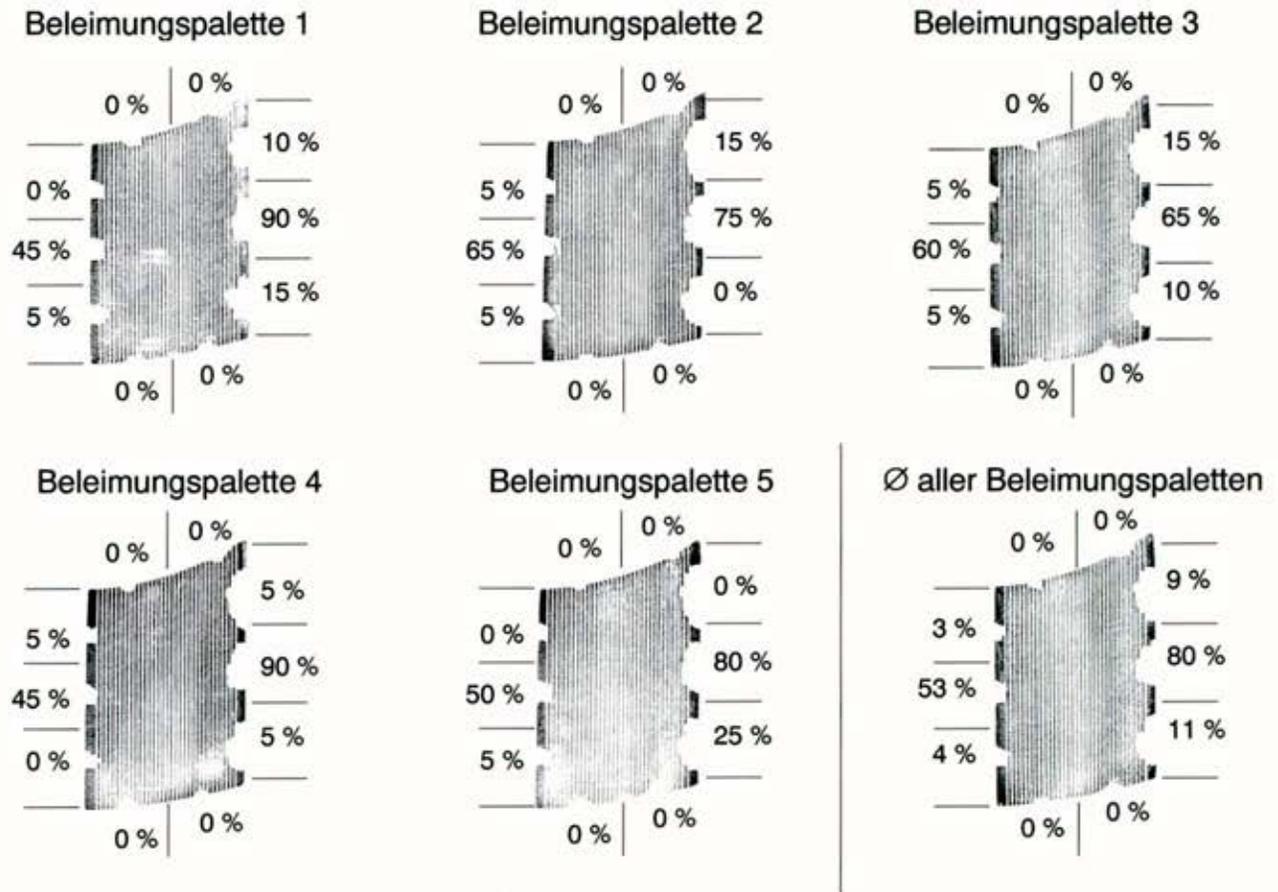


Abbildung 35: Vergleich der Beleimungs-paletten von B1M1

Bei B1M1 zeigt keine der Beleimungs-paletten auffälligkeiten. Die höchste Abwei-chung vom Durchschnitt aller Beleimungs-paletten fällt mit -15 %, bei Beleimungs-palette 3, moderat aus. Vor allem wenn in Betracht gezogen wird, dass sich die Werte der Faltenbildung bei B1M1, mit einem Höchstwert von 80 % beim Palettendurch-schnitt, auf einem sehr hohen Niveau befinden.

B1M3

Das Palettenkarussell der Etikettiermaschine für B1M1 besteht aus acht Beleimungspaletten. Es wurden 12 Flaschen pro Beleimungspalette auf Falten untersucht.

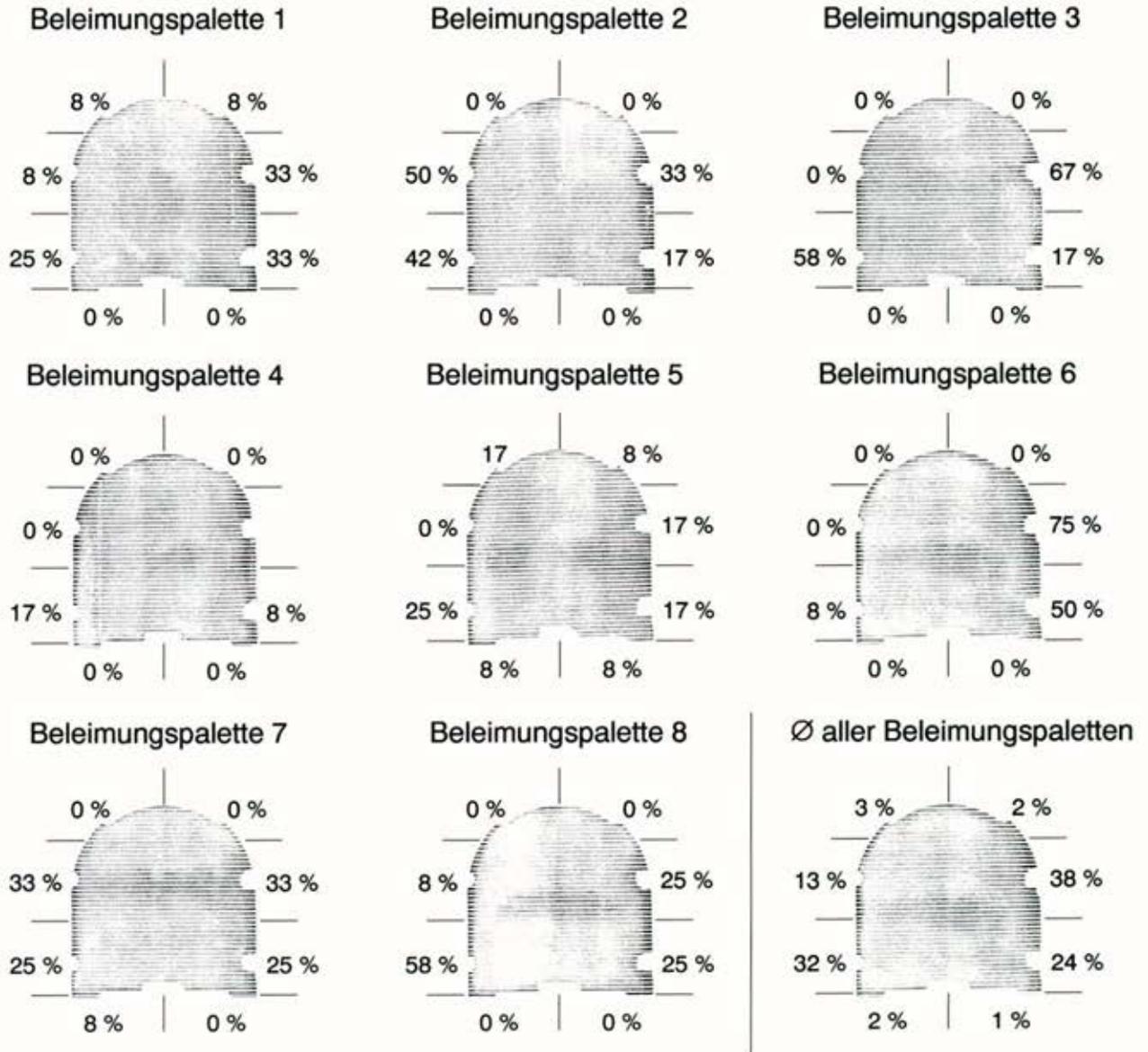


Abbildung 36: Vergleich der Beleimungspaletten von B1M3

Bei der Marke B1M3 fallen die Unterschiede zwischen den einzelnen Beleimungs-paletten deutlicher aus als bei B1M1. Die stärksten Ungleichheiten bestehen zwischen den Paletten 4 und 6. Beleimungspalette 4 zeigt insgesamt die schwächste Neigung zur Faltenbildung, im Vergleich aller acht Paletten. Bei Palette 6 dagegen liegt die Faltenbildung, mit 75 % und 50 % auf der rechten Seite der Palette, über dem Durchschnitt aller Paletten und um das 4- bzw. 6-fache über den entsprechenden Werten der Beleimungspalette 4.

B2M1

Das Palettenkarussell der Etikettiermaschine für B2M1 besteht aus acht Beleimungspaletten. Es wurden 11 Flaschen pro Beleimungspalette auf Falten untersucht.

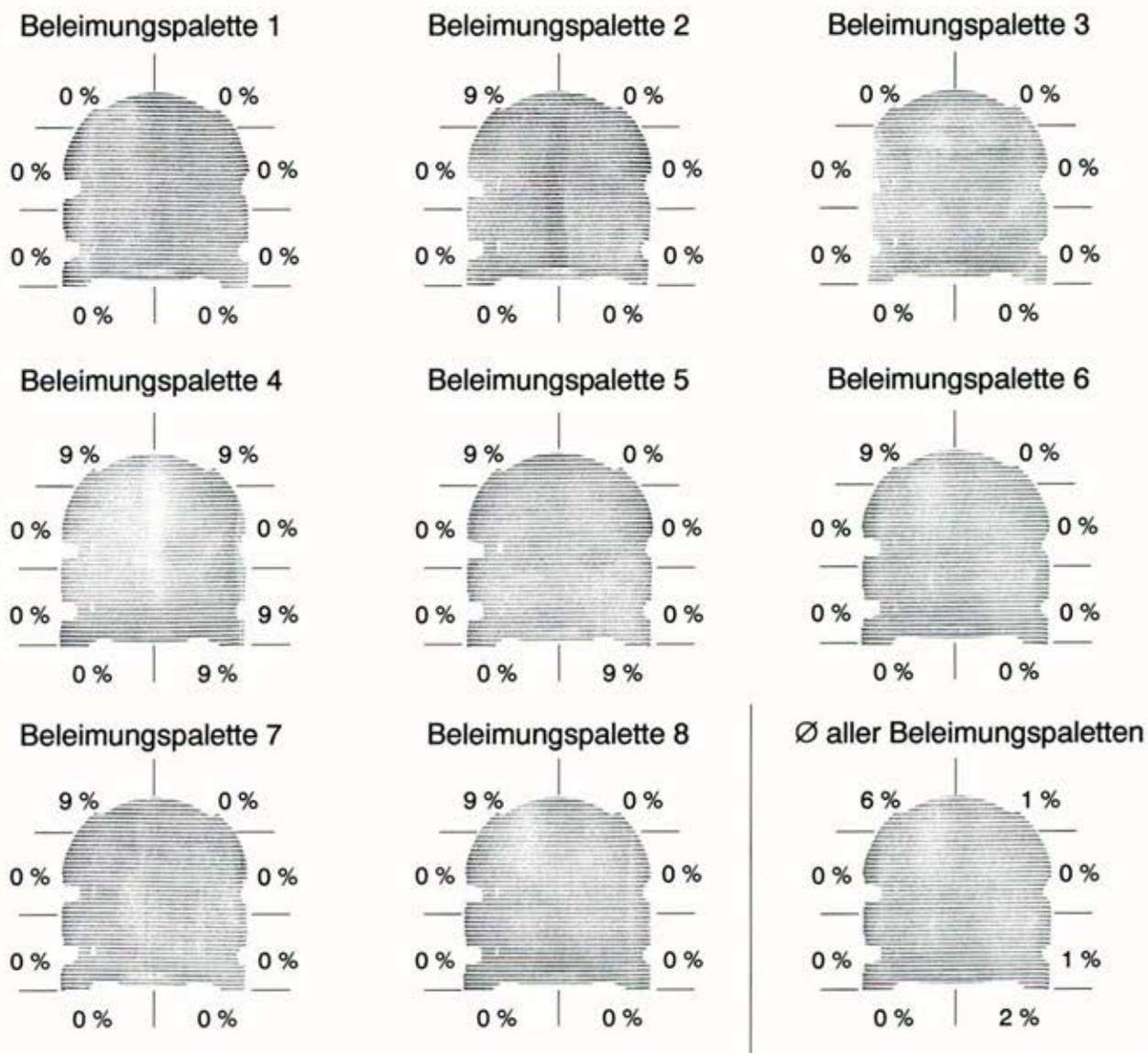


Abbildung 37: Vergleich der Beleimungspaletten von B2M1

Bei B2M1 hebt sich, wie bei B1M1, keine der Beleimungspaletten besonders hervor. Die höchste Abweichung vom Durchschnitt aller Beleimungspaletten zeigt Beleimungspalette 4, mit 8 %. Der Unterschied zu B1M1 liegt jedoch darin, dass bei dieser Marke die Tendenz zur Faltenbildung, mit einem Höchstwert von 6 % beim Palettendurchschnitt, nur begrenzt vorhanden ist.

B2M2

Die Marken B2M1 und B2M2 werden auf derselben Etikettiermaschine etikettiert. Das Palettenkarussell von B2M1 und B2M2, mit acht Beleimungspaletten, ist somit identisch. Es wurden 13 Flaschen pro Beleimungspalette auf Falten untersucht.

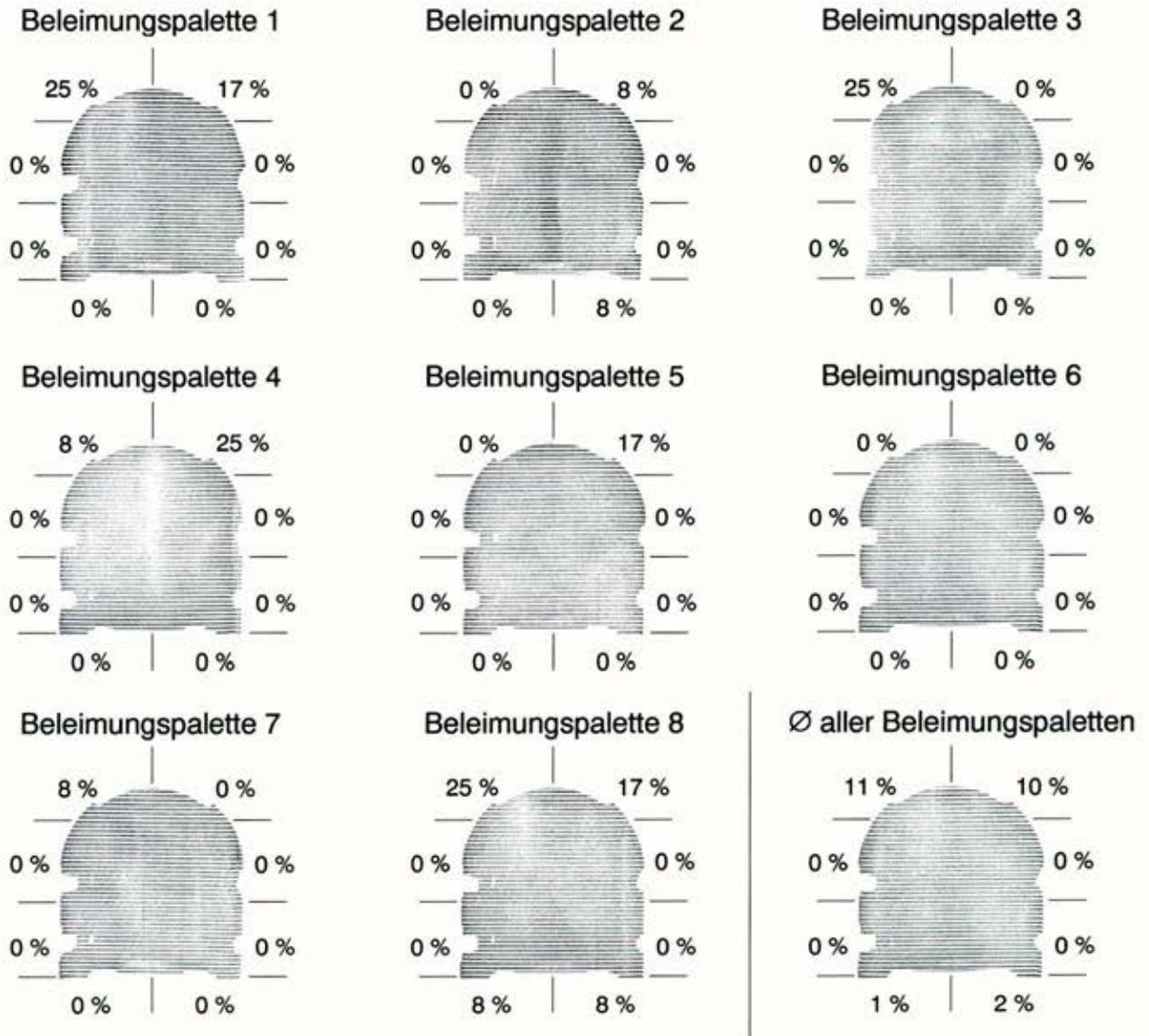


Abbildung 38: Vergleich der Beleimungspaletten von B2M2

Auch bei B2M2 hebt sich keine der Beleimungspaletten besonders hervor. Die höchste Abweichung vom Durchschnitt aller Beleimungspaletten zeigt erneut Beleimungspalette 4, mit 15 %. Die Tendenz zur Faltenbildung, mit einem Höchstwert von 11 % beim Palettendurchschnitt, ist auch weiterhin nur begrenzt vorhanden ist.

B3M1

Das Palettenkarussell der Etikettiermaschine für B3M1 besteht aus acht Beleimungspaletten. Es wurden 12 Flaschen pro Beleimungspalette auf Falten untersucht. Ein Abdruck der Beleimungspaletten wurde nicht aufgenommen. Die Beleimungspaletten waren jedoch in neuwertigem Zustand.

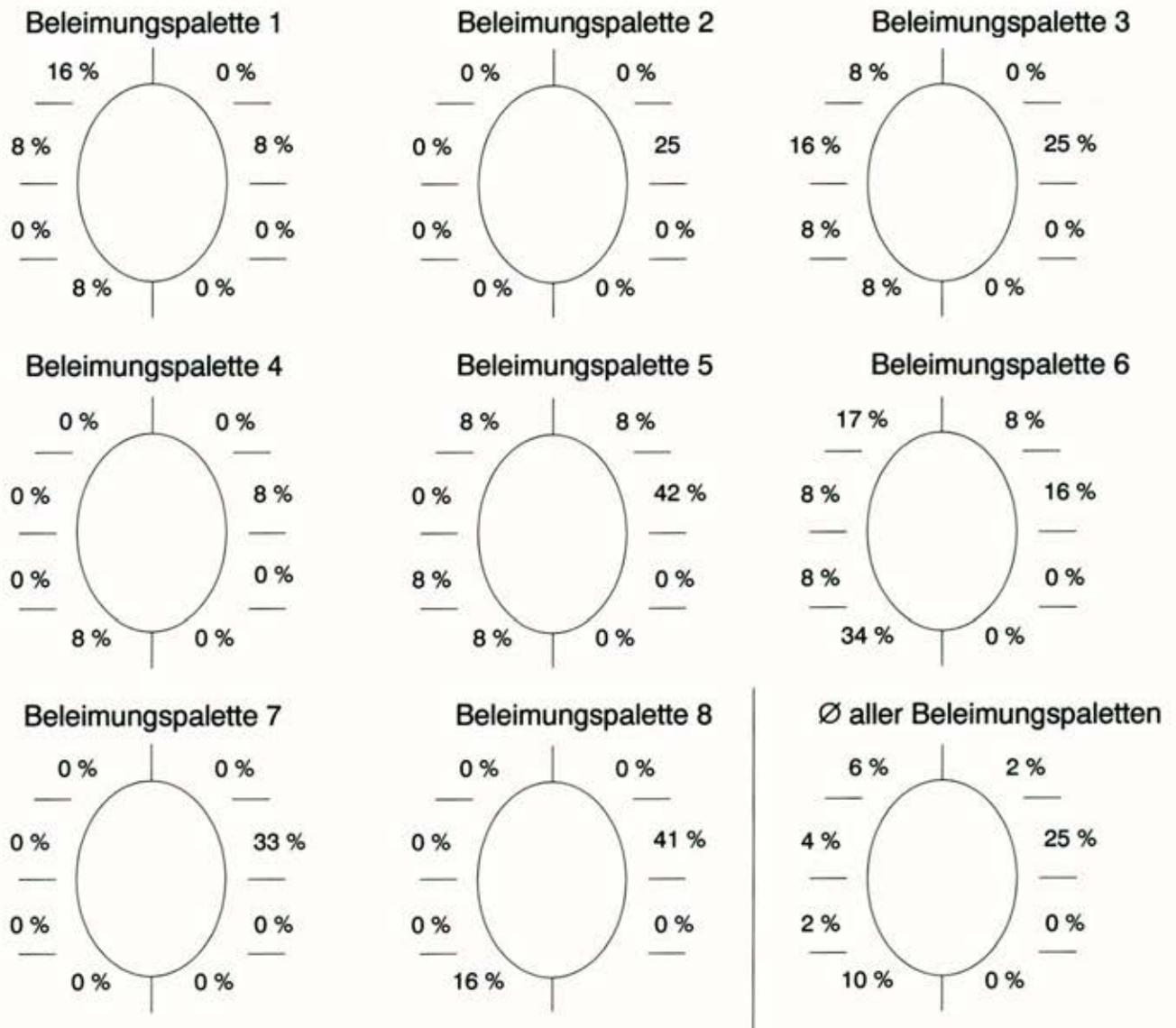


Abbildung 39: Vergleich der Beleimungspaletten von B3M1

Bei B3M1 hebt sich einzig die Beleimungspalette 6 hervor, die mit 34 % im linken, unteren Bereich des Abdrucks, eine um 24 % eine höhere Faltenbildung, gegenüber dem Durchschnitt aller Beleimungspaletten, zeigt.

Bewertung

Die deutlichen Unterschiede zwischen den Beleimungspaletten 4 und 6 bei B1M3 und die auffällige Palette 6 bei B3M1 legen nahe, dass einzelne Beleimungspaletten einen Einfluss auf die Faltenbildung ausüben können.

3.5.3 Zustand der Beleimungspaletten

Im dritten Bereich wird der Einfluss, den der Zustand der Beleimungspaletten auf die Faltenbildung ausübt, untersucht. Die Beleimungspaletten, die in den drei untersuchten Brauereien zum Einsatz kommen, unterscheiden sich zum Teil erheblich in ihrem Alter und Abnutzungsgrad.

Durchführung

Für diese Untersuchung wurde das Etikettierergebnis einzelner Marken dem Zustand ihrer Beleimungspaletten gegenübergestellt und Rückschlüsse auf mögliche Ursachen für das jeweilige Etikettierergebnis gezogen. Bei Marken, die eine ähnliche Etikettenform verwenden, wurden zusätzlich die Unterschiede zwischen den Beleimungspaletten betrachtet.

Ergebnis

B1M1

Der Abdruck der Beleimungspalette 4 (Abbildung 40, Mitte) macht, beispielhaft für alle Paletten der Marke B1M1, deutlich, was sich bereits durch die Aufnahme der Palette erahnen ließ. Durch Abnutzung der Gummierung um die Greiferfingerlücken (Abbildung 40, Pfeile im linken Bild) vergrößern sich diese Aussparungen um ein Vielfaches. Die Linie um den Abdruck markiert die ursprüngliche Abdrucksfläche einer neuen Beleimungspalette. In der Folge wird an diesen Stellen kein Etikettierklebstoff auf das Etikett übertragen und es bleiben größere klebstofffreie Stellen zwischen Etikett und Flasche zurück, als dies bei unbeschädigten Beleimungspaletten der Fall wäre.

Diese starke Abnutzung tritt bei allen anderen untersuchten Marken nicht auf. Es scheint nahe zu liegen, dass die vergrößerten klebstofffreien Stellen einen erheblichen Einfluss auf die Faltenbildung bei B1M1 (Abbildung 40, rechts) ausüben.

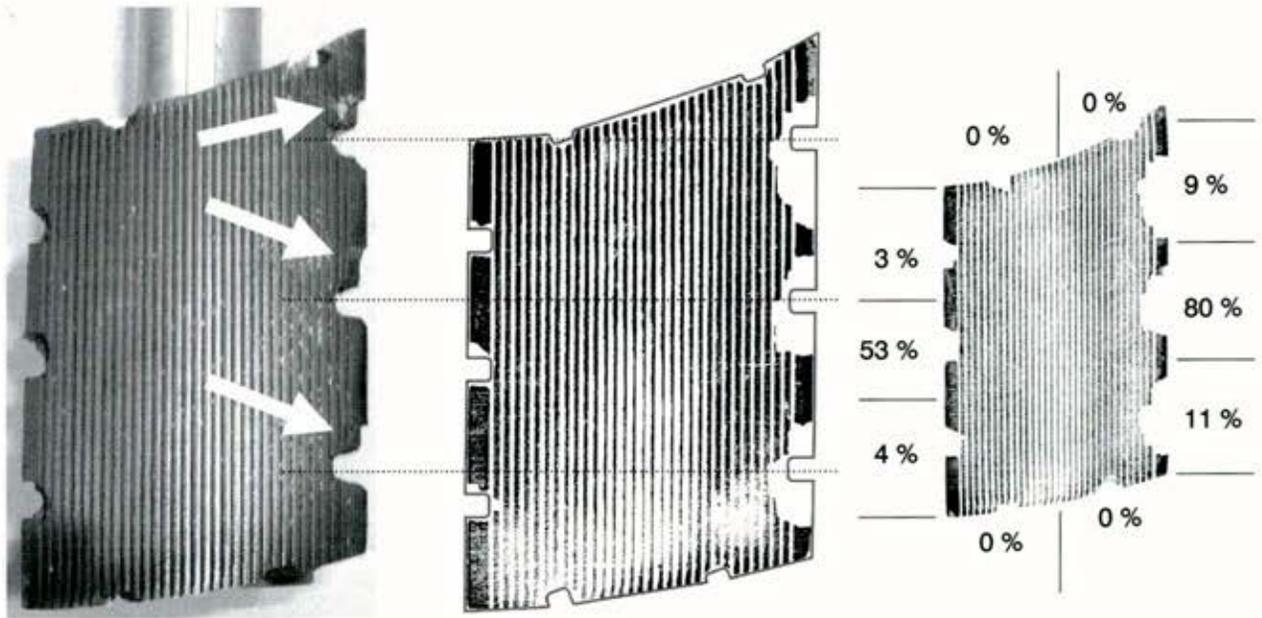


Abbildung 40: Beleimungspalette 4 der Marke B1M1

Anmerkungen: Nach Angaben des Projektbegleitenden Ausschusses entstehen diese Abnutzungen durch einen fehlenden Freilauf in der Beleimungswalze der Etikettiermaschine. Der beim Abrollen auf der Leimwalze entstehende Schlupf belastet die Beleimungspaletten und nutzt die Gummierung, vor allem um die Aussparungen für die Greiferfinger, ab.

Die Aufnahme der Beleimungspalette stammt vom Oktober 2005. Die Abdrücke der Beleimungspaletten entstanden im Mai 2006. Dies erklärt die Unterschiede in der erkennbaren Abnutzung in der Aufnahme (links) und dem dazugehörigen Abdruck (Mitte).

B1M3 und B2M1

Die Etiketten der Marke B1M3 der Brauerei 1 und der Marke B2M1 von Brauerei 2 haben eine ähnliche Etikettenform. Im Ergebnis der Faltenbildung unterscheiden sie sich jedoch deutlich voneinander (Abbildung 41, links und rechts außen). B1M3 weist an der linken Etikettenseite 13 % und 32 % Faltenbildung auf, an der rechten Seite 24 % und 38 %. Dem gegenüber zeigen die Etiketten von B2M1 gerade einmal 1 % Faltenbildung an ihrer rechten Seite.

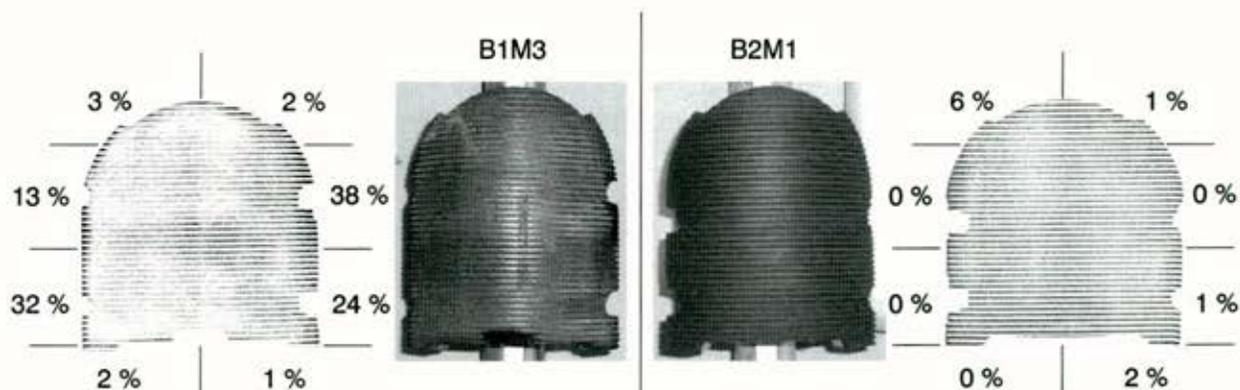


Abbildung 41: Vergleich zwischen B1M3 (links) und B2M1 (rechts)

Anmerkung: In den Aufnahmen wirken die Beleimungspaletten schmaler, wie ihre Abdrücke. Dies liegt an der Wölbung der Beleimungspaletten.

Einen Erklärungsansatz für die Unterschiede in der Faltenbildung liefert die verschiedene starke Abnutzung der Beleimungspaletten. Während die Paletten der Marke B2M1, wie in der rechten Hälfte von Abbildung 41 zu erkennen ist, in neuwertigem Zustand sind, weisen die Paletten der Marke B1M3 deutliche Gebrauchsspuren auf. So ist in der Mitte der Palettenunterkante eine Beschädigung durch den Datierungslaser zu erkennen. Auch fühlte sich der Gummi, mit dem diese Paletten vulkanisiert sind, bereits versprödet und hart an, während die Gummierung der B2M1 Paletten noch eine spürbare Elastizität aufwies.

Obwohl eine Abnutzung der Greiferfingerlücken wie sie bei B1M1 zu erkennen ist, bei beiden Marken nicht beobachtet werden konnte, wirkt sich die Versprödung der Gummierung bei B1M3 in ähnlicher Weise auf das Klebstoffbild aus. Durch den Verlust der Elastizität kann es vorkommen, dass rund um die Greiferfingerausparungen sowie am Palettenrand kein Klebstoff übertragen wird und es vergrößerte klebstofffreie Stellen zwischen Etikett und Flasche zurück bleiben. In Abbildung 42 sind zwei außergewöhnlich große klebstofffreie Flächen zu erkennen.

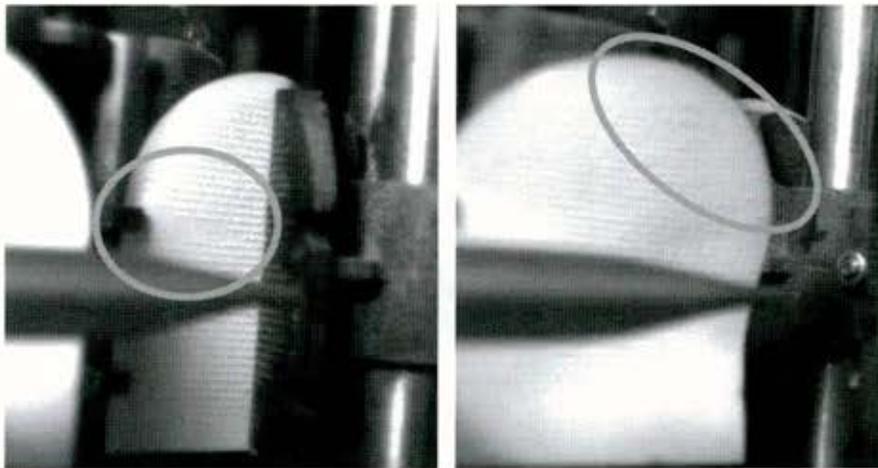


Abbildung 42: Klebstofffreie Stelle bei B1M3

Die bei der Etikettierung verwendeten Beleimungspaletten unterscheiden sich noch in weiteren Eigenschaften. Die Aussparungen für die Greiferfingerlücken bei den Paletten der Marke B1M3 liegen weiter auseinander als bei B2M1. Darüber hinaus befinden sich die Greiferfingerlücken auf der gegenüberliegenden Seite, da die beiden Etikettiermaschinen eine unterschiedliche Drehrichtung besitzen.

B2M1 und B2M2

Der Vergleich der Marken B2M1 und B2M2 offenbart kaum Unterschiede im Etikettierergebnis. Lediglich im oberen Bereich zeigen die Etiketten der Marke B2M2 mit 10 % und 11 % etwas mehr Faltenbildung als B2M1 (siehe Abbildung 43).

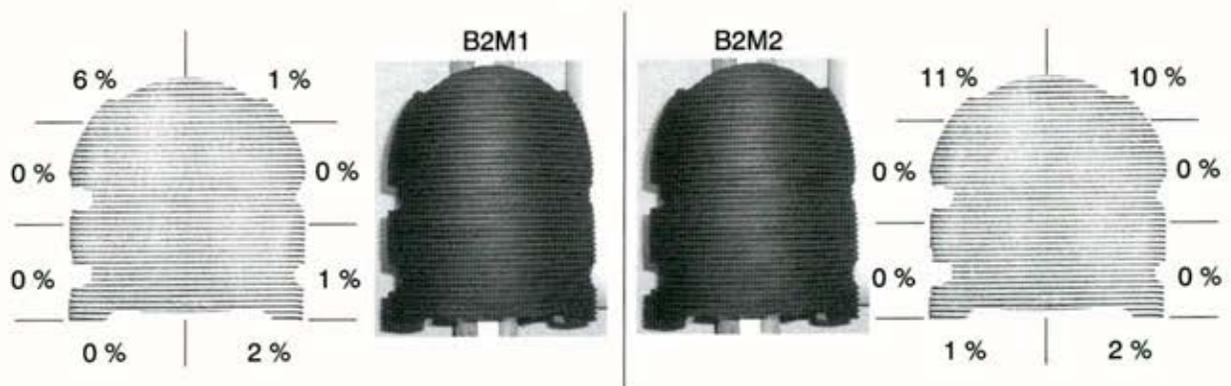


Abbildung 43: Vergleich zwischen B2M1 (links) und B2M2 (rechts)

Bewertung

Der mit 80 % hohe Anteil an Faltenbildung in Verbindung mit der Abnutzung der Beleimungspaletten bei B1M1, sowie der Vergleich zwischen den versprödeten Beleimungspaletten von B1M3, mit den neuwertigen Paletten von B2M1 und B2M2, lassen den Schluss zu, dass der Zustand der Beleimungspaletten einen Einfluss auf

die Faltenbildung hat. Vor allem, wenn dadurch die klebstofffreien Stellen vergrößert werden.

3.5.4 Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 5

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, den Etikettiervorgang in der Etikettiermaschine auf seinen Einfluss auf die Faltenbildung zu untersuchen.

Die Dokumentation des Etikettiervorgangs mit einer Hochgeschwindigkeits-Kamera hat gezeigt, dass vor allem die Entnahme der Etiketten und die Übergabe an den Greiferzylinder für die Faltenbildung von Bedeutung sein können. Beim Vergleich der einzelnen Beleimungspaletten in einer Etikettiermaschine wurde festgestellt, dass es Unterschiede in der Neigung zur Faltenbildung einzelner Beleimungspaletten geben kann. Eine Ursache dafür konnte jedoch nicht festgestellt werden. Der Zustand der Beleimungspaletten, in Bezug auf Beschädigung und Verschleiß, scheint ebenfalls einen Einfluss auf das Etikettierergebnis zu haben.

Für die weiterführenden Versuche in Arbeitspaket 7 sollten diese Einflüsse durch gezielte Manipulation der Beleimungspaletten und des Greiferzylinders überprüft werden.

3.6 Arbeitspaket 6: Identifikation der Einflussgrößen

Die Aufgabe in Arbeitspaket 6 bestand darin, die Ergebnisse aus den ersten fünf Arbeitspaketen auszuwerten und eine Korrelationsanalyse zwischen den verschiedenen Einflussgrößen und der aufgetretenen Faltenbildung durchzuführen. Aus diesen Daten sollten die beherrschenden Einflussgrößen identifiziert und die Problematik der Faltenbildung in einem Modell verdichtet werden.

3.6.1 Ergebnisübersicht der Arbeitspakete 1 bis 5

Die Auswertung der Arbeitspakete erfolgte aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit bereits in den jeweiligen Arbeitspaketen. An dieser Stelle werden die Ergebnisse aus den einzelnen Arbeitspaketen noch einmal in einer Übersicht dargestellt, die der Versuchsplanung für das Arbeitspaket 7 dient.

Arbeitspaket 1

In Tabelle 24 sind die Rahmenbedingungen aufgeführt, unter denen die Etikettierung in den untersuchten Brauereien durchgeführt wurde und die daraus abgeleiteten Parameter, die im Arbeitspaket 7 zur Anwendung kommen sollten.

Tabelle 24: Parameter für Arbeitspaket 7 aus Arbeitspaket 1

Parameter	Untersuchte Brauereien		Arbeitspaket 7 Etiketten-Lager Soll-Wert
	Minimum	Maximum	
T _(im Etiketten-Lager)	14,0 °C	24,1 °C	23 °C
rF _(im Etiketten-Lager)	29 %	63 %	50 %

	Während der Etikettierung		Während der Etikettierung Soll-Wert
	Minimum	Maximum	
T _(an der Etikettiermaschine)	20,8 °C	23,6 °C	23 °C
rF _(an der Etikettiermaschine)	48 %	67 %	50 %
T _(Etikettenstapel)	20 °C	27 °C	Ergeben sich aus den Lagerbedingungen für die Etiketten
rF _(Etikettenstapel)	41 %	55 %	
T _(Abfülltemperatur)	7 °C	14 °C	In drei Stufen: 7 °C, 10 °C und 14 °C
T _(Etikettierklebstoff)	25 °C	33 °C	In drei Stufen: T _(Herstellerangabe) , T _(Herstellerangabe) - 5 K und T _(Herstellerangabe) + 5 K
m _(Feuchtigkeit Flasche)	0,17 g	0,62 g	In fünf Stufen: Trocken, 0,2 g, 0,4 g, 0,6 g, 0,8 g

	Vollgut-Lager		Vollgut-Lager Soll-Wert
	Minimum	Maximum	
T _(im Vollgut-Lager)	15,6 °C	27,2 °C	Gezielte Variation der Soll-Werte innerhalb der gemessenen Grenzen.
rF _(im Vollgut-Lager)	33 %	82 %	

Die Lagerung von Versuchsetiketten sollte bei Normklima erfolgen. Auf diese Weise wird einer möglichen irreversiblen Schädigung der Etiketten durch eine zu trockene Lagerung vorgebeugt.

Die Etikettierversuche sollten ebenfalls bei Normklima erfolgen, da dieses den Bedingungen während der Etikettierung im Wesentlichen entspricht.

Die Füllguttemperatur in den vorgesehenen Versuchen sollte die in den Brauereien eingestellten Abfülltemperaturen widerspiegeln. Eine Abstufung von 7 °C, 10 °C und 14 °C erfüllt diese Anforderung.

Bei der Temperatur des Etikettierklebstoffs sollten die vom Hersteller empfohlenen Temperaturen eingehalten werden. Um die Auswirkungen von Temperaturabweichungen auf das Etikettierergebnis zu studieren, sollte in Einzelversuchen in Arbeitspaket 7 gezielt von dieser Temperatur um ± 5 Kelvin abgewichen werden.

Die Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche sollte bei den Etikettierversuchen zwischen null und 0,8 g pro Flasche variiert werden um den Einfluss unterschiedlich feuchter Flaschen auf die Faltenbildung untersuchen zu können.

In den Vollgut-Lagern der untersuchten Brauereien wurden die verschiedensten Umweltbedingungen dokumentiert, die darüber hinaus Schwankungen unterworfen waren. Die Soll-Werte der Abtrocknungsbedingungen sollten daher auch bei den nachfolgenden Untersuchungen in Arbeitspaket 7 variabel sein und zwischen den dokumentierten Extremwerten verändert werden.

Arbeitspaket 2

Tabelle 25 zeigt die charakterisierenden, physikalischen Eigenschaften der in den untersuchten Brauereien eingesetzten Papieretiketten.

Tabelle 25: Parameter für Arbeitspaket 7 aus Arbeitspaket 2

Parameter	Untersuchte Brauereien		Arbeitspaket 7	
	STLB		STLB	
	Minimum	Maximum	Soll-Wert Minimum	Soll-Wert Maximum
Flächenbezogene Masse			68 g/m ²	71 g/m ²
TBL (in FLR)	51 N	55 N		---
TBL (quer zur FLR)	33 N	44 N		---
NBL (in FLR)	15 N	23 N		---
NBL (quer zur FLR)	12 N	16 N		---
Dehnung (trocken in FLR)	0,3 mm	1,1 mm		---
Dehnung (trocken quer zur FLR)	1,1 mm	1,7 mm		---
Dehnung (nass in FLR)	0,7 mm	1,1 mm		---
Dehnung (nass quer zur FLR)	1,4 mm	2,2 mm		---
W _A Cobb ₆₀	14,5 g/m ²	19,5 g/m ²	14,0 g/m ²	20,0 g/m ²
Glätte nach Bekk	44 s	76 s	40 s	80 s

	Penetrationsmessgerät		Penetrationsmessgerät	
	Minimum	Minimum	Soll-Wert Minimum	Soll-Wert Maximum
Dynamische Nassdehnung	~ 1,8 %	~ 3,2 %	1,8 %	3,5 %
Hysterese	~ -0,1 %	~ 0,2 %		

	Erscheinungsform der Etiketten	Erscheinungsform der Etiketten
Papier	Metallisiert	Metallisiert
	Nicht Metallisiert	Nicht Metallisiert
	Geprägt	Geprägt
	Glatt	Glatt
Druck	Symmetrisch	Symmetrisch
	Asymmetrisch	Asymmetrisch
	Nicht bekannt	Lackierung
Form	Symmetrisch	Symmetrisch
	Asymmetrisch	Asymmetrisch

Die Untersuchungen nach den STLB haben ergeben, dass die eingesetzten Etiketten den jeweiligen Spezifikationen der Brauereien entsprachen. Die Flächengewichte der Etiketten sollten im Arbeitspaket 7, den am Markt üblichen Flächengewichten von 68 g/m² bis 70 g/m² entsprechen. Auf die Bestimmung der Trocken- und Nassbruchlast, sowie der Dehnung, die bei diesen Tests parallel mitbestimmt wird, wird in Arbeitspaket 7 verzichtet, da diese Werte für die mechanische Verarbeitbarkeit von Etiketten ausschlaggebend sind, jedoch keinen Einfluss auf die Faltenbildung haben. Der W_A Cobb₆₀ und die Glätte nach Beck sollten auch für die Versuchsetiketten in Arbeitspaket 7 den Rahmen vorgeben.

Die Nassdehnung der Etiketten bewegte sich zwischen 1,8 % und 3,2 %. Die Hysterese der Etiketten lag zwischen -0,1 % und 0,2 %. Etiketten, die in den nachfolgenden Versuchen verwendet werden, sollten sich an diesen Werten orientieren.

Die Erscheinungsformen der Etiketten in den untersuchten Brauereien decken bereits ein großes Spektrum der bei der Nassetikettierung üblichen Erscheinungsformen ab. Diese sollten auch in Arbeitspaket 7 untersucht werden. Ob ein nicht metallisiertes, lackiertes Etikett verwendet wurde, ist nicht festgestellt worden. Dies sollte jedoch bei den weiterführenden Versuchen ebenfalls berücksichtigt werden.

Arbeitspaket 3

Die Eigenschaften der in den drei Brauereien verwendeten Etikettierklebstoffe, sowie die daraus abgeleiteten Vorgaben für das Arbeitspaket 7, sind in Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26: Parameter für Arbeitspaket 7 aus Arbeitspaket 3

Parameter	Untersuchte Brauereien		Arbeitspaket 7
	STLB		STLB
	Minimum	Maximum	Soll-Werte
Feststoffgehalt	34,8 %	37,2 %	Ergibt sich aus den eingesetzten Etikettierklebstoff
pH-Wert	7,28	7,81	Neutral
Dynamische Viskosität bei 15 °C	122.000 mPa*s	180.000 mPa*s	Ergibt sich aus den eingesetzten Etikettierklebstoff
Dynamische Viskosität bei 20 °C	78.000 mPa*s	108.800 mPa*s	
Dynamische Viskosität bei 25 °C	43.200 mPa*s	65.600 mPa*s	
Dynamische Viskosität bei 30 °C	26.400 mPa*s	36.800 mPa*s	
Dynamische Viskosität bei 35 °C	16.800 mPa*s	23.200 mPa*s	
	Haftigenschaften		Haftigenschaften
	Minimum	Maximum	Soll-Werte
Anfangshaftung nach 2 s	1,3 N	1,7 N	Etikettierklebstoffe mit unterschiedlichem Haftverlauf: <ul style="list-style-type: none"> ○ Standard-Etikettierklebstoff ○ Schnell abbindend ○ Durchschnittlich abbindend ○ Langsam abbindend
Haftung nach 300 s	6,3 N	8,0 N	
	Zustand des Etikettierklebstoffs		Zustand des Etikettierklebstoffs
Zustand des Etikettierklebstoffs	Neuwertig		Neuwertig
	Mehrfach umgewälzt		Mehrfach umgewälzt

In den weiterführenden Versuchen im Arbeitspaket 7 soll ein Standard-Etikettierklebstoff mit neutralem pH-Wert eingesetzt werden, der in Brauereien eine möglichst weite Verbreitung hat. Des Weiteren sollen Spezial-Etikettierklebstoffe, mit einem unterschiedlich schnellem Abbindverhalten, auf ihren Einfluss auf die Faltenbildung überprüft werden.

Weiterhin soll der Einfluss von mehrfach umgewälztem Etikettierklebstoff untersucht werden.

Arbeitspaket 4

Aus den Untersuchungen zu den Oberflächeneigenschaften, der in den Brauereien verwendeten Flaschen, konnte kein der Einfluss des Flaschenpools auf die Faltenbildung festgestellt werden (Tabelle 27).

Tabelle 27: Parameter für Arbeitspaket 7 aus Arbeitspaket 4

Parameter	Untersuchte Brauereien		Arbeitspaket 7
	Oberflächeneigenschaften		Oberflächeneigenschaften
	Minimum	Maximum	Soll-Wert
Grenzflächenspannung	48 mN/m	48 mN/m	Mehrfach gereinigte Neuglasflaschen
Heißendvergütung	0 CTU	13 CTU	

	Ovalität		Ovalität
	Minimum	Maximum	Soll-Wert
Ovalität	0,7 mm	1,8 mm	---

Für die Versuche im Arbeitspaket 7, sollte dennoch ein möglichst homogener Flaschenpool Verwendung finden, um Einflüsse durch wechselnde Oberflächeneigenschaften auszuschließen. Dabei sollten jedoch der Charakter von Mehrwegglas beibehalten werden. Dies könnte durch den Einsatz von Neuglasflaschen, die vor den ersten Versuchen in einer Flaschenreinigungsmaschine mehrfach gereinigt wurden, verwirklicht werden.

Auf die Bestimmung der Ovalität des Flaschenpools wird verzichtet, da bei den Vorversuchen kein Einfluss der Ovalität festgestellt werden konnte.

Arbeitspaket 5

Die Dokumentation des Etikettiervorgangs mit einer Hochgeschwindigkeits-Kamera hat gezeigt, dass die Etikettiermaschine einen Einfluss auf die Faltenbildung haben könnte. In Tabelle 28 sind die möglichen Ursachen für die Beeinflussung des Etikettierergebnisses und die daraus abgeleiteten Maßnahmen für die Versuche im Arbeitspaket 7, aufgelistet.

Tabelle 28: Parameter für Arbeitspaket 7 aus Arbeitspaket 5

Parameter	Untersuchte Brauereien	Arbeitspaket 7
	Mögliche Ursache	Maßnahme zur Überprüfung
Faltenbildung	Fehlerhafte Grundeinstellung der Etikettiermaschine	Kontrolle des Etikettiervorgangs mit der HG-Kamera
	Beschädigung, Abnutzung und Verschleiß der Beleimungs-paletten	Gezielte Manipulation der Beleimungs-paletten und des Greiferzylinders

Beim Vergleich der einzelnen Beleimungs-paletten in einer Etikettiermaschine wurde festgestellt, dass es Unterschiede in der Neigung zur Faltenbildung einzelner Beleimungs-paletten geben kann. Eine Ursache dafür konnte jedoch nicht mit absoluter Sicherheit festgestellt werden. Der Zustand der Beleimungs-paletten, in Bezug auf

Beschädigung und Verschleiß, scheint jedoch einen Einfluss auf das Etikettierergebnis zu haben und könnte auch für die individuelle Faltenbildung einzelner Beleimungspaletten verantwortlich zeichnen.

3.6.2 Korrelation der Einflussgrößen

Aufgrund der stark unterschiedlichen Rahmenparameter in den drei untersuchten Brauereien, ist es am Ende des Arbeitspakets 6 nicht zweckmäßig, einzelne Einflussgrößen aus den bisherigen Arbeitspaketen, mit dem Auftreten der Faltenbildung zu korrelieren.

Als Beispiel seien die Etikettierergebnisse der verschieden stark beschädigten Beleimungspaletten zweier Brauereien genannt (Abschnitt 3.5.3, auf Seite 66). Diesen stehen verschiedene Papiersorten mit abweichender Hysterese bei der Nassdehnung (Abschnitt 3.2.4, auf Seite 32), unterschiedliche Ausbringungen der Etikettiermaschinen (Tabelle 20, auf Seite 47) und schließlich wechselnde klimatischen Bedingungen in der Vollgut-Halle gegenüber (Abbildung 7 und Abbildung 10, ab Seite 20). Selbst Vergleiche innerhalb einer Brauerei werden durch die wechselhaften Abtrocknungsbedingungen unmöglich (Abbildung 7 und Abbildung 8, ab Seite 20).

Eine aussagekräftige Korrelation einzelner Einflussgrößen mit der Faltenbildung wird erst in Arbeitspaket 7 möglich, wenn die Versuche unter konstanten Rahmenbedingungen durchgeführt werden können.

3.6.3 Hypothese zur Faltenbildung

Wenn auch noch keine Korrelation der Einflussgrößen möglich ist, so lassen sich die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 1 bis 5, zusammen mit den aus der Literatur bekannten Erkenntnissen zur Problematik der Faltenbildung, dennoch zu einer Hypothese über die Entstehung der Faltenbildung und die dabei beteiligten Einflussgrößen verdichten. Diese Hypothese dient als Arbeitsgrundlage für die Versuche im Arbeitspaket 7 und bei der Ausarbeitung von Arbeitspaket 8.

3.6.3.1 Feuchtigkeitsquellen für die Nassdehnung

Die Nassdehnung der Etiketten wird durch die Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche ausgelöst. Für diese Feuchtigkeit gibt es bei der Abfüllung von Bier drei Quellen:

- Überschwallwasser:

Vor dem Verschließer wird das Bier, durch eine Hochdruckeinspritzung, zum Überschäumen gebracht und in diesem Zustand verschlossen. Dies hat den Vorteil, dass der CO₂-haltige Schaum den Sauerstoff im Kopfraum der Flasche

verdrängt und so das Produkt vor Oxidation schützt. Die Produktreste müssen anschließend durch Überschwallen der Flaschen mit Wasser entfernt werden.

- Schwitzwasser:

Die Produkttemperatur bei der Abfüllung von Bier lag, bei den untersuchten Brauereien, zwischen 7 °C und 14 °C. Gleichzeitig herrschten in den Abfüllhallen Temperaturen um 22 °C, bei gleichzeitig etwa 50 % relativer Luftfeuchtigkeit. Dies führt dazu, dass sich die Feuchtigkeit aus der Luft auf den befüllten Flaschen niederschlägt und Schwitzwasser bildet.

- Etikettierklebstoff:

Etikettierklebstoffe auf Kaseinbasis enthalten zwischen 30 % und 40 % Feststoffe. Der Rest besteht zum größten Teil aus Wasser, welches von den Etiketten aufgenommen wird.

3.6.3.2 Entstehung der Anfangsfalten am Etikettenrand

Bei Kontakt mit Feuchtigkeit, nehmen die Zellstofffasern des Etikettenpapiers diese Feuchtigkeit auf und speichern sie in ihrem Zellinneren. Dadurch wird der Durchmesser der Zellstofffasern größer. Die Länge der Fasern ändert sich durch die Feuchtigkeitsaufnahme dagegen kaum.

Bei Etikettenpapier, das maschinell auf einer Papiermaschine mit Endlossieb hergestellt wurde, erfolgt bei der Herstellung eine teilweise Ausrichtung der Fasern längs des Endlossiebes, der so genannten Maschinenrichtung (in Laufrichtung des Siebes) oder Faserlaufrichtung [3]. Diese Ausrichtung der Fasern in Maschinenrichtung führt dazu, dass sich das Etikettenpapier, bei Kontakt mit Feuchtigkeit, überwiegend quer zur Faserlaufrichtung ausdehnt. Der Faserverlauf führt unter anderem auch dazu, dass sich ein Etikett, bei Kontakt mit Feuchtigkeit, parallel zur Faserlaufrichtung aufrollt. Dieses Verhalten wird in den STLB als Rollneigung des Etiketts bestimmt. Um zu verhindern, dass sich ein Etikett nach der Applikation von der Flasche abrollen kann, ist es bei einem Bauchetikett unumgänglich, dass die Faserlaufrichtung des Etiketts senkrecht zur Flaschenachse verläuft (Abbildung 44). In diesem Fall verhindert die Krümmung der Flasche, die auf das Etikett übertragen wird, dass sich das Etikett nach der Applikation aufrollen kann.

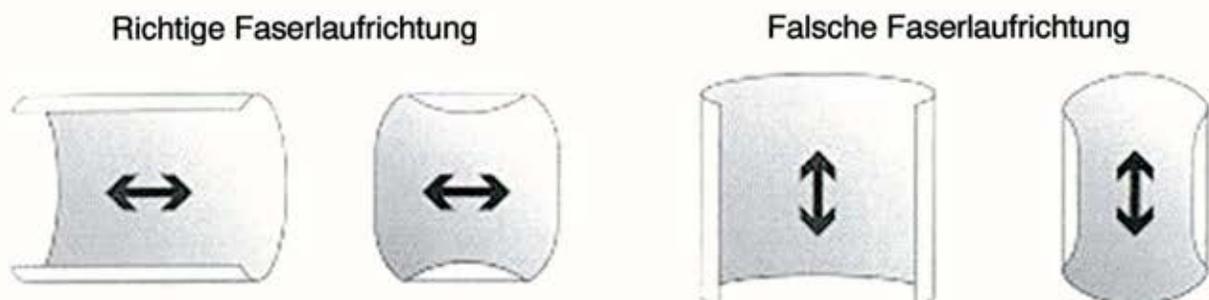


Abbildung 44: Faserlaufrichtung bei Papieretiketten [1]

Kommt das Papieretikett nach der Applikation mit Feuchtigkeit in Kontakt, dehnt es sich quer zur Faserlaufrichtung und somit längs der Flaschenachse aus (Doppelpfeile in Abbildung 45). Die gestrichelte Linie markiert die ursprünglichen Abmessungen des Etiketts. Das Rechteck stellt das Etikett nach der Nassdehnung dar.



Abbildung 45: Nassdehnung parallel zur Flaschenachse

Diese Ausdehnung des Papieretiketts kann in zwei unterschiedliche Bereiche aufgeteilt werden. In der Mitte des Etiketts, Bereich 1, dehnt sich das Etikett auf einer homogenen Schicht Etikettierklebstoff aus. In Abbildung 46, als Streifenbeleimung, durch die roten Linien gekennzeichnet. Im Bereich 2, an den Seiten des Etiketts, befinden sich klebstofffreie Stellen, hervorgerufen durch die Aussparungen an den Beleimungspaletten. Diese führen zu Unterbrechungen in der Klebstoffschicht (Abbildung 47).



Abbildung 46: Nassdehnung auf einer homogenen Klebstoffschicht (Bereich 1)



Abbildung 47: Nassdehnung auf einer inhomogenen Klebstoffschicht (Bereich 2)

Im Bereich 1 wird das Etikett, während es sich ausdehnt, von der homogenen Klebstoffschicht, die sich zwischen Etikett und Flasche befindet, in Planlage gehalten. Das Etikett kann sich gleichmäßig ausdehnen, ohne dass es zu Spannungen im Papier kommt.

Dagegen wird im Bereich 2, an den Seiten des Etiketts, das Etikett nicht von einer homogenen Schicht Etikettierklebstoff in Planlage gehalten. Diese Schicht ist immer wieder durch die Aussparungen der Beleimungspalette unterbrochen. Betrachtet man das Etikett von der Seite (Abbildung 48), so sind diese Aussparungen, mit den Ziffern eins bis drei gekennzeichnet (vgl. Abbildung 47), zwischen Etikett und Flasche erkennbar. Der Doppelpfeil im Etikett markiert die Richtung der Nassdehnung.

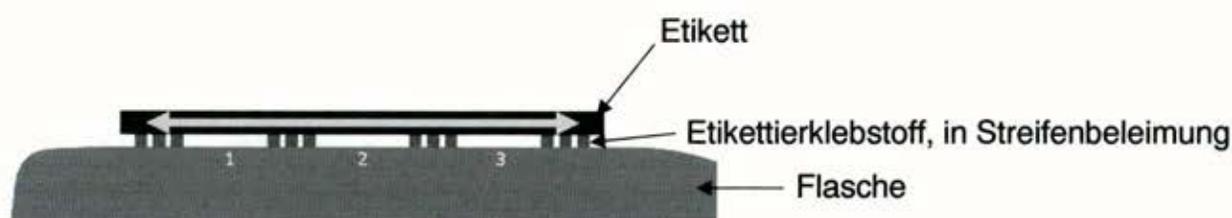


Abbildung 48: Seitenansicht des Etiketts

Durch die inhomogene Beleimung entstehen unterschiedliche Zonen im Etikett (Abbildung 49). Direkt nach dem Anbürsten des Etiketts in der Etikettiermaschine hält die Anfangshaftung des Etikettierklebstoffes, in den Zonen vom Typ 1, das Etikett in Planlage. Die Teilstücke des Etiketts über dem Etikettierklebstoff dehnen sich aus, dargestellt durch Doppelpfeile. In den Zonen vom Typ 2 dehnen sich die Teilstücke ebenfalls aus. Sie werden jedoch von keiner Anfangshaftung auf der Flaschenoberfläche fixiert. Der Etikettierklebstoff ist zu diesem Zeitpunkt nicht ausgehärtet und das Etikett kann auf der Klebstoffschicht, in gewissen Grenzen, wandern.

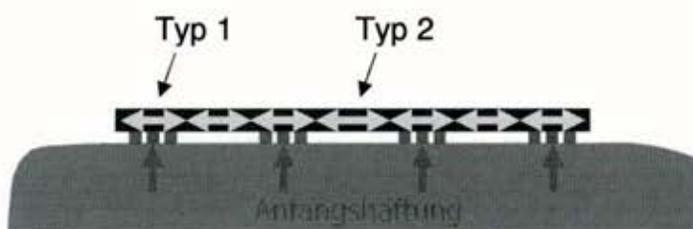


Abbildung 49: Teilbereiche im Etikett

Diese gegenläufige Ausdehnung der Teilstücke in den unterschiedlichen Zonen führt dazu, dass sich an den Zonengrenzen die Teilstücke aufeinander zu bewegen. Dadurch entstehen im Etikett Spannungen zwischen den Zonen die dazu führen, dass das Etikett, in den Zonen ohne Anfangshaftung, die Planlage verlässt und die Spannungen durch Bildung von Anfangsfalten abbaut (Abbildung 50).

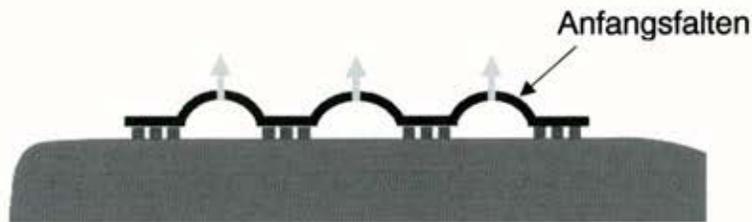


Abbildung 50: Abbau der Spannungen durch verlassen der Planlage

Auf diese Weise entsteht die Art von Falten, die direkt nach der Etikettiermaschine oder bei frisch etikettierten Flaschen im Vollgut-Lager beobachtet werden kann (vgl. Abbildung 31 auf Seite 57).

Nach dieser Hypothese entstehen bei jeder Nassetikettierung Falten. Unter der Voraussetzung, dass die Etikettiermaschine nicht zur Höhe der Anfangsfalte beiträgt, sind die Abmessungen der Falten abhängig von den folgenden Einflussgrößen:

- Nassdehnungseigenschaft des Etikettenpapiers:

- Nassdehnung über Zone Typ 2:

Beim Etikettenpapier ist die Nassdehnungseigenschaft des Basispapiers entscheidend. Papiere die sich bei Kontakt mit Feuchtigkeit stark ausdehnen (vgl. Abschnitt 3.2.3 auf Seite 31) brauchen mehr Platz über den klebstofffreien Stellen, was sich in der Höhe der Anfangsfalte widerspiegelt.

- Nassdehnung über Zone Typ 1:

Darüber hinaus wird durch die Nassdehnung des Etiketts in den Zonen vom Typ 1, zusätzliches Etikettenmaterial über die klebstofffreien Stellen geschoben. Dieser Anteil kann, nachdem sich der Etikettierklebstoff ausreichend verfestigt hat, nicht mehr zurück in die Zone vom Typ 1 und verbleibt in Zone 2, über den klebstofffreien Stellen. Die Nassdehnung leistet somit einen irreversiblen Beitrag zur Faltenhöhe, der durch die Rückstellkräfte (siehe Abschnitt 3.6.3.3) ausgeglichen werden muss, soll das Etikett am Ende der Abtrocknung wieder in der Planlage auf der Flasche aufliegen. Je ausgeprägter die Nassdehnung, desto schwieriger wird es für die Rückstellkräfte dem überschüssigen Etikettenmaterial entgegenzuwirken.

○ Feuchtigkeit:

Die Feuchtigkeit ist der Auslöser für die Nassdehnung. Je mehr Feuchtigkeit zur Verfügung steht, desto stärker kann sich das Etikettenpapier ausdehnen und umso höher wird die Anfangsfalte. Für die Feuchtigkeitsmenge sind drei Größen verantwortlich:

• Überschwallowwasser:

Das Überschwallowwasser dient dem Entfernen von Produktresten nach der Abfüllung. Wie viel davon bei der Etikettierung noch an der Flaschenoberfläche haftet hängt von den folgenden Bedingungen ab:

▪ Transportstrecke:

Die Länge der Transportstrecke zwischen Füll- und Etikettiermaschine bestimmt, wie viel vom Überschwallowwasser ablaufen kann.

▪ Transportdauer:

Die Verweildauer auf der Transportstrecke variiert durch Staus und einer gegebenenfalls vorhandenen Pufferstrecke.

• Schwitzwasser:

Durch die Schwitzwasserbildung schlägt sich zusätzlich Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche nieder. Wie viel Feuchtigkeit sich bis zum Einlauf der Etikettiermaschine bildet hängt ab von:

▪ Der Abfülltemperatur und damit der Temperatur auf der Flaschenoberfläche.

▪ Der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit in der Abfüllhalle.

• Luftmesser:

Der Einsatz, die Position und die Effektivität eines Luftmessers vor dem Einlauf der Etikettiermaschine beeinflussen die Restfeuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche.

• Feuchtigkeit aus dem Etikettierklebstoff:

Die Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche, verursacht durch Überschwallowwasser und Schwitzwasserbildung, können durch den Einsatz eines Luftmessers vor dem Einlauf in die Etikettiermaschine auf ein Mindestmaß reduziert werden. Durch Erhitzen der Oberfläche, zum Beispiel mit Heißluft oder in einem Pasteur, könnte die Flaschenoberfläche sogar vollständig getrocknet werden (dies ist bei der Verwendung von Selbstklebeetiketten bereits Standard). Bei der Nassetikettierung enthält jedoch der Etikettierklebstoff selbst eine gewisse Menge an

Feuchtigkeit, die für die Bildung von Anfangsfalten, wenn auch von geringerer Höhe, ausreicht.

- Größe der klebstofffreien Fläche:

Die Breite der Anfangsfalte wird begrenzt durch die Abmessungen der klebstofffreien Fläche. Bei neuen Beleimungspaletten sind die Aussparungen an den Beleimungspaletten gerade so groß, dass kein Kontakt zwischen Beleimungspalette und Haltenasen, beziehungsweise Greiferfinger stattfindet. Dies verhindert, dass Etikettierklebstoff auf die Haltenasen und die Greiferfinger übertragen wird, was zur Störung des Etikettiervorgangs führen würde.

Vergleichbar mit dieser Art der Faltenbildung ist die Faltenbildung die auftritt, wenn eine einwandfrei etikettierte Flasche aus dem Kühlfach genommen wird und sich auf der Flaschenoberfläche Schwitzwasser bildet. Auch hier werden an den Stellen ohne Etikettierklebstoff Falten sichtbar. Der Unterschied besteht darin, dass die mit Etikettierklebstoff fixierten Stellen des Etiketts (Zone Typ 1) sich nicht weiter ausdehnen können und somit kein weiteres Etikettenmaterial für die Faltenbildung liefern. Die Höhe der Falte ist somit ausschließlich von der Nassdehnung und der zur Verfügung stehenden Feuchtigkeit abhängig. Die Feuchtigkeitsmenge ist jedoch reduziert, da die Anteile aus dem Überschwallwasser und dem Etikettierklebstoff fehlen.

3.6.3.3 Rückbildung der Anfangsfalten am Etikettenrand

Die Anfangsfalten, die sich aus der Nassdehnung des Etiketts über der inhomogenen Klebstoffschicht ergeben, sind für das Etikett energetisch ungünstig. Die bevorzugte Lage eines Papierbogens ist die Planlage. Daher üben die Anfangsfalten an ihren Rändern eine Kraft F auf die Teilstücke der Zonen vom Typ 1 aus (Abbildung 51).

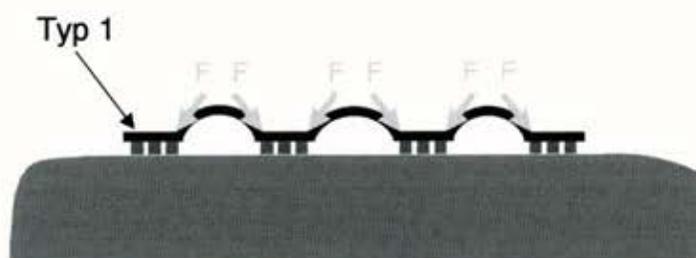


Abbildung 51: Rückstellkräfte im Etikett

Diese Kräfte führen dazu, dass sich zunächst die äußeren Falten abschwächen, indem sie die Ober- und Unterseite des Etiketts über den noch nicht ausgehärteten Etikettierklebstoff schieben (Abbildung 52). Dies erklärt, warum bei drei Greiferfingern der Anteil an Falten in der Mitte der Etikettenseiten höher ist, als oben oder unten (vgl. Abbildung 35 auf Seite 61). Die mittlere Falte braucht länger um sich zurückzubilden und die Wahrscheinlichkeit, dass sie fixiert wird bevor die Rückbildung abgeschlossen ist, ist höher als bei den oberen und unteren Falten.

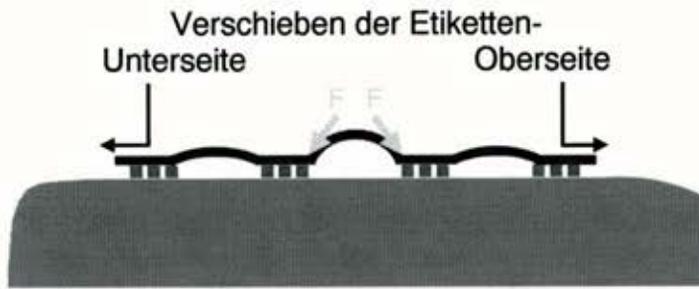


Abbildung 52: Zurückbilden der äußeren Falten

Nachdem sich die äußeren Falten abgeschwächt haben kann sich auch die mittlere Falte zurückbilden (Abbildung 53).



Abbildung 53: Zurückbilden der mittleren Falte

Der Vorgang der Faltenrückbildung kann so lange andauern, wie der Etikettierklebstoff unter dem Etikett noch nicht ausgehärtet ist und somit eine Bewegung des Etikettenpapiers zulässt. Sobald die Haftkraft des Klebstoffes zu hoch wird, können die Rückstellkräfte des Etiketts keine weitere Rückbildung bewirken.

Gleichzeitig mit der Rückbildung und Aushärtung des Etikettierklebstoffs läuft noch ein weiterer Vorgang ab. Im Vollgut-Lager trocknet die Feuchtigkeit auf der Flasche ab und auch das Etikett kann die aufgenommene Feuchtigkeit, die zur Nassdehnung geführt hat, wieder abgeben. Dabei nimmt der Durchmesser der Zellstofffasern ab und die Trockenschrumpfung des Etiketts, quer zur Faserlaufichtung, setzt ein. Diese Trockenschrumpfung sorgt nun dafür, dass sich das Etikett auf dem inzwischen ausgehärteten Etikettierklebstoff spannt und somit wieder vollflächig und ohne Falten auf der Flaschenoberfläche aufliegt (Abbildung 54).

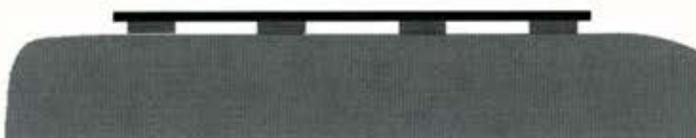


Abbildung 54: Vollständig zurückgebildete Falten

Beide Effekte der Faltenrückbildung für sich alleine betrachtet, die Rückstellkräfte durch das Etikettenpapier und die Trockenschrumpfung, würden nicht ausreichen, um das Etikett vollständig zu glätten. Die Rückstellkräfte sind zu schwach, um das

Etikett gegen die Haftkraft des Etikettierklebstoffes vollständig zu glätten. Es würde stets eine Restfalte zurückbleiben. Die Trockenschrumpfung alleine ist zu einer vollständigen Rückbildung ebenfalls nicht in der Lage, da die Hysterese bei der Trockenschrumpfung eine Rückbildung bis zur ursprünglichen Ausdehnung verhindert. Das Etikett bleibt somit immer etwas größer und es würde eine Falte zurückbleiben. Selbst bei einer vollständigen Trockenschrumpfung ohne Hysterese, befindet sich, durch die Nassdehnung des Etiketts in den Zonen vom Typ 1, zusätzliches Etikettenmaterial über den klebstofffreien Stellen und damit bliebe auch in diesem Fall eine Falte zurück. Erst das Zusammenspiel beider Vorgänge ermöglicht die vollständige Rückbildung der Anfangsfalten.

Nach dieser Hypothese ist die Rückbildung der Anfangsfalten von den folgenden Einflussgrößen abhängig:

- Nassdehnung:

Durch die Nassdehnung des Etiketts in den Zonen vom Typ 1, wird zusätzliches Etikettenmaterial über die klebstofffreien Stellen geschoben. Dieser Anteil des Papiers kann, nachdem der sich der Etikettierklebstoff ausreichend verfestigt hat, nicht mehr zurück in die Zone vom Typ 1 und verbleibt in Zone 2, über den klebstofffreien Stellen. Die Nassdehnung leistet somit einen irreversiblen Beitrag zur Faltenhöhe, der durch die Rückstellkräfte ausgeglichen werden muss, soll das Etikett am Ende der Abtrocknung wieder in der Planlage auf der Flasche aufliegen. Je ausgeprägter die Nassdehnung, desto schwieriger wird es für die Rückstellkräfte dem überschüssigen Etikettenmaterial entgegenzuwirken.

- Hysterese des Etikettenpapiers:

Die Hysterese des Etikettenpapiers entscheidet darüber, um wie viel das Etikettenmaterial über der klebstofffreien Stelle (Material aus Zone vom Typ 2 und zusätzliches Material aus Zone vom Typ 1), nach der Trockenschrumpfung, gegenüber seinen ursprünglichen Abmessungen, größer bleibt. Der Anteil an überschüssigem Etikettenmaterial durch die Hysterese muss ebenfalls von den Rückstellkräften im Etikett ausgeglichen werden. Je stärker die Hysterese des Papiers, desto schwieriger wird es für die Rückstellkräfte diesem Effekt entgegenzuhandeln.

- Rückstellkräfte:

Die Rückstellkräfte des Papiers bestimmen, wie weit die Ober- und Unterseite des Etiketts über den noch nicht ausgehärteten Etikettierklebstoff geschoben werden. Sie sind zum einen abhängig von der Steifigkeit des Etikettenpapiers. Papiere mit einem höheren Flächengewicht sind daher vermutlich im Vorteil gegenüber leichteren Papieren. Zum anderen ist die Geometrie der Falte mitbestimmend. Eine hohe, schmale Falte übt mutmaßlich eine größere Kraft aus als eine flache, breite Falte. Demnach sollten die klebstofffreien Stellen mög-

lichst schmal sein. Die Rückstellkräfte selbst konnten, mit den zur Verfügung stehenden Mitteln, nicht bestimmt werden.

○ Haftkraft des Etikettierklebstoffs:

Der Verlauf der Aushärtung des Etikettierklebstoffes entscheidet darüber, wie lange die Rückstellkräfte wirken können. Dieser Verlauf wird von mehreren Faktoren beeinflusst:

• Abbindeigenschaften des Etikettierklebstoffs:

Schnell abbindende Klebstoffe lassen den Rückstellkräften nur wenig Zeit, die Effekte der Nassdehnung und der Hysterese auszugleichen. Langsam aushärtende Etikettierklebstoffe sollten demnach, in Bezug auf die Faltenbildung, von Vorteil sein. Ob ein langsamer aushärtender Klebstoff eingesetzt werden kann hängt jedoch noch von weiteren Faktoren ab. Zum Beispiel darf das Etikett bei starker Schwitzwasserbildung nicht verrutschen oder der Etikettierklebstoff unter dem Etikett hervortreten.

• Klebstoffmenge:

Eine Erhöhung der Klebstoffmenge verlängert ebenfalls die Zeit zum Ausgleichen der Anfangsfalten, da sie das Austrocknen des Etikettierklebstoffes hinauszögert.

• Umweltbedingungen:

Auch die Umweltbedingungen in denen die etikettierte Flasche mit ihren Anfangsfalten abtrocknet kommen beim Aushärten des Etikettierklebstoffs zum tragen:

▪ Schwitzwasserbildung:

Die Schwitzwasserbildung im Vollgut-Lager bringt zusätzlich Feuchtigkeit auf die Flaschenoberfläche und das Etikett und verhindert zunächst ein Abtrocknen des Etiketts. Dadurch wird das Aushärten des Etikettierklebstoffes verzögert. Die Schwitzwasserbildung wiederum ist abhängig von der Abfülltemperatur und den klimatischen Bedingungen im Vollgut-Lager.

▪ Klimatische Bedingungen und Luftströmungen im Vollgut-Lager:

Die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Vollgut-Lager tragen zur Bildung von Schwitzwasser bei, solange die Temperatur der Flaschenoberfläche unter dem Taupunkttemperatur liegt. Sobald kein Schwitzwasser mehr gebildet wird bestimmen die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit, sowie die Luftströmungen im Vollgut-Lager, wie schnell die Feuchtigkeit vom Etikett abtransportiert wird. Je intensiver der Abtransport aus dem

Etikett, desto schneller wird die Feuchtigkeit aus dem Etikettierklebstoff vom Etikett aufgenommen und der Klebstoff härtet früher aus.

3.6.3.4 Ursachen der unvollständigen Rückbildung der Anfangsfalten

Im Idealfall erheben sich, nach der oben aufgestellten Hypothese, zunächst die Anfangsfalten. Diese bilden sich im Vollgutlager wieder vollständig zurück. Das Ergebnis ist ein vollflächig aufliegendes Etikett ohne Faltenbildung.

Die Untersuchungen in den Brauereien haben jedoch gezeigt, dass dieses ideale Etikettierergebnis von den Brauereien nicht immer erreicht wurde (vgl. Abschnitt 3.5.2 ab Seite 58). Für die unvollständige Rückbildung der Anfangsfalten gibt es drei mögliche Ursachen, die mit der Hypothese übereinstimmen:

- Unvollständige Faltenrückbildung:

Nach der oben genannten Hypothese bildet sich eine Anfangsfalte. Durch eine ungünstige Konstellation der Einflussgrößen für die Faltenrückbildung kann die Anfangsfalte jedoch nicht vollständig zurückgebildet werden. Beispiele:

- Ausgeprägte Nassdehnung des Etikettenpapiers
- Hohe Hysterese des Etikettenpapiers
- Unterdurchschnittliche Rückstellkräfte
- Frühzeitig aushärtender Etikettierklebstoff durch
 - Schnell abbindenden Etikettierklebstoff
 - Reduzierte Klebstoffmenge
 - Geringe Verdünnung durch trockene Flaschen bei der Etikettierung
 - Geringe Schweißwasserbildung
 - Hohe Luftbewegungen lassen das Etikett schnell abtrocknen.

- Ausgangsfalte durch die Etikettiermaschine:

Die Etikettiermaschine, entgegen der bisherigen Annahme, beeinflusst die Höhe der Anfangsfalte. Dies hat zur Folge, dass eine vollständige Rückbildung, auch bei geeigneten Voraussetzungen, nicht mehr vollends gelingt und eine Falte zurückbleibt. Aus den Beobachtungen der Arbeitspakete 1 bis 5 ergeben sich folgende mögliche Einflussgrößen.

- Vergrößerte klebstofffreie Stellen:

Durch Abnutzung oder Versprödung der Beleimungspaletten kommt es zu vergrößerten klebstofffreien Stellen. Die Folge davon sind breitere und tiefere Anfangsfalten (vgl. Abbildung 40 auf Seite 67 und Abbildung

abrollen. Der Bewegungsablauf kann somit als Abrollen der Etiketten von den Beleimungspaletten beschrieben werden.

Beide Systeme haben positive, wie negative Eigenschaften und beide werden in Abfüllbetrieben eingesetzt. Welches System letztlich ein sanfteres Abziehen der Etiketten ermöglicht konnte nicht ermittelt werden.

- Beschädigung der Papierfasern beim Abziehen

Die Übergabe der Etiketten fand zum Teil bei Ausbringungen der Etikettiermaschinen von über 47.000 Flaschen pro Stunde statt. Bei dieser Ausbringung werden 13 Flaschen in einer Sekunde etikettiert. Die Kräfte mit denen die Greiferfinger an den Etiketten ziehen, um sie von den Beleimungspaletten zu lösen, müssen entsprechend hoch sein. Dabei ist es denkbar, dass es im Bereich der Greiferfinger zu Beschädigungen im Papiergefüge kommt. Diese würde sich in einer Dehnung des Etiketts, rund um den Greiferfinger äußern. Im Extremfall würde die Falte die Form des Greiferfingers nachzeichnen. Das würde ebenfalls die Ausbildung einer Grundfalte nach sich ziehen, die bei der Rückbildung der Anfangsfalte nicht mit abgebaut werden kann.

Die Belastung der Papierfasern rund um den Greiferfinger wird umso stärker, je höher die Ausbringung der Etikettiermaschine eingestellt ist. Sie ist im Weiteren davon abhängig, in welchen Winkel die Etiketten von den Paletten abgezogen werden. Hier bestehen fundamentale Unterschiede zwischen Etikettiermaschinen die im Gleich- und im Gegenlaufprinzip arbeiten, aber auch zwischen Etikettiermaschinen mit identischem Prinzip. Ebenfalls eine Rolle spielen die Breite des Greiferfingers und die Größe der Aussparungen an der Beleimungspalette.

Bei der Marke B1M1 sind die Aussparungen aufgrund der starken Abnutzung der Beleimungspaletten extrem ausgeprägt (Abbildung 40 auf Seite 67). Die Greiferfinger sind dagegen deutlich dünner als bei den anderen Marken (vgl. Abbildung 24 auf Seite 53 mit Abbildung 27). Zudem wurde die Etikettiermaschine (Gegenlaufsystem), mit der höchsten Einstellausbringung von 46.200 Flaschen pro Stunde betrieben, verglichen mit den anderen Marken.

Das Etikettierergebnis der Marke B1M1 fällt, im Vergleich mit den anderen untersuchten Marken, am schlechtesten aus (vgl. Abschnitt 3.5.2 ab Seite 58). Eine mögliche Ursache dafür ist, dass die eben genannten Umstände eine Ausgangsfalte verursachen, noch bevor sich die eigentliche Anfangsfalte bildet. Ein Beleg für diese Annahme liefert Abbildung 31 auf Seite 57. Sie zeigt, dass bei B1M1 bereits in der Anbürststation Falten deutlich zu erkennen sind, was bei den anderen untersuchten Marken nicht der Fall war. Vom Zeitpunkt des Aufsetzens des Etiketts auf die Flasche, bis zur ersten Anbürststation, vergehen, bei einer Aus-

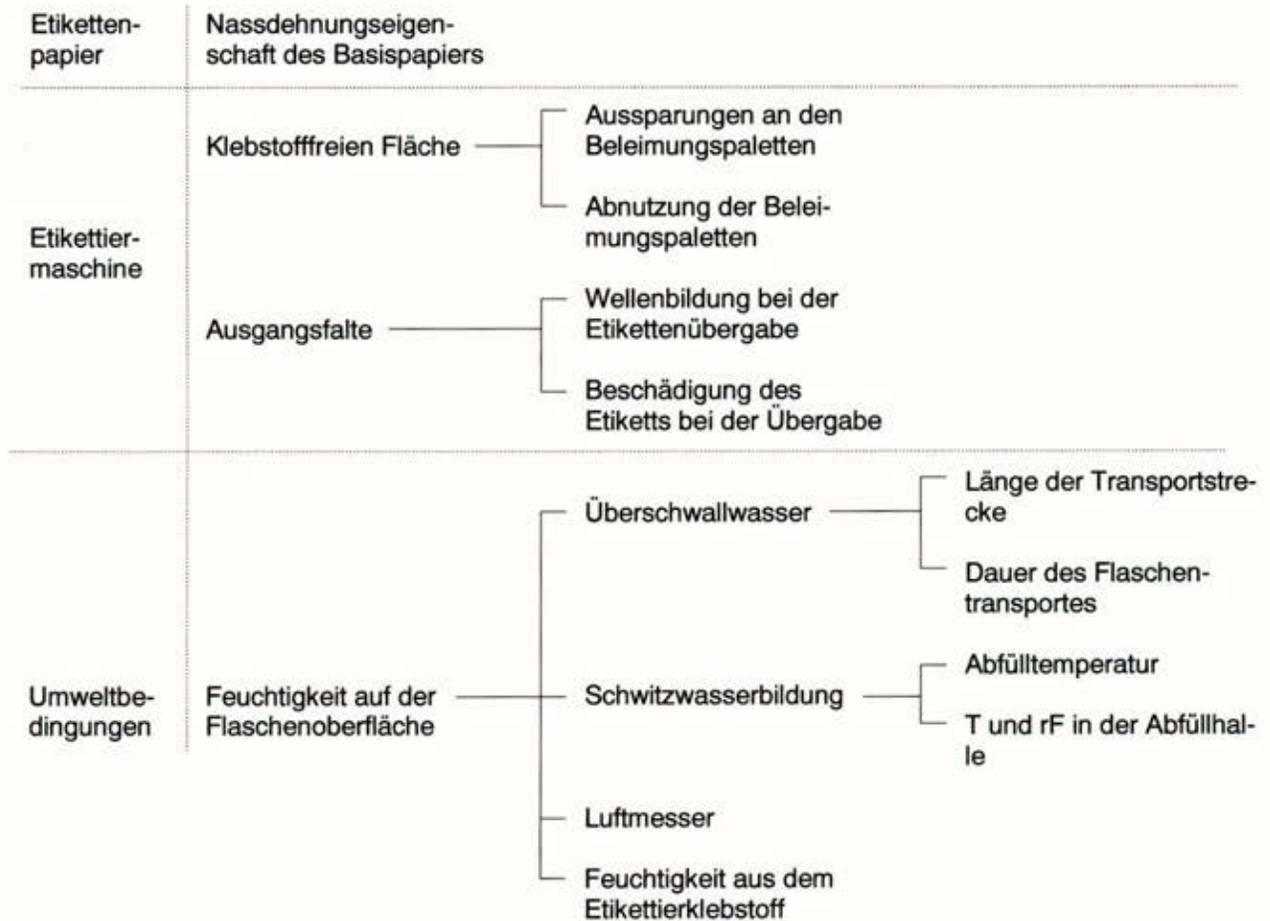
bringung von 46.200 Flaschen pro Stunde, etwa 0,25 Sekunden. Bei der Position, an der die Aufnahmen für Abbildung 34 entstanden, sind die Flaschen etwas länger als 0,5 Sekunden etikettiert. Diese Zeitspanne ist zu kurz, um alleine durch die Nassdehnung des Etiketts, derart ausgeprägte Falte zu entwickeln.

- Kombination:

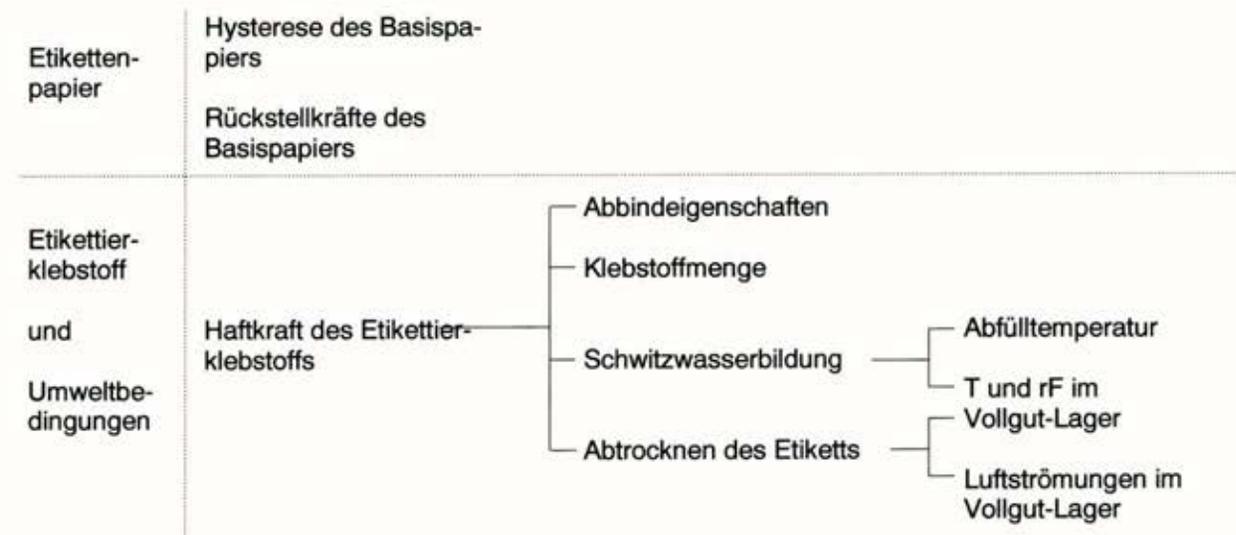
Die denkbar ungünstigste Situation ist die Kombination einer unvollständigen Faltenrückbildung, gepaart mit einer Ausgangsfalte, verursacht durch die Etikettiermaschine.

3.6.3.5 Übersicht über die Einflussfaktoren auf die Bildung und Rückbildung der Anfangsfalten

Einflussfaktoren auf die Bildung der Anfangsfalten



Einflussfaktoren auf die Rückbildung der Anfangsfalten



3.7 Arbeitspaket 7: Etikettierversuche im industriellen Maßstab

Arbeitspaket 7 hatte das Ziel, die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Arbeitspaketen durch Etikettierversuche im industriellen Maßstab zu verifizieren. Diese Versuche wurden im Etikettiertechnikum der Krones AG unter realitätsnahen Bedingungen durchgeführt.

3.7.1 Material und Methoden der Etikettierversuche im industriellen Maßstab

Für die Durchführung der Versuche wurden alle bei der Etikettierung von Getränkeflaschen beteiligten Komponenten benötigt.

- Etikettiermaschine:

Die Krones AG stellte in ihrem Etikettiertechnikum die benötigte Etikettiermaschine samt Bedienpersonal und die für die Versuchsdurchführung notwendige Peripherie zur Verfügung.

- Etiketten aus Papier:

Die erforderlichen Etiketten wurden von der Töpfer Kulmbach GmbH bereitgestellt.

- Etikettierklebstoffe:

Während der Versuche kamen Etikettierklebstoffe von der Türmerleim GmbH und KIC Krones, Internationale Cooperationsgesellschaft mbH, zum Einsatz.

- Getränkeflaschen aus Glas:

Die zu etikettierenden Getränkeflaschen wurden von der Firma Saint-Gobain Oberland AG geliefert. Die Reinigung der Glasflaschen, vor den ersten Etikettierversuchen, erfolgte in der Brauerei Bischofshof e.K.

Die Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V. bedankt sich bei diesen Firmen, für die großzügige Unterstützung dieses Forschungsvorhabens.

3.7.1.1 Etikettiertechnikum der Krones AG

Umweltbedingungen im Etikettiertechnikum

Das Technikum, in dem die Versuche durchgeführt wurden, ist teilklimatisiert. Die Temperatur wird auf 23 °C geregelt. Die relative Luftfeuchtigkeit wird nicht geregelt. In Abbildung 57 sind die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Etikettiertechnikum über den gesamten Versuchszeitraum dargestellt. Die Schwankungen im Temperaturverlauf werden durch die Aggregate im Technikum hervorgerufen, wie zum Beispiel einen Dampftunnel. Die Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit

hängen ebenfalls mit den Aggregaten im Technikum zusammen. Aufgrund der Teilklimatisierung wird die Luftfeuchtigkeit jedoch auch von den Wetterbedingungen beeinflusst. So ist ab Oktober 2006 eine Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit zu beobachten, die bis März 2007 andauert.

Umweltbedingungen im Etikettiertechnikum

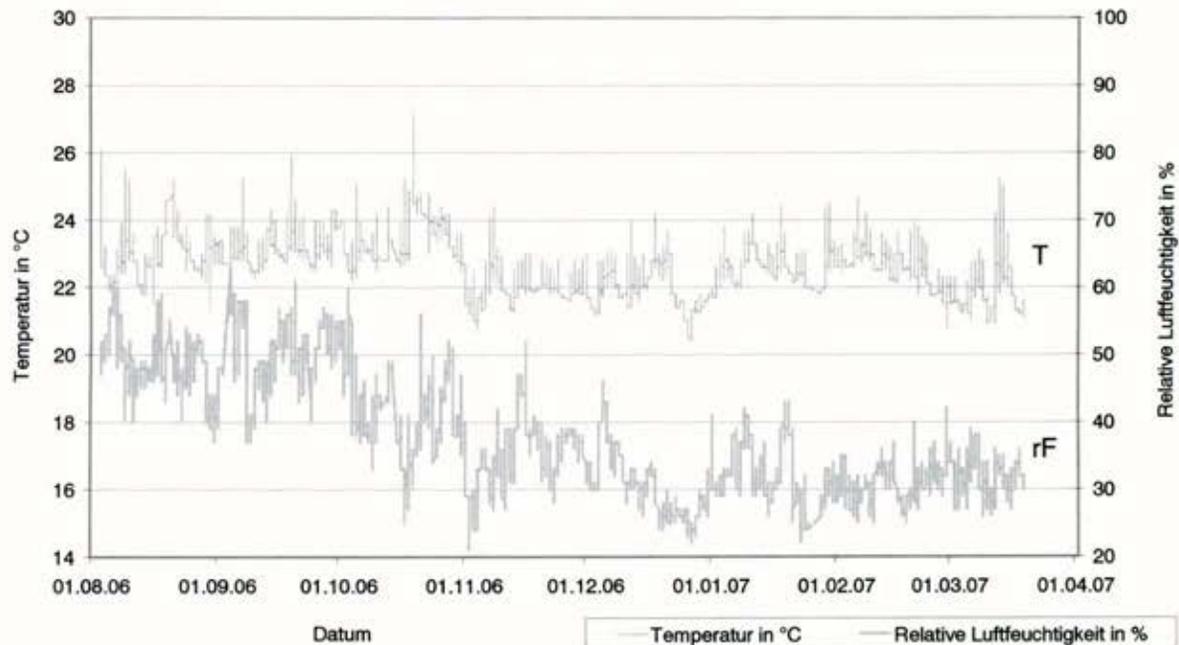


Abbildung 57: T und rF im Etikettiertechnikum der Krones AG

Die Durchführung der Versuche wurde durch diese Schwankungen nicht beeinflusst, da ausschließlich Versuche miteinander verglichen wurden, die unmittelbar aufeinander folgten und somit vergleichbaren Umweltbedingungen unterlagen.

Lagerung der Etiketten:

Die Lagerung der Etiketten erfolgt im Labor des Etikettiertechnikums. Die Klimatisierung des Etiketten-Lagers ist direkt mit der Klimaanlage des Technikums verbunden. Die Temperaturschwankungen fallen jedoch geringer aus, da das Labor von den zusätzlichen Aggregaten im Technikum nicht unmittelbar beeinflusst wird (Abbildung 58). Die Schwankungen in der relativen Luftfeuchtigkeit zeigen denselben Abfall ab Oktober 2006. Im Zeitraum von November 2006 bis März 2007 bewegt sich die relative Luftfeuchtigkeit um etwa 30 %.

Umweltbedingungen im Etiketten-Lager

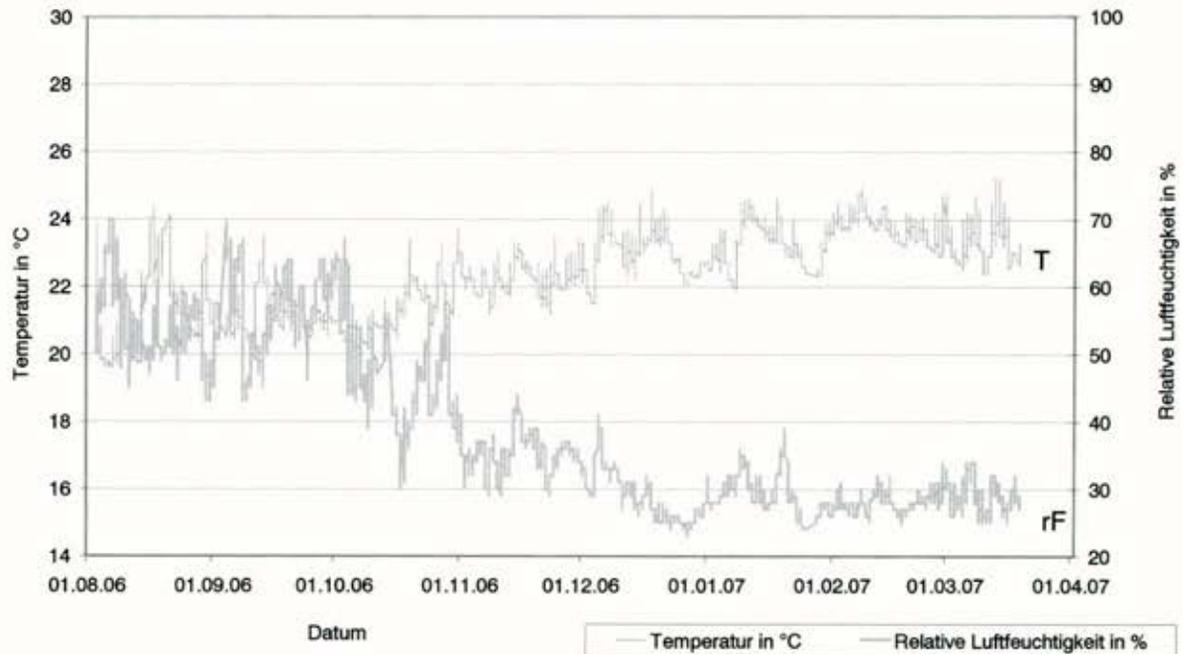


Abbildung 58: T und rF im Labor bzw. Etikettenlager des Etikettiertechnikums

Die Lagerung der Etiketten erfolgte somit ab Oktober 2006 nicht bei den geforderten Bedingungen (18 – 22 °C bei etwa 55 – 70 %). Eine Beeinflussung und Veränderung der Etiketten über die Versuchsdauer kann somit nicht ausgeschlossen werden. Zu trocken gelagerte Etiketten neigen zu einer erhöhten Rollneigung, was sich vor allem in abstehenden Ecken äußert. Die Lagerungsbedingungen wurden in Kauf genommen, da ausschließlich Versuche miteinander verglichen wurden, die unmittelbar aufeinander folgten und die Etiketten somit denselben Lagerbedingungen ausgesetzt waren.

Umweltbedingungen im Vollgut-Lager

Die Lagerung der etikettierten Versuchsfaschen erfolgte in Kastenstapeln im Etikettiertechnikum (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit siehe Abbildung 57). Somit wurde sichergestellt, dass die zu vergleichenden Versuchsläufe unter denselben Rahmenbedingungen abtrocknen konnten.

Die Etikettiermaschine

Das Etikettiertechnikum der Krones AG verfügt über eine moderne Moduletikettiermaschine mit Nassleimaggregat (Skizze siehe Abbildung 59), die allen Anforderungen an eine in realen Abfüllbetrieben eingesetzte Etikettiermaschine erfüllt. Der einzige Schwachpunkt der Etikettiermaschine war eine Antriebsstörung, die verhin-

derte, dass die Etikettiermaschine mit Einstellausbringungen über 380 Flaschen pro Minute betrieben werden konnte. Sämtliche Versuche wurden daher mit einer Einstellausbringung von 380 Flaschen pro Minute (22.728 Flaschen pro Stunde) durchgeführt, um eine kontinuierliche Etikettierung zu gewährleisten. Die tatsächliche Ausbringung der Etikettiermaschine liegt 10 % über der Einstellausbringung und betrug somit 25.080 Flaschen pro Stunde. Das ist 2.420 Flaschen pro Stunde langsamer als die langsamste Etikettiermaschine in den untersuchten Brauereien.

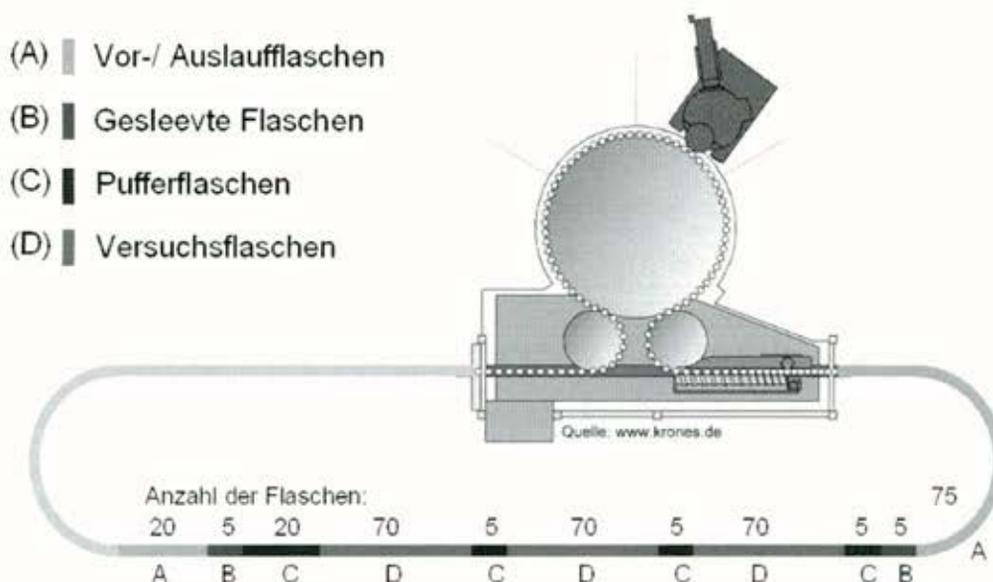


Abbildung 59: Skizze der Etikettiermaschine mit möglicher Flaschenanordnung

Um homogene Versuchsbedingungen für alle Versuchsflaschen zu erhalten, wurde eine spezielle Flaschenanordnungen (Abbildung 59) mit unterschiedlichen Falschentypen gewählt. Die genaue Anordnung der Flaschengruppen und Anzahl der Flaschen variierte jeweils entsprechend der Anforderungen der Versuchsreihe.

○ Vor- / Auslaufflaschen:

Die Vorlaufflaschen dienten zum einen dazu, dass die Etikettiermaschine auf die eingestellte Ausbringung hochfahren kann, bevor die Flaschen zur Klebstoffmengenbestimmung und die Versuchsflaschen etikettiert wurden. Zum anderen sollte damit sichergestellt werden, dass sich auf den Beleimungsplatten ein möglichst homogener Klebstofffilm ausbildet und eine konstante Klebstoffmenge übertragen wird. Die Auslaufflaschen waren notwendig, um die eingestellte Ausbringung bis zur letzten Flasche der Klebstoffmengenbestimmung konstant zu halten.

○ Gesleepte Flaschen:

Die gesleepten Flaschen (siehe unten) wurden zur Bestimmung der Klebstoffmenge, vor und nach den Versuchsflaschen, eingesetzt.

- Pufferflaschen:

Die Pufferflaschen hatten die Aufgabe, die befeuchteten Versuchsflaschen von den trockenen, gesleeften Flaschen zur Klebstoffmengenbestimmung räumlich zu trennen. Darüber hinaus werden die einzelnen Versuchsläufe durch Pufferflaschen getrennt.

- Versuchsflaschen:

Als Versuchsflaschen wurden gekühlte und befeuchtete Flaschen zur Aufnahme der Versuchsetiketten eingesetzt. Der Bereich der Versuchsflaschen wurde entweder in drei oder zwei Abschnitte unterteilt, um einen Vergleich unterschiedlicher Versuchsparameter innerhalb eines einzigen Versuchslaufs zu ermöglichen. Auf diese Weise konnte die Anzahl der Durchläufe, bei guter Genauigkeit der Ergebnisse, reduziert werden.

Variierbare und gegebene Bedingungen Im Etikettiertechnikum

Die Rahmenbedingungen, die im Etikettiertechnikum vorgegeben waren, beziehungsweise konstant gehalten oder einzeln variiert werden konnten, sind in Tabelle 29 aufgeführt.

Tabelle 29: Gegebene und Variierbare Bedingungen im Etikettiertechnikum

Gegebene Bedingungen:			
Oberflächentemperatur der Versuchsflaschen			
Ausbringung der Etikettiermaschine			
Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit beim der Abtrocknung			
Variierbare Bedingungen:			
Etikett:	Etikettierklebstoff:	Etikettiermaschine:	Feuchtigkeit:
Basispapier	Sorte	Etikettenentnahme	Feuchtigkeit auf der Oberfläche
Prägung	Menge pro Etikett	Schwamm	
Lackierung	Temperatur	Greiferfinger	Nachträgliche Überschwällung
Dekor		Beschädigung der Beleimungs-paletten	

Durchführung der Etikettierversuche

Die Etikettierversuche wurden nach den folgenden Arbeitsschritten durchgeführt:

- 1) Einsetzen der vorbereiteten Etikettenstapel in die Etikettenzuführung.
- 2) Einsetzen der unterschiedlichen Flaschentypen nach den Anforderungen des entsprechenden Versuchslaufs.
- 3) Überschwällen der Versuchsflaschen mit dem Drucksprühgerät.
- 4) Start der Etikettiermaschine.

- 5) Gesleepte und etikettierte Flaschen zur sofortigen Klebstoffbestimmung vom Band nehmen.
- 6) Versuchsflaschen in Getränkekästen einstellen und mindestens 48 Stunden im Etikettiertechnikum trocknen lassen.

3.7.1.2 Bestimmung der Klebstoffmenge auf einem Etikett



Die Bestimmung der Klebstoffmenge ist für den Vergleich einzelner Versuchsläufe unerlässlich, da die Auftragsmenge einen Einfluss auf die Faltenbildung ausüben könnte.

Die Bestimmung erfolgte mit gesleepten Flaschen (siehe Abbildung 60). Die Sleeves wurden zuvor ausgewogen. Die Etiketten wurden direkt auf die Sleeves appliziert. Unmittelbar nach der Etikettierung wurden die etikettierten Sleeves von den Flaschen entfernt und erneut ausgewogen. Die Masse der Etiketten wurde zuvor bestimmt. Mit diesen Werten lässt sich die Klebstoffmenge auf dem einzelnen Etikett nach folgender Gleichung berechnen:

$$m_{\text{Etikettierklebstoff}} = m_{\text{Sleeve} + \text{Etikett} + \text{Etikettierklebstoff}} - m_{\text{Sleeve}} - m_{\text{Etikett}}$$

Es wurden jeweils fünf gesleepte Flaschen, entsprechend der Anzahl der Beleimungspaletten, vor und nach den Versuchsflaschen zur Bestimmung der Klebstoffmenge eingesetzt.

Abbildung 60: Gesleepte Flasche zur Bestimmung der Klebstoffmenge

3.7.1.3 Konstanz der Klebstoffmenge

Die Klebstoffmenge die auf das Etikett übertragen wird, ist nach der oben aufgestellten Hypothese mitentscheidend für das Auftreten von Faltenbildung. Aus diesem Grund wurden zwei Versuchsläufe durchgeführt, anhand derer die Konstanz der übertragenen Klebstoffmenge ermittelt wurde. In Abbildung 61 sind die Ergebnisse der beiden Durchläufe graphisch dargestellt.

Es zeigt sich zum einen, dass die einzelnen Messwerte um den Mittelwert schwanken. Die Unterschiede bei Klebstoffmenge 2 liegen, zwischen der geringsten und der höchsten übertragenen Klebstoffmenge, um mehr als 0,1 g auseinander, bei einem Mittelwert von 0,05 g/Etikett.

Zum anderen zeigen die Trendlinien, dass mit zunehmender Etikettierdauer die durchschnittlich übertragene Klebstoffmenge abnimmt. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass das Auswiegen der Sleeves mit Etikett bei 50, respektive 70 etikettierten Flaschen einige Zeit in Anspruch nahm und der Etikettierklebstoff mit

zunehmender Dauer der Bestimmung teilweise ausgetrocknet ist und dadurch an Masse verloren hat. In diesem vermuteten Fall wäre bei der Bestimmung der Klebstoffmenge in den Versuchsläufen, bei denen zehn Sleeves mit Etikett ausgewogen werden, nur mit einer geringfügigen und gegenüber der Schwankungen vernachlässigbaren, absoluten Abnahme zu rechnen.

Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass die Abnahme durch die Etikettiermaschine verursacht wird. Da bei den zahlreichen Versuchsläufen sowohl eine Abnahme, als auch eine Zunahme der Klebstoffmenge zwischen den ersten fünf und den letzten fünf gesleeften Flaschen festgestellt wurde, ist diese Möglichkeit jedoch unwahrscheinlich.

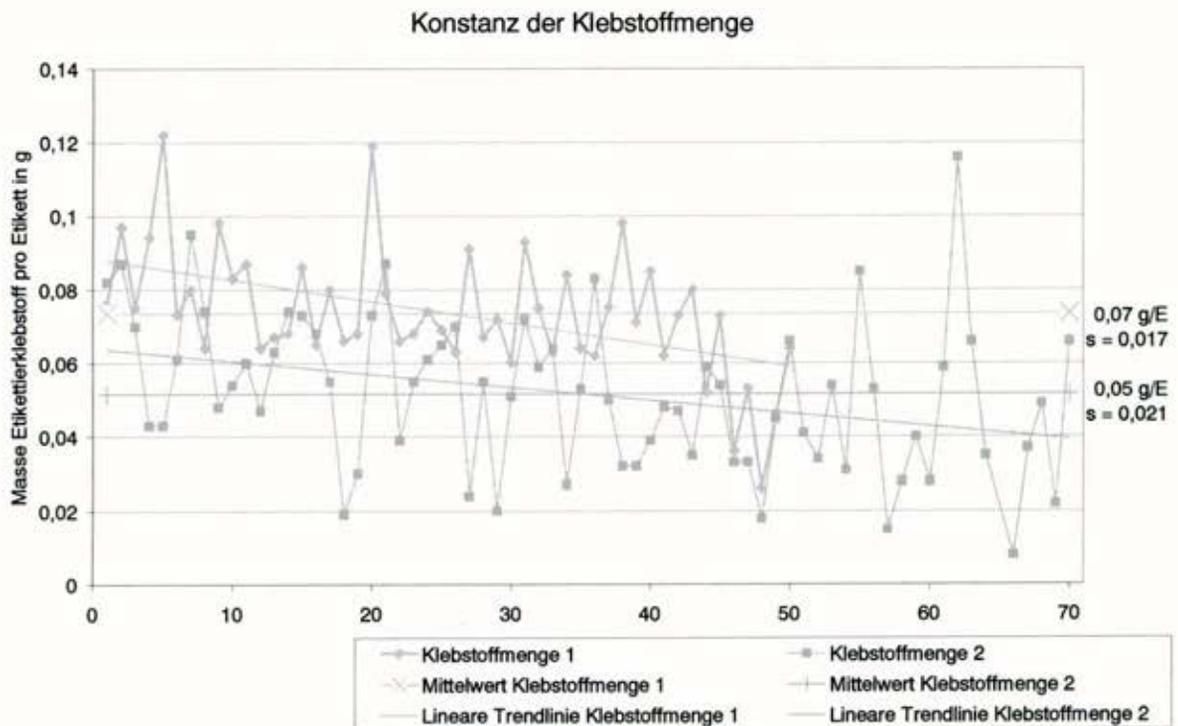


Abbildung 61: Konstanz der Klebstoffmenge

Bei den Versuchen im Etikettiertechnikum kann somit nicht von einer konstanten Klebstoffmenge auf den Etiketten ausgegangen werden. Es ist mit Schwankungen zwischen den einzelnen Flaschen, sowie mit einer Abnahme über den Versuchslauf zu rechnen.

3.7.1.4 Flaschenpool für die Etikettierversuche

Bei den eingesetzten Versuchsfラスchen handelte es sich um 2000 neue NRW-Flaschen. Diese wurden zweimal in der Flaschenreinigungsmaschine gereinigt, um eventuell vorhandene Verschmutzungen zu entfernen und eine realitätsnahe Oberflächenvergütung zu erreichen.

Im Laufe der Versuchsdurchführung war es notwendig, den Flaschenpool um weitere Flaschen zu ergänzen. Zu diesem Zweck wurden von der Brauerei 1 weitere 800 gebrauchte Flaschen zur Verfügung gestellt. Die Flaschen wurden nach der Flaschenreinigungsmaschine entnommen und konnten direkt für die Versuche eingesetzt werden.

Nach der Auswertung der Etikettierversuche wurden die Etiketten in einem beheizten Wasserbad abgelöst und die Klebstoffreste abgerieben. Die Flaschen wurden nach dieser Behandlung erneut für die Etikettierversuche eingesetzt.

3.7.1.5 Vorbereitung der Versuchsflaschen

Die Abfüllung von Bier erfolgt in einem Bereich, der als „nass und kalt“ bezeichnet werden kann. Um diesen Bedingungen nachzustellen wurden die Versuchsflaschen mit Wasser befüllt, mit Kronkorken verschlossen und in einem Kühlraum mindestens 12 Stunden temperiert. Die durchschnittliche Temperatur der mit Wasser befüllten Versuchsflaschen betrug $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($s = 1,0$) und wurde direkt nach der Versuchsdurchführung mit einem Stechthermometer bestimmt. Das entspricht den Abfülltemperaturen die in vielen Brauereien üblich sind und sorgt dafür, dass der Etikettierklebstoff unter praxisgerechten Bedingungen eingesetzt wird. Andere Temperaturen konnten, bedingt durch die gegebenen Kühlmöglichkeiten im Etikettiertechnikum, nicht realisiert werden.

Das Schwitzen der Flaschen sollte auf diese Weise ebenfalls nachgestellt werden. Aufgrund der niedrigen relativen Luftfeuchtigkeit bei den gegebenen Temperaturen im Etikettiertechnikum, war eine Schweißwasserbildung jedoch nur selten und wenn, dann nur sehr schwach ausgeprägt, zu beobachten. Ursache hierfür ist, dass bei Temperaturen um $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ und 30 % relativer Luftfeuchtigkeit der Taupunkt für Wasser bei $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Oberflächentemperatur und bei 40 % rF bei $8,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ liegt. Bei $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ Oberflächentemperatur sind etwa 45 % rF notwendig damit sich Schweißwasser auf der Flasche niederschlägt (vgl. Abschnitt 9.10 im Anhang). Aus diesem Grund wurde die Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche mit einem Drucksprühgerät aufgebracht. Hierfür wurden die Versuchsflaschen direkt vor Versuchsbeginn mit Wasser aus einem Drucksprühgerät überschwallt, so dass sich ein Feuchtigkeitsfilm auf der Flaschenoberfläche bildete, der bis nach der Etikettierung erhalten blieb. Die durchschnittliche Menge Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche betrug $0,11\text{ g}$ pro Flasche ($s = 0,078$; $n = 49$; Einzelmesswerte siehe Abschnitt 9.6 im Anhang) und lag damit an der unteren Grenze, der bei den Brauereien festgestellten Feuchtigkeitswerten.

3.7.1.6 Versuchsetiketten der Firma Töpfer Kulmbach GmbH

Die von der Firma Töpfer Kulmbach zur Verfügung gestellten Etiketten umfassten sechs verschiedene Basispapiere. Davon waren drei Papiere metallisiert, drei nicht

metallisiert. Die Etiketten waren jeweils geprägt oder ungeprägt. Die Etiketten auf nicht metallisiertem Papier waren zusätzlich noch in den Variationen lackiert oder nicht lackiert vorhanden. Sämtliche Etiketten wurden im Offset-Druckverfahren, in fünf verschiedenen Dekoren (siehe Abbildung 62) bedruckt. Daraus ergeben sich 90 verschiedene Etikettenvarianten. Darüber hinaus wurde ein weiteres, im Tiefdruck-Verfahren hergestelltes Etikett, aus einer realen Produktion, als Referenzetikett verwendet. Die Etiketten wurden mit den Abmessungen 114,42 mm Breite ($s = 0,042$) und 81,18 mm Höhe ($s = 0,042$) geschnitten. Die Faserlaufrichtung war bei allen Etiketten quer zur Flaschenachse. Bei der Anlieferung der Etiketten, im Etikettiertechnikum der Krones AG, lag die Temperatur in den Etikettenstapeln zwischen 20,7 °C und 22,5 °C und die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40 % und 51 %. Die Werte wurden mit einem Stechhygrometer bestimmt.

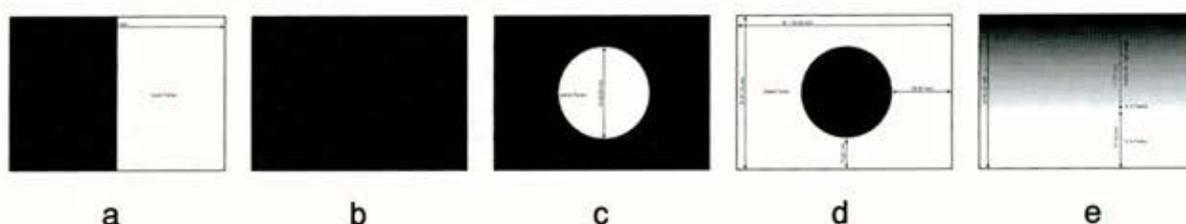


Abbildung 62: Dekorvarianten

Die Bezeichnung der Versuchsetiketten in den einzelnen Versuchsläufen erfolgt nach folgendem Schlüssel:

BP _x -M _y -P _y -L _y -D _z	BP = Basispapier	x = 1 bis 6	
	M = Metallisierung	y = 1 = ja	y = 0 = nein
	P = Prägung	y = 1 = ja	y = 0 = nein
	L = Lackierung	y = 1 = ja	y = 0 = nein
	D = Dekor	z = a bis e	

Beispiel: BP3-M1-P1-L0-D5 = Ein geprägtes, nicht lackiertes Etikett mit dem metallisierten Basispapier 3 und der Dekorvariante 5.

Untersuchung der Versuchsetiketten nach den STLB

Die Versuchsetiketten wurden, wie bereits die Etiketten der Brauereien, nach den STLB und weiterführenden Analysen untersucht. Die Ergebnisse sind in aufgelistet. Dabei sind keine für Papieretiketten außergewöhnlichen Messwerte aufgetreten.

Tabelle 30: Charakteristische Eigenschaften der Versuchsetiketten

BP	M	P	L	D	Flächenbezogene Masse in g/m ²		W _A Cobb ₆₀ in g/m ²		Rollneigung \bar{x} **	Glätte nach Bekk in Sekunden		Dicke in mm	
					\bar{x} *	s	\bar{x} *	s		\bar{x} ***	s	\bar{x} ***	s
6	Referenz				70,0	0,83	17,5	0,33	1	302	8,9	0,063	0,0022
1	1	0	-	2	74,3	0,92	16,0	0,21	2	128 *	3,6	0,073	0,0020
1	1	1	-	2	74,2	1,33	16,5	0,57	2	92 *	2,5	0,075	0,0017
2	1	0	-	2	73,7	0,54	25,5	0,66	2	116 *	2,7	0,067	0,0015
2	1	1	-	2	73,8	0,27	29,0	0,52	2	92 *	2,2	0,068	0,0013
3	1	0	-	2	71,5	0,76	14,5	0,22	2	145 *	5,3	0,069	0,0018
3	1	1	-	2	70,9	0,77	15,0	0,23	2	99 *	6,2	0,072	0,0019
4	0	0	0	2	71,7	0,48	10,0	0,17	1	346	11,5	0,068	0,0013
4	0	1	0	2	71,5	0,92	10,0	0,19	1	120	9,6	0,070	0,0014
4	0	0	1	2	73,0	0,67	11,0	0,21	2			0,067	0,0016
4	0	1	1	2	73,2	0,80	11,5	0,26	1			0,069	0,0020
5	0	0	0	2	71,7	1,22	16,5	0,40	1	411	11,2	0,066	0,0020
5	0	1	0	2	71,1	0,68	16,5	0,31	1	133	7,6	0,068	0,0012
5	0	0	1	2	72,9	0,25	15,5	0,42	2			0,066	0,0016
5	0	1	1	2	72,6	0,24	15,5	0,20	1			0,067	0,0025
6	0	0	0	2	72,6	0,73	17,0	0,29	1	427	18,9	0,066	0,0018
6	0	1	0	2	71,3	1,36	17,5	0,24	1	196	12,1	0,068	0,0020
6	0	0	1	2	74,3	1,02	15,0	0,44	2			0,066	0,0013
6	0	1	1	2	73,8	1,05	15,5	0,26	1			0,067	0,0013

n = Anzahl der Einzelmessungen; * n = 5; ** n = 2; *** n = 10; \bar{x} = Mittelwert

Dynamisches Penetrationsverhalten der Versuchsetiketten

Das dynamische Penetrationsverhalten der Versuchsetiketten wurde ebenfalls bestimmt. Aufgrund der platzintensiven Darstellung wird an dieser Stelle auf die Diagramme verzichtet. Sie sind im Anhang in Abschnitt 9.7 auf Seite 156 abgebildet.

Dynamische Nassdehnung und Hysterese der Versuchsetiketten

Das dynamische Nassdehnungsverhalten und die Hysterese der Etiketten wurden ebenfalls bestimmt. Die Darstellung erfolgt, wie bei den Diagrammen zum Penetrationsverhalten, in Abschnitt 9.8 und 9.9 im Anhang, ab Seite 158.

3.7.1.7 Abbindeigenschaften der Etikettierklebstoffe

Nach der Hypothese zur Faltenbildung ist die Abbindgeschwindigkeit der Etikettierklebstoffe von Bedeutung für die Faltenbildung. In Abbildung 63 ist diese Eigenschaft der eingesetzten Etikettierklebstoffe dargestellt. Die Nummerierung der Etikettierklebstoffe steigt mit zunehmender Abbindgeschwindigkeit an. Der Etikettierklebstoff 1 bindet am langsamsten, der Klebstoff 4 bindet am schnellsten von den untersuchten Etikettierklebstoffen ab. Wobei die Klebstoffe 1 und 2 ähnliche Abbindeigenschaften aufweisen.

Abbindeigenschaften der Etikettierklebstoffe

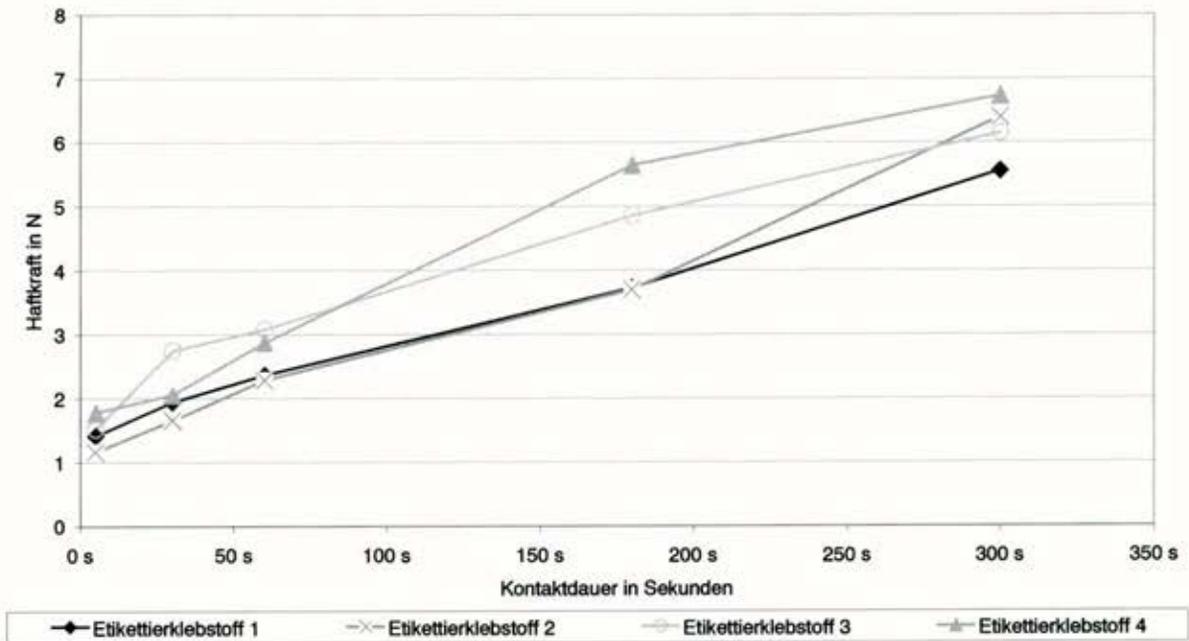


Abbildung 63: Abbindeigenschaften der Etikettierklebstoffe

Die vom Hersteller empfohlenen Verarbeitungstemperaturen der Etikettierklebstoffe sind in Tabelle 31 aufgeführt.

Tabelle 31: Empfohlene Verarbeitungstemperaturen

Etikettierklebstoff	Verarbeitungstemperatur
1	28 °C
2	30 – 36 °C
3	28 – 34 °C
4	26 – 32 °C

3.7.2 Ergebnisse der Etikettenversuche

Der Versuchsläufe A bis I beschäftigten sich mit dem Einfluss des Etiketts auf die Neigung zur Faltenbildung bei der Nassetikettierung.

Die nachfolgenden Tabellen für die Versuchsläufe A bis I geben eine Übersicht über die Versuche, die ohne Veränderungen an der Etikettiermaschine durchgeführt wurden. Die Tabellen beinhalten den Versuchslauf und die Versuchsnummer, die Kennung des verwendeten Etiketts und eine Kennzahl die das Etikettierergebnis widerspiegelt. Die Kennzahl berechnet sich aus der Summe der Prozentzahlen an Faltenbildung in den sechs Segmenten der Aussparungen, geteilt durch die Anzahl der Segmente. Ein Berechnungsbeispiel ist in Abbildung 64

Abbildung 64 aufgeführt.

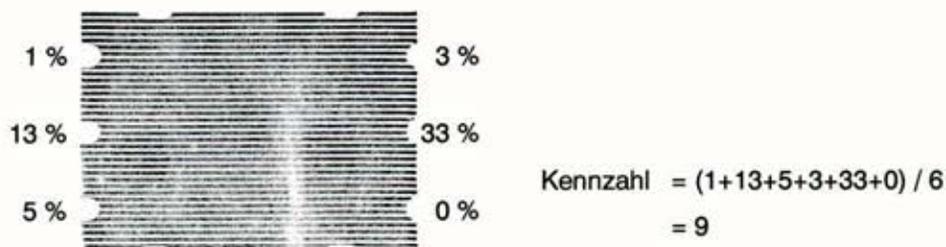


Abbildung 64: Berechnungsbeispiel für die Kennzahlen der Faltenbildung

Während der ersten Versuchsläufe hat sich herausgestellt, dass nur die etikettierten Flaschen vergleichbar waren, die im selben Versuchslauf etikettiert wurden. In einem Versuchslauf wurden jeweils mehrere Einzelversuche gleichzeitig durchgeführt. Die Einzelversuche aus zwei verschiedenen Versuchsläufen können nicht direkt miteinander verglichen werden, da trotz gleich bleibender Einstellungen, starke Unterschiede im Etikettierergebnis der einzelnen Versuche auftraten. Das Beispiel in Tabelle 32 zeigt beispielhaft zwei der durchgeführten Referenzläufe. Diese Referenzläufe wurden zu Beginn und am Ende jedes Versuchstages durchgeführt, jeweils unter konstanten Rahmenbedingungen und mit gleich bleibenden Einstellungen. Die Kennzahlen 9 und 33 zeigen, dass das Etikettierergebnis, trotz konstant gehaltener Rahmenbedingungen signifikant voneinander abweichen kann.

Tabelle 32: Vergleich von Referenzläufen

Versuch Lauf	Nummer	Etikett	Kennzahl
Referenz 2 - Anfang	2-1	Referenzetikett	9
Referenz 2 - Ende	2-10	Referenzetikett	33

Als Ursache wird die Schwankung der Klebstoffmenge innerhalb der Versuchsreihen (vgl. Abbildung 61), in Verbindung mit dem ausgeprägten Einfluss der Klebstoffmenge auf die Faltenbildung (vgl. Abschnitt 3.7.3.3 auf Seite 109), vermutet.

3.7.2.1 Vergleich der Basispapiere

Das Ziel der Versuchsläufe A1 bis A8 bestand darin, herauszufinden, ob es mit unterschiedlichen Basispapieren auch zu unterschiedlichen Etikettierergebnissen kommt und gegebenenfalls die Neigung der sechs Basispapiere zur Faltenbildung zu bestimmen.

Durchführung

Hierfür wurden in verschiedenen Versuchsläufen unterschiedliche Basispapiere bei der Etikettierung eingesetzt.

Ergebnis

Der Vergleich der Kennzahlen (Tabelle 33) der Basispapiere aus den einzelnen Versuchsläufen ergibt die in Abbildung 65 dargestellte Reihenfolge. Demnach zeigen das Basispapier 4, gefolgt von Basispapier 2, die geringste Neigung zur Faltenbildung, das Basispapier 6 die höchste. Die Papiere 1 und 3 haben etwa dieselbe Neigung zur Faltenbildung wie das Basispapier 2, mit einem leichten Vorsprung bei Basispapier 2. Das Basispapier 5 neigt weniger zur Faltenbildung wie das Papier 6. Bei den Versuchen mit unterschiedlichen Klebstoffsorten war das Papier 2 stets besser als das Papier 5 (vgl. Tabelle 38). Es fällt auf, dass sich die metallisierten und nicht metallisierten Papiere in ihrer Neigung zur Faltenbildung durchmischen und keine Tendenz für eine Papierart feststellbar ist.

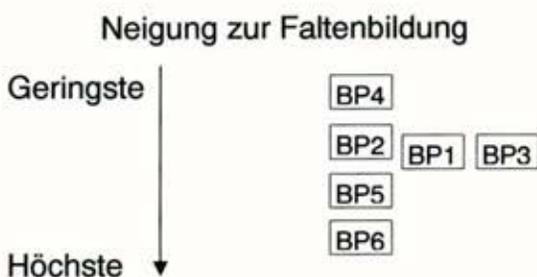


Abbildung 65: Neigung der Basispapiere zur Faltenbildung

Tabelle 33: Vergleich der Basispapiere

Versuch		Etikett	Kennzahl
Lauf	Nummer		
A1	1-8	BP1-M1-P0-L0-D2	10
	1-9	BP2-M1-P0-L0-D2	7
A2	1-10	BP3-M1-P0-L0-D2	8
	1-11	BP4-M0-P0-L0-D2	4
	1-12	BP5-M0-P0-L0-D2	13
A3	1-13	BP6-M0-P0-L0-D2	69
	2-2	BP2-M1-P0-L0-D2	29
A4	1-4	BP3-M1-P1-L0-D2	20
	1-7	BP6-M0-P1-L0-D2	18
A5	1-5	BP4-M0-P1-L0-D2	3
	4-9	BP5-M0-P1-L0-D2	9
A6	4-2	BP4-M0-P1-L1-D2	6
	4-3	BP5-M0-P1-L1-D2	10
A7	4-4	BP6-M0-P1-L1-D2	31
	4-6	BP5-M0-P1-L1-D2	20
A8	3-2	BP4-M0-P0-L1-D2	3
	3-3	BP5-M0-P0-L1-D2	9
	3-4	BP6-M0-P0-L1-D2	7

Mit dieser Untersuchung wurde belegt, was auch in der Praxis, zum Beispiel bei Etikettentests in Brauereien, beobachtet wurde. Das Basispapier hat einen direkten Einfluss auf das Etikettierergebnis. Eine Veränderung der physikalischen Papiereigenschaften kann somit auch zu einer Veränderung der Etikettierbarkeit, in Bezug auf die Faltenbildung, führen. Ob die festgelegte Reihenfolge der Neigung zur Faltenbildung auch unter anderen Rahmenbedingungen wie denen im Etikettiertechnikum gilt, konnte mit dieser Untersuchung nicht bestimmt werden.

3.7.2.2 Dekor

Ob der Dekor des Etiketts einen Einfluss auf die Faltenbildung ausübt wurde im Versuchslauf B1 untersucht (Tabelle 34).

Durchführung

Zu diesem Zweck wurden ein Block Etiketten der Sorte BP2-M1-P0-L0, mit unterschiedlichen Dekoren, die ohne bestimmte Reihenfolge in dem Block lagen, in die Etikettenzuführung eingespannt.

Ergebnis

Bei den Versuchsetiketten (siehe Abbildung 62 auf Seite 99) scheinen die Dekore 2, 3 und 4, mit ihrer gleichmäßigen Farbverteilung am Etikettenrand, keine unterschiedlichen Auswirkungen zu haben. Die Kennzahlen liegen mit 3 bis 5 dicht beieinander.

Die Etiketten mit den Dekorvarianten 1 und 5, die am Etikettenrand eine unterschiedliche Bedruckung aufweisen, liegen mit ihren Kennzahlen 8 und 15 darüber.

Die Untersuchungsergebnisse legen die Vermutung nahe, dass der Dekor dann einen Einfluss auf die Faltenbildung ausübt, wenn am Etikettenrand unterschiedliche Farbverläufe auftreten, wie dies bei den beiden Dekoren A und E der Fall ist.

Tabelle 34: Einfluss des Dekors

Versuch		Etikett	Kennzahl
Lauf	Nummer		
B1	8-11	BP2-M1-P0-L0-D1	8
	8-11	BP2-M1-P0-L0-D2	3
	8-11	BP2-M1-P0-L0-D3	4
	8-11	BP2-M1-P0-L0-D4	5
	8-11	BP2-M1-P0-L0-D5	15

3.7.2.3 Prägung

Eine Prägung des Papiers wird eingesetzt um die haptische Wahrnehmung der Papieroberfläche zu verändern, aber auch um die physikalischen Eigenschaften des Etikettenpapiers zu beeinflussen. Ob dadurch eine Änderung der Faltenbildung hervorgerufen wird, ist in den Versuchsläufen C und E untersucht worden (Tabelle 35).

Durchführung

In mehreren Versuchsläufen wurden jeweils geprägte und ungeprägte Etiketten mit dem Basispapier der Sorten 2 und 5 im direkten Vergleich etikettiert.

Ergebnis

Bei den Versuchsläufen C1 bis C6 konnte durch die Prägung keine eindeutige Änderung der Neigung zu Faltenbildung beobachtet werden. Bei Versuchslauf E1 hat die Prägung allerdings in beiden Fällen zur Verbesserung der Kennzahl beigetragen.

Die hier durchgeführten Untersuchungen lassen darauf schließen, dass eine Prägung des Etikettenpapiers einen positiven Einfluss auf die Faltenbildung ausüben kann, die Neigung zur Faltenbildung aber zumindest nicht erhöht.

Tabelle 35: Einfluss der Prägung

Versuch Lauf	Nummer	Etikett	Kennzahl	Untersuchtes	Effekt auf die
				Merkmal	Faltenbildung *
C1	6-2	BP2-M1-P0-L0-D2	0		
	6-3	BP2-M1-P1-L0-D2	0	geprägt	~
C2	6-2	BP2-M1-P0-L0-D2	5		
	6-3	BP2-M1-P1-L0-D2	2	geprägt	+
C3	6-6	BP5-M0-P0-L1-D2	11		
	6-7	BP5-M0-P1-L1-D2	12	geprägt	~
C4	6-8	BP2-M1-P0-L0-D2	48		
	6-9	BP2-M1-P1-L0-D2	44	geprägt	+
C5	6-8	BP2-M1-P0-L0-D2	1		
	6-9	BP2-M1-P1-L0-D2	5	geprägt	-
C6	6-12	BP5-M0-P0-L1-D2	23		
	6-13	BP5-M0-P1-L1-D2	19	geprägt	+
E1	8-10	BP5-M0-P0-L0-D2	8		
	8-10	BP5-M0-P1-L0-D2	2	geprägt	+
	8-10	BP5-M0-P0-L1-D2	10		
	8-10	BP5-M0-P1-L1-D2	4	geprägt	+

* + = Positiv; - = Negativ; ~ = Nicht erkennbar

3.7.2.4 Lackierung

Eine Lackierung nicht metallisierter Etiketten erhöht den Glanz des Dekors. Sie wird auch verwendet um weiße Teilbereiche im Dekor zu verschließen und die physikalischen Eigenschaften auf diese Weise einer homogenen Bedruckung anzugleichen. Ob die Lackierung einen Einfluss auf die Faltenbildung ausübt, wurde in den Versuchsläufen D und E untersucht (Tabelle 36).

Durchführung

In mehreren Versuchsläufen wurden jeweils lackierte und nicht lackierte Etiketten mit dem Basispapier 5 im direkten Vergleich etikettiert.

Ergebnis

Bei den Versuchen im Etikettiertechnikum hatten die Etiketten mit einer Lackierung entweder dieselben oder aber höhere Kennzahlen.

Die Untersuchung der nicht metallisierten Etiketten mit Lackierung hat gezeigt, dass eine zusätzliche Lackschicht die Tendenz zur Faltenbildung erhöhen kann, dies aber nicht zwingend muss. Eine Verbesserung der Faltenbildung konnte durch eine Lackierung bei keinem der Versuchsläufe erzielt werden.

Tabelle 36: Einfluss der Lackierung

Versuch		Etikett	Kennzahl	Untersuchtes Merkmal	Effekt auf die Faltenbildung *
Lauf	Nummer				
C3	6-5	BP5-M0-P1-L0-D2	8		
	6-7	BP5-M0-P1-L1-D2	12	lackiert	-
C6	6-11	BP5-M0-P1-L0-D2	5		
	6-13	BP5-M0-P1-L1-D2	19	lackiert	-
D1	3-11	BP5-M0-P0-L0-D5	26		
	3-12	BP5-M0-P0-L1-D5	50	lackiert	-
D2	4-5	BP5-M0-P1-L0-D1	19		
	4-6	BP5-M0-P1-L1-D1	20	lackiert	~
D3	4-7	BP5-M0-P1-L0-D3	27		
	4-8	BP5-M0-P1-L1-D3	34	lackiert	-
D4	4-11	BP5-M0-P1-L0-D5	17		
	4-12	BP5-M0-P1-L1-D5	17	lackiert	~
E1	8-10	BP5-M0-P0-L0-D2	8		
	8-10	BP5-M0-P0-L1-D2	10	lackiert	-
	8-10	BP5-M0-P1-L0-D2	2		
	8-10	BP5-M0-P1-L1-D2	4	lackiert	-

* + = Positiv; - = Negativ; ~ = Nicht erkennbar

3.7.3 Ergebnisse der Versuche mit Etikettierklebstoffen

Im zweiten Versuchsblock standen die Einflüsse des Etikettierklebstoffes im Fokus, denen, nach der aufgestellten Hypothese, ein Einfluss auf die Faltenbildung zugeschrieben wird.

3.7.3.1 Verarbeitungstemperatur des Etikettierklebstoffes

Die Verarbeitungstemperatur der Etikettierklebstoffe ist entscheidend für die Viskosität und damit für das Fließverhalten des Klebstoffes.

Durchführung

In den Versuchsreihen F1 und F2 wurde die für den Etikettierklebstoff 1 empfohlene Verarbeitungstemperatur von 28 °C um mindestens 5 Kelvin unter- und überschritten.

Ergebnis

Die Auswirkungen auf das Etikettierergebnis sind Tabelle 37 zu entnehmen. Es hat sich gezeigt, dass bei einer reduzierten Klebstofftemperatur weniger Etikettierklebstoff auf das Etikett übertragen wird, als dies bei der erhöhten Temperatur der Fall war, trotz annähernd gleicher Einstellung der Mikrometerschraube am Leimschaber und damit gleicher Leimfilmdicke auf der Beleimungswalze. Die Folge der reduzierten Klebstofftemperatur bei reduzierter Klebstoffmenge pro Etikett spiegelt sich in den erhöhten Kennzahlen des Versuchslaufs F1 wieder.

Der Versuch hat gezeigt, dass die empfohlene Verarbeitungstemperatur der Etikettierklebstoffe eingehalten werden sollte, um die Fließeigenschaften des Klebstoffes nicht negativ zu beeinflussen. Die Ergebnisse legen auch die Vermutung nahe, dass starke Schwankungen in der Klebstofftemperatur während der Verarbeitung, zum Beispiel durch eine ungeeignete Klebstoffheizung, das Etikettierergebnis phasenweise negativ beeinflussen könnten.

Tabelle 37: Einfluss der Verarbeitungstemperatur

Versuch		Etikett	Kennzahl	Temperatur Klebstoff	Klebstoff pro Etikett	Einstellung Leimschaber
Lauf	Nummer					
F1	7-14	BP2-M1-P0-L0-D2	9	21 °C	0,08 g	8,7
	7-15	BP2-M1-P1-L0-D2	17			
	7-16	BP5-M0-P0-L0-D2	34			
F2	7-17	BP5-M0-P1-L0-D2	4	33 °C	0,17 g	9,0
	7-18	BP5-M0-P1-L0-D2	3			
	7-19	BP5-M0-P1-L1-D2	1			

3.7.3.2 Etikettierklebstoffsorte

Die Klebstoffsorte und damit verbunden vor allem das Abbindverhalten, haben nach der oben aufgestellten Hypothese einen Einfluss auf die Faltenbildung.

Durchführung

In den Versuchsläufen G bis I sollte, durch den Einsatz unterschiedlich schnell abbindender Etikettierklebstoff, festgestellt werden, ob schneller abbindende Etikettierklebstoffe das Etikettierverhalten negativ beeinflussen.

Ergebnis

Die Versuchsergebnisse (Tabelle 38) scheinen zu bestätigen, dass es zwischen den Etikettierklebstoffen Unterschiede gibt. Im Rahmen der Versuchsauswertung hat sich jedoch gezeigt, dass einzelne Versuchsläufe, trotz konstanter Maschineneinstellung, nur bedingt miteinander vergleichbar sind. Die Ursache hierfür liegt in der Klebstoffmenge, die einen starken Einfluss auf die Faltenbildung hat (siehe Abschnitt 3.7.3.3).

Daher kann aus diesen Versuchsläufen keine Aussage darüber getroffen werden, ob die verschiedenen Etikettierklebstoffe einen unterschiedlichen Einfluss auf die Faltenbildung ausüben und ob dies mit der Abbindgeschwindigkeit des Etikettierklebstoffs in Verbindung steht.

Tabelle 38: Einfluss der Klebstoffsorte

Versuch Lauf	Nummer	Etikett	Kennzahl	Klebstoff Sorte	Temperatur Klebstoff	Klebstoff pro Etikett
Vergleich der Klebstoffsorten bei reduzierter Klebstoffmenge						
G1	5-2a	BP5-M0-P0-L0-D2	74	4	26 °C	0,05 g
	5-2b	BP2-M1-P0-L0-D2	24			
H1	5-5a	BP5-M0-P0-L0-D2	91	3	27 °C	0,05 g
	5-5b	BP2-M1-P0-L0-D2	77			
I1	5-8a	BP5-M0-P0-L0-D2	87	2	33 °C	0,04 g
	5-8b	BP2-M1-P0-L0-D2	55			
Vergleich der Klebstoffsorten bei durchschnittlicher Klebstoffmenge						
G2	5-3a	BP5-M0-P0-L0-D2	43	4	26 °C	0,15 g
	5-3b	BP2-M1-P0-L0-D2	16			
H2	5-6a	BP5-M0-P0-L0-D2	52	3	26 °C	0,10 g
	5-6b	BP2-M1-P0-L0-D2	20			
I2	5-9a	BP5-M0-P0-L0-D2	39	2	33 °C	0,12 g
	5-9b	BP2-M1-P0-L0-D2	22			
Vergleich der Klebstoffsorten bei erhöhter Klebstoffmenge						
G3	5-4a	BP5-M0-P0-L0-D2	21	4	26 °C	0,27 g
	5-4b	BP2-M1-P0-L0-D2	3			
H3	5-7a	BP5-M0-P0-L0-D2	8	3	26 °C	0,26 g
	5-7b	BP2-M1-P0-L0-D2	1			
I3	5-10a	BP5-M0-P0-L0-D2	5	2	29 °C	0,22 g
	5-10b	BP2-M1-P0-L0-D2	0			

3.7.3.3 Klebstoffmenge

Nach der Hypothese zur Faltenbildung beeinflusst die Klebstoffmenge die Dauer, die dem Etikett zur Verfügung steht, um die Anfangsfalte zurück zu bilden. Diese Vermutung sollte durch eine Reihe von Versuchsläufen verifiziert werden.

Durchführung

Es wurden mehrere Versuchsläufe mit einer unterschiedliche Menge Etikettierklebstoff pro Etikett durchgeführt. Die Menge schwankte zwischen 0,02 g und 0,45 g Etikettierklebstoff pro Etikett.

Ergebnis

Die Ergebnisse der Versuchsläufe C1 bis C5 (Tabelle 39) zeigen, dass die Klebstoffmenge einen starken Einfluss auf die Faltenbildung bei der Nassetikettierung hat. Bei Versuchslauf C1, mit der höchsten Klebstoffmenge trat so gut wie keine Faltenbildung auf. Die höchste Kennzahl ist 1. Bei C4 dagegen, mit der geringsten Klebstoffmenge, traten, mit 26, 44, und 48, die höchsten Kennzahlen und damit die stärkste Faltenbildung bei allen untersuchten Basispapieren auf.

Das Ergebnis wird durch die Versuchsläufe G, H und I bestätigt (Tabelle 40). Die Erhöhung der Klebstoffmenge pro Etikett führt zu einer Reduzierung der Faltenbildung.

Die durchgeführten Versuche zum Einfluss der Klebstoffmenge bestätigen die Hypothese, die bei Erhöhung der Klebstoffmenge einen positiven Effekt auf das Auftreten von Faltenbildung voraussagt.

Tabelle 39: Einfluss der Klebstoffmenge – C1 bis 5, nach Klebstoffmenge geordnet

Versuch		Etikett	Kennzahl	Klebstoff pro Etikett
Lauf	Nummer			
C1	6-2a	BP2-M1-P0-L0-D2	0	0,45 g
	6-3a	BP2-M1-P1-L0-D2	0	
	6-4a	BP5-M0-P0-L0-D2	1	
C3	6-5	BP5-M0-P1-L0-D2	8	0,24 g
	6-6	BP5-M0-P0-L1-D2	11	
	6-7	BP5-M0-P1-L1-D2	12	
C5	6-8b	BP2-M1-P0-L0-D2	1	0,12 g
	6-9b	BP2-M1-P1-L0-D2	5	
	6-10a	BP5-M0-P0-L0-D2	19	
C2	6-2b	BP2-M1-P0-L0-D2	5	0,11 g
	6-3b	BP2-M1-P1-L0-D2	2	
	6-4a	BP5-M0-P0-L0-D2	6	
C4	6-8a	BP2-M1-P0-L0-D2	48	0,02 g
	6-9a	BP2-M1-P1-L0-D2	44	
	6-10a	BP5-M0-P0-L0-D2	26	

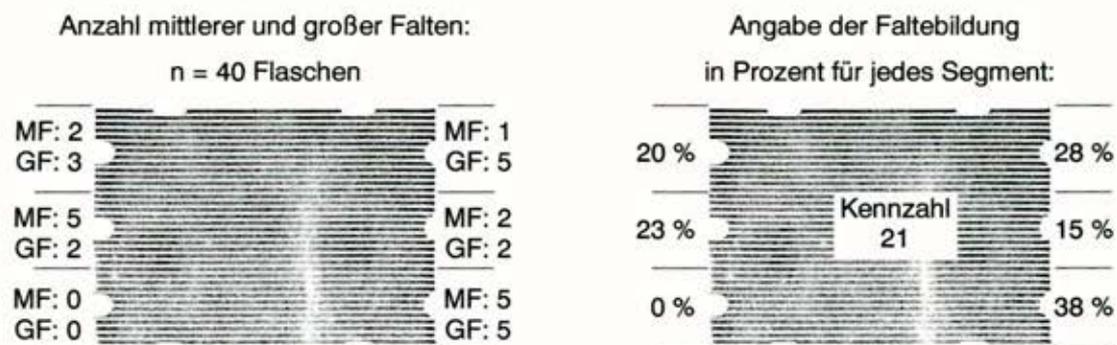
Tabelle 40: Einfluss der Klebstoffmenge – G1 bis I3, nach Klebstoffmenge geordnet

Versuch		Etikett	Kennzahl	Klebstoff Sorte	Temperatur Klebstoff	Klebstoff pro Etikett
Lauf	Nummer					
Erhöhte Klebstoffmenge:			Niedrigste Kennzahl = 0		Höchste Kennzahl = 21	
G3	5-4a	BP5-M0-P0-L0-D2	21	4	26 °C	0,27 g
	5-4b	BP2-M1-P0-L0-D2	3			
H3	5-7a	BP5-M0-P0-L0-D2	8	3	26 °C	0,26 g
	5-7b	BP2-M1-P0-L0-D2	1			
I3	5-10a	BP5-M0-P0-L0-D2	5	2	29 °C	0,22 g
	5-10b	BP2-M1-P0-L0-D2	0			
Durchschnittliche Klebstoffmenge:			Niedrigste Kennzahl = 20		Höchste Kennzahl = 52	
G2	5-3a	BP5-M0-P0-L0-D2	43	4	26 °C	0,15 g
	5-3b	BP2-M1-P0-L0-D2	16			
I2	5-9a	BP5-M0-P0-L0-D2	39	2	33 °C	0,12 g
	5-9b	BP2-M1-P0-L0-D2	22			
H2	5-6a	BP5-M0-P0-L0-D2	52	3	26 °C	0,10 g
	5-6b	BP2-M1-P0-L0-D2	20			
Reduzierte Klebstoffmenge:			Niedrigste Kennzahl = 24		Höchste Kennzahl = 91	
G1	5-2a	BP5-M0-P0-L0-D2	74	4	26 °C	0,05 g
	5-2b	BP2-M1-P0-L0-D2	24			
H1	5-5a	BP5-M0-P0-L0-D2	91	3	27 °C	0,05 g
	5-5b	BP2-M1-P0-L0-D2	77			
I1	5-8a	BP5-M0-P0-L0-D2	87	2	33 °C	0,04 g
	5-8b	BP2-M1-P0-L0-D2	55			

3.7.4 Versuchsergebnisse zur Maschinenteknik

Mit den Versuchen zur Maschinenteknik sollte bestimmt werden, wie stark sich diese auf die Neigung zur Faltenbildung auswirkt.

Die Kennzahlen bei den Versuchsläufen M1 bis M12 wurde, um eine bessere Aufschlüsselung der Ergebnisse zu erhalten, anders berechnet als bei den Versuchsläufen A bis I. Große Falten (GF) wurden doppelt gewertet, mittlere Falten (MF) wurden einfach gewertet (Definitionen siehe Abschnitt 3.5.2 auf Seite 60). Daraus wurde eine Angabe in Prozent für die Faltenbildung in dem jeweiligen Segment berechnet. Die Kennzahl berechnet sich wiederum aus der Summe der Prozentangaben an Faltenbildung in den sechs Segmenten der Aussparungen, geteilt durch die sechs Segmente. Ein Berechnungsbeispiel ist in Abbildung 66 aufgeführt.



Berechnung:

$$\begin{aligned} \text{Angabe in \%} &= (GF * 2 + MF) * 100 \% / n \\ &= (3 * 2 + 2) * 100 / 40 \\ &= 20 \% \\ \text{Kennzahl} &= (20 + 23 + 0 + 28 + 15 + 38) / 6 \\ &= 21 \end{aligned}$$

Abbildung 66: Berechnungsbeispiel

3.7.4.1 Schwämme

Die Versuchsläufe M1 bis M3 zur Maschinenteknik befassten sich mit dem Einfluss von versetzt applizierten Etiketten durch einen fehlerhaft positionierten Kreuzschlitten (vgl. Abbildung 30 auf Seite 56) und dem Einfluss von beschädigten Schwämmen am Greiferzylinder.

Durchführung

Bei Versuchslauf M1 wurde der Kreuzschlitten so verschoben, dass die Etiketten etwa 2 cm weiter links von der idealen Positionierung appliziert wurden. Bei Versuchslauf M2 wurden die Etiketten durch die Schwämme 2 cm weiter rechts von der Idealposition auf die Flasche gedrückt.

Die Beschädigung der Schwämme in Versuchslauf M3 wurde durch Klebebänder realisiert, die den Schwamm am Kontakt mit der Flasche hinderten (siehe Abbildung 67). Die Bezeichnung „links beschädigt“ bedeutet, dass der Schwamm auf seiner linken Seite durch Klebebänder beschädigt wurde. Das Etikett wird dadurch an seiner rechten Seite vom Schwamm nicht an die Flasche angedrückt.

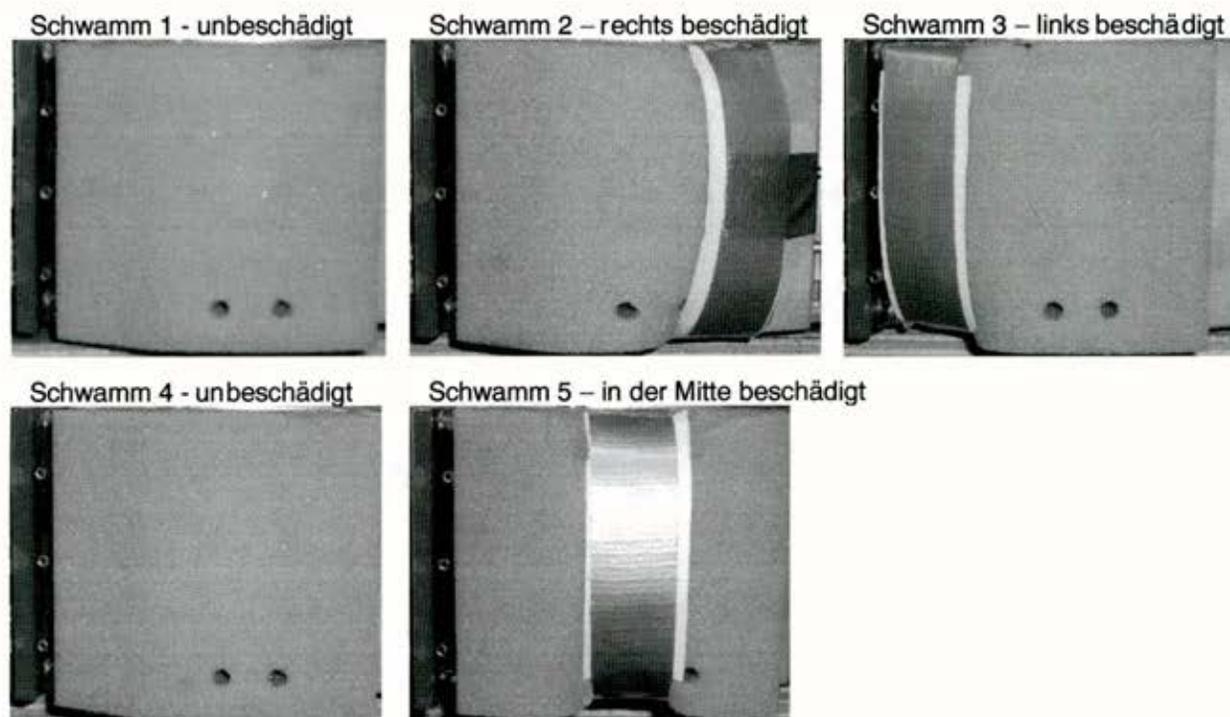


Abbildung 67: Simulierte Beschädigung der Schwämme

Ergebnis

Auch wenn der Vergleich von zwei unterschiedlichen Versuchsläufen problematisch ist, so lässt die geringe Differenz zwischen den beiden Kennzahlen der Läufen M1 und M2 (Tabelle 41) dennoch den Schluss zu, dass das versetzte Aufsetzen keinen großen Einfluss auf die Neigung zur Faltenbildung hat.

Bei Versuchslauf M3 war ein direkter Vergleich der Schwämme möglich. Die Kennzahlen zeigen, dass eine Beschädigung des Schwammes wie sie für diesen Versuch vorgenommen wurde, zu keiner signifikanten einer Erhöhung der Faltenbildung geführt hat. Die insgesamt niedrigen Kennzahlen lassen auch auf einen geringen Einfluss durch die Schwämme schließen.

Die Einzelwerte zu den Versuchsläufen M1 bis M3 sind im Anhang in Abschnitt 9.11 aufgelistet.

Tabelle 41: Einfluss der Schwämme

Versuch		Etikett	Kennzahl	Untersuchtes Merkmal
Lauf	Nummer			
M1	8-4	BP2-M1-P0-L0-D2	3	Etikett zu weit links
M2	8-5	BP2-M1-P0-L0-D2	1	Etikett zu weit rechts
M3	8-6	BP2-M1-P0-L0-D2	5	Schwamm Nr. 1 – Unbeschädigt
			0	Schwamm Nr. 2 – Rechte Seite beschädigt
			0	Schwamm Nr. 3 – Linke Seite beschädigt
			1	Schwamm Nr. 4 – Unbeschädigt
			1	Schwamm Nr. 5 – Mittig beschädigt

3.7.4.2 Ambossleiste

Die geplanten Versuche zur Ambossleiste sollten zeigen, inwiefern eine beschädigte oder abgenutzte Ambossleiste das Ergebnis der Faltenbildung beeinträchtigen kann.

Durchführung

Die Kunststoff-Ambossleisten der Etikettiermaschine im Technikum wurden an der Stelle, an denen die Greiferfinger das Etikett einklemmen, mit einem Messer eingekerbt. Das Ziel bestand darin, dass der Greiferfinger das Etikett in diese Kerben eindrückt, um eventuell auftretende Beschädigungen, eine gesteigerte Faltenbildung oder das Einknicken des Etiketts bei der Übergabe von der Beleimungspalette, durch eine abgenutzte Ambossleiste sichtbar zu machen.

Ergebnis

Die Mechanik des Greiferzylinders der Etikettiermaschine verhinderte, dass die einzelnen Greiferfinger in die Kerben der Beleimungspaletten eintauchen konnten. Dadurch konnten die Etiketten von den Greiferfingern nicht gefasst und von den Beleimungspaletten abgezogen werden. Eine Etikettierung mit gezielt beschädigten Ambossleisten war daher auf der Etikettiermaschine im Technikum nicht zu realisieren.

Die Vermutung aus Arbeitspaket 5 (vgl. Abschnitt 3.5.1.3 auf Seite 51) konnte durch die Versuche im Technikum somit nicht überprüft werden.

3.7.4.3 Schrägstellung der Greiferfinger

Der Versuchslauf M4 sollte zeigen, ob schräg gestellte Greiferfinger beim Abziehen des Etiketts ein Einknicken des Etiketts hervorrufen und ob sie sich auf die Faltenbildung auswirken.

Durchführung

Die Etikettiermaschine im Technikum ließ eine Schrägstellung der Greiferfinger nur in einem sehr begrenzten Maße zu, da das geringe Spiel der Bohrungen in den Greiferfingern nur wenig Bewegungsfreiheit für die Greiferfinger erlaubte. Diese in der Praxis sinnvolle Begrenzung schränkt die Variationsmöglichkeit bei den Versuchen ein. Abbildung 68 zeigt exemplarisch die Schrägstellung bei der Greiferstation 1. In diesem Beispiel zeigen die beiden oberen Greiferfinger nach unten, der untere Greiferfinger nach oben. Die Fingerstellung der anderen Greiferstationen ist in Tabelle 42 aufgelistet.

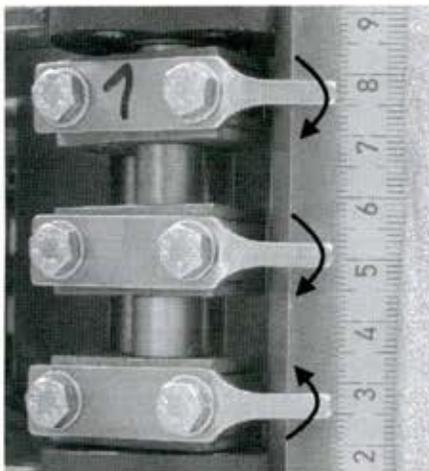


Abbildung 68: Schrägstellung der Greiferfinger bei Greiferstation 1

Tabelle 42: Schrägstellung der Greiferfinger

Greiferstation	Greiferfinger	Stellung
1	Oben	Zeigt nach unten
	Mitte	Zeigt nach unten
	Unten	Zeigt nach oben
2	Oben	Zeigt nach unten
	Mitte	Zeigt nach unten
	Unten	Zeigt nach unten
3	Oben	Gerade
	Mitte	Gerade
	Unten	Gerade
4	Oben	Zeigt nach unten
	Mitte	Zeigt nach unten
	Unten	Gerade
5	Oben	Gerade
	Mitte	Zeigt nach unten
	Unten	Gerade

Ergebnis

Die geringen Differenzen zwischen den Kennzahlen des Versuchslaufes M4 (Tabelle 43) zeigen, dass eine schwache Schrägstellung, wie sie an der Etikettiermaschine im Technikum realisiert werden konnte, keinen Einfluss auf die Faltenbildung hatte.

Die Übergabe des Etiketts wurde bei diesem Versuchslauf mit der HS-Kamera dokumentiert. Die Aufnahmen zeigten jedoch bei keiner der Greiferfingerstationen ein Einknicken des Etiketts, wie es zum Beispiel bei Brauerei 2 beobachtet werden konnte (vgl. Abbildung 26 und Abbildung 27 auf Seite 54). Eine leichte Schrägstellung der Greiferfinger führt somit nicht zum Einknicken des Etiketts.

Die Einzelwerte zum Versuchslauf M4 sind im Anhang in Abschnitt 9.11 aufgelistet.

Tabelle 43: Einfluss der Greiferfinger

Versuch		Etikett	Kennzahl	Untersuchtes Merkmal
Lauf	Nummer			
M4	8-8	BP2-M1-P0-L0-D2	0	Greiferstation Nr. 1 – Schrägstellung
			0	Greiferstation Nr. 2 – Schrägstellung
			1	Greiferstation Nr. 3 – Gerade
			2	Greiferstation Nr. 4 – Schrägstellung
			1	Greiferstation Nr. 5 – Schrägstellung

3.7.4.4 Beleimungspaletten

Die Versuchsläufe M5 bis M8, M10 und M11 sollten einen Aufschluss darüber geben, wie stark sich die Abnutzung der Aussparungen an den Beleimungspaletten auf das Ergebnis der Faltenbildung auswirkt.

Durchführung

Mit der Absicht, die Beschädigung der Aussparungen, wie sie bei B1M1 auftritt (vgl. Abbildung 40 auf Seite 67), mit einer unbeschädigten Beleimungspalette zu vergleichen, wurde eine der fünf Beleimungspaletten der Etikettiermaschine im Technikum leicht beschädigt, zwei wurden schwer beschädigt und zwei wurden im Originalzustand belassen. Die Abdrücke der Beleimungspaletten sind in Abbildung 69 dargestellt.

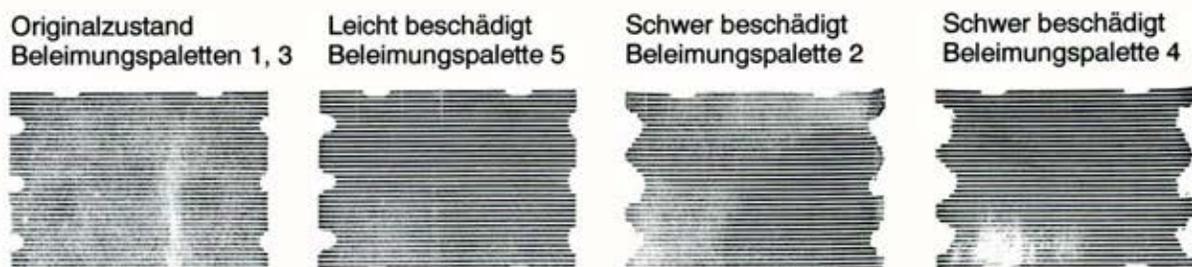


Abbildung 69: Abdruck der Beleimungspaletten nach Beschädigung

Ergebnis

Bei den Versuchsläufen M5 und M6, mit Klebstoffmengen unter 0,15 g pro Etikett, fallen die unbeschädigte Beleimungspaletten Nr. 1 und die leicht beschädigte Palette Nr. 5, durch eine erhöhte Kennzahl gegenüber den anderen Beleimungspaletten, auf (Tabelle 44). Entgegen den Erwartungen aus Arbeitspaket 5 zeigen die stark beschädigten Beleimungspaletten Nr. 2 und 4, zusammen mit der unbeschädigten Palette Nr. 3 die geringste Faltenbildung.

Dies lässt den Schluss zu, dass, unter den im Technikum gegebenen Rahmenbedingungen, der Abnutzungsgrad der Beleimungspaletten keinen Einfluss auf das Ergebnis der Faltenbildung hat.

Die Ursache für die erhöhten Kennzahlen bei den Paletten Nr. 1 und 5, in den Versuchsläufen M5 und M6, konnte nicht ermittelt werden. Im Versuchslauf M8, Nummer 9-4a, war die Klebstoffmenge unwesentlich, um 0,01 g pro Etikett, höher als bei Versuchslauf M6. Die Kennzahlen mit dem Maximalwert 2 zeugen jedoch von einer nahezu faltenfreien Etikettierung, auch bei den vorher auffälligen Paletten Nr. 1 und 5.

Bei den übrigen Versuchsläufen M7, M10 und M11, mit Klebstoffmengen über 0,20 g pro Etikett, war nur eine minimale Faltenbildung aufgetreten. Dies bestätigt erneut, dass sich eine Erhöhung der Klebstoffmenge positiv auf das Etikettierergebnis auswirkt.

Die Einzelwerte zu den Versuchsläufen M5 bis M9, M10 und M11 sind im Anhang in Abschnitt 9.11 aufgelistet.

Tabelle 44: Einfluss des Zustandes der Beleimungspaletten

Versuch		Etikett	Beleimungspalette	Kennzahl	Ohne Fehler etikettiert
Lauf	Nummer				
Stark reduzierte Klebstoffmenge:		0,08 g pro Etikett			
M5	9-1	BP3-M1-P0-L0-D2	1 – unbeschädigt	24	13 %
			2 – stark beschädigt	6	23 %
			3 – unbeschädigt	8	25 %
			4 – stark beschädigt	8	23 %
			5 – leicht beschädigt	12	33 %
Durchschnittliche Klebstoffmenge:		0,12 g pro Etikett			
M6	9-2	BP3-M1-P0-L0-D2	1 – unbeschädigt	13	26 %
			2 – stark beschädigt	0	16 %
			3 – unbeschädigt	6	33 %
			4 – stark beschädigt	7	34 %
			5 – leicht beschädigt	17	29 %
Durchschnittliche Klebstoffmenge:		0,13 g pro Etikett			
M8	9-4a	BP3-M1-P0-L0-D2	1 – unbeschädigt	2	40 %
			2 – stark beschädigt	0	60 %
			3 – unbeschädigt	0	60 %
			4 – stark beschädigt	2	45 %
			5 – leicht beschädigt	0	55 %
Erhöhte Klebstoffmenge:		0,21 g pro Etikett			
M7	9-3	BP3-M1-P0-L0-D2	1 – unbeschädigt	1	42 %
			2 – stark beschädigt	0	48 %
			3 – unbeschädigt	0	51 %
			4 – stark beschädigt	0	50 %
			5 – leicht beschädigt	0	45 %
Erhöhte Klebstoffmenge:		0,25 g pro Etikett			
M10	9-6	BP3-M1-P0-L0-D2	1 – unbeschädigt	0	38 %
			2 – stark beschädigt	0	18 %
			3 – unbeschädigt	1	55 %
			4 – stark beschädigt	0	25 %
			5 – leicht beschädigt	0	30 %
Stark erhöhte Klebstoffmenge:		0,35 g pro Etikett			
M11	9-7	BP3-M1-P0-L0-D2	1 – unbeschädigt	0	35 %
			2 – stark beschädigt	0	15 %
			3 – unbeschädigt	1	35 %
			4 – stark beschädigt	0	3 %
			5 – leicht beschädigt	0	8 %

3.7.5 Versuchsergebnisse Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche

Nach der oben aufgestellten Hypothese zur Faltenbildung ist die Feuchtigkeit, als Auslöser für die Nassdehnung des Etikettenpapiers, ein Einflussfaktor auf die Faltenbildung. In den Versuchsläufen M8, M9 und M12 wurde dieser Einfluss untersucht.

3.7.5.1 Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche – vor der Etikettierung

Zunächst wurde, durch den Vergleich von trockenen Flaschen vor der Etikettierung mit feuchten Flaschen vor der Etikettierung, der Einfluss der Oberflächenfeuchtigkeit auf den zu etikettierenden Flaschen untersucht.

Durchführung

Bei den trockenen Flaschen in Versuchslauf M12 wurden auf die bei den anderen Versuchsläufen übliche Überschwällung der Versuchsflaschen, unmittelbar vor dem Start der Etikettierung, verzichtet. Die feuchten Flaschen wurden, wie in Abschnitt 3.7.1.5 auf Seite 98 beschrieben, überschwallt.

Ergebnis

Die Kennzahlen der beiden Versuchsläufe unterscheiden sich kaum von einander und bewegen sich, mit einem Höchstwert von 2, auf sehr niedrigem Niveau (Tabelle 45).

Der Vergleich von zwei unterschiedlichen Versuchsläufen ist, wie in Abschnitt 3.7.2 auf Seite 102 erläutert, nur unter Vorbehalt möglich. Aufgrund der geringen Kennzahlen kann dennoch darauf geschlossen werden, dass eine trockene Flaschenoberfläche, beziehungsweise eine Feuchtigkeitsmenge bis 0,11 g pro Flasche, keinen negativen Einfluss auf die Faltenbildung haben.

Die Einzelwerte zu den Versuchsläufen M9 und M12 sind im Anhang in Abschnitt 9.11 aufgelistet.

Tabelle 45: Einfluss der Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche

Versuch		Etikett	Beleimungspaletten	Kennzahl	Ohne Fehler etikettiert
Lauf	Nummer				
Trockene Flaschen, ohne nachträgliche Überschwällung, nicht metallisiertes Etikett					
M12	9-8a	BP3-M1-P0-L0-D2	1 bis 5	1	15 %
Feuchte Flaschen, ohne nachträgliche Überschwällung, nicht metallisiertes Etikett					
M9	9-5a	BP3-M1-P0-L0-D2	1 bis 5	2	27 %

3.7.5.2 Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche – nachträgliche Überschwällung

Der Projektbegleitende Ausschuss hat auf die Möglichkeit einer nachträglichen Überschwällung der etikettierten Flaschen mit Wasser hingewiesen. In einigen Fällen konnte durch diese Maßnahme die Faltenbildung unterdrückt werden. Die Versuchsläufe M8, M9 und M12 sollten klären, wie sich eine Überschwällung auf ein metallisiertes und ein nicht metallisiertes Etikett, unter den Rahmenbedingungen des Etikettier technikums, auswirkt.

Durchführung

Die Überschwällung wurde, wie die Befeuchtung der Flaschen vor dem Start der Etikettierung, mit einem Drucksprühgerät, etwa 5 bis 10 Minuten nach der Etikettierung, durchgeführt. Die Etiketten wurden dabei für kurze Zeit vollständig benetzt.

Ergebnis

In Tabelle 46 sind die Kennzahlen der Versuche aufgelistet. Bei den metallisierten Etiketten in Versuchslauf M8, bewirkt die nachträgliche Überschwammung eine Erhöhung der Kennzahl um 11 Punkte, was mit einer deutlichen Verschlechterung des Etikettiererergebnisses, in Bezug auf die Faltenbildung, einhergeht.

In den Versuchsläufen M9 und M12 werden nicht metallisierte Etiketten verwendet. Diese reagieren auf die nachträgliche Überschwammung mit einer noch deutlicheren Erhöhung der Kennzahl, um 85 Punkte bei M9 und 46 Punkte bei M12 und damit mit einer ausgeprägten Verschlechterung des Etikettiererergebnisses. Die bereits feuchten Flaschen in Versuchslauf M9 kommen, aufgrund der um 40 Punkte geringeren Kennzahl, scheinbar besser mit der nachträglichen Überschwammung zurecht, als die vor der Etikettierung vollständig trockenen Flaschen in Versuchslauf M12.

Dieses Ergebnis, mit dem starken Ansteigen der Kennzahlen, belegt, dass der Faktor Feuchtigkeit bei der Nassetikettierung für die Faltenbildung von großer Bedeutung ist.

Tabelle 46: Einfluss einer nachträglichen Überschwammung

Versuch		Etikett	Beleimungspalette	Kennzahl	Ohne Fehler etikettiert
Lauf	Nummer				
Feuchte Flaschen, ohne nachträgliche Überschwammung, metallisiertes Etikett					
M8	9-4a	BP3-M1-P0-L0-D2	1 bis 5	1	52 %
Feuchte Flaschen, mit nachträglicher Überschwammung, metallisiertes Etikett					
M8	9-4b	BP3-M1-P0-L0-D2	1 bis 5	12	32 %
Feuchte Flaschen, ohne nachträgliche Überschwammung, nicht metallisiertes Etikett					
M9	9-5a	BP3-M1-P0-L0-D2	1 bis 5	2	27 %
Feuchte Flaschen, mit nachträglicher Überschwammung, nicht metallisiertes Etikett					
M9	9-5b	BP3-M1-P0-L0-D2	1 bis 5	87	0 %
Trockene Flaschen, ohne nachträgliche Überschwammung, nicht metallisiertes Etikett					
M12	9-8a	BP3-M1-P0-L0-D2	1 bis 5	1	15 %
Trockene Flaschen, mit nachträglicher Überschwammung, nicht metallisiertes Etikett					
M12	9-8b	BP3-M1-P0-L0-D2	1 bis 5	47	4 %

3.7.6 Ergebnisübersicht und Schlussfolgerungen aus Arbeitspaket 7

Das Ziel von Arbeitspaket 7 war es, die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Arbeitspaketen durch Etikettierversuche im industriellen Maßstab zu verifizieren.

Versuche im Etikettiertechnikum der Krones AG

Mit dem Etikettiertechnikum der Krones AG in Neutraubling stand für die Versuche eine Moduletikettiermaschine mit Nasseleimaggregat zur Verfügung. Mit dieser Etikettiermaschine war es möglich, die Nassetikettierung unter realitätsnahen Bedingungen nachzustellen.

Die Auswertung der Versuche hat jedoch gezeigt, dass ein reproduzierbares Etikettierergebnis, auch unter Beibehaltung sämtlicher Einstellungen und bei konstanten Rahmenbedingungen, erst bei Klebstoffmengen über 0,2 g pro Etikett zu erzielen war. Bei diesen Mengen zeugten die ermittelten Kennzahlen stets von einer schwach ausgeprägten Faltenbildung. Lag die Klebstoffmenge unter 0,2 g pro Etikett variierten die Kennzahlen, selbst bei gleichen Klebstoffmengen. Als Ursache werden die relativ starken Schwankungen bei der übertragenen Klebstoffmenge vermutet, in Verbindung mit dem ausgeprägten Einfluss der Klebstoffmenge auf die Faltenbildung.

Das Klebstoffbild bei 0,2 g Etikettierklebstoff pro Etikett ist jedoch deutlich dicker als dies üblicherweise in Brauereien bei der Nassetikettierung der Fall ist. Die Klebstoffmenge pro Etikett, bei der das Klebstoffbild im Etikettiertechnikum dem der Brauereien 2 und 3, und auch weiteren, nicht in diesem Forschungsvorhaben untersuchten Brauereien, entsprach, lag bei etwa 0,15 g pro Etikett. Bei dieser Menge waren die einzelnen Linien der Streifenbeileimung noch auf der Etikettenrückseite zu erkennen. Bei höheren Klebstoffmengen war der Etikettierklebstoff auf der Etikettenrückseite verlaufen und bildete einen homogenen Klebstofffilm. Eine Ausnahme bildet die Brauerei 1 mit ihrer Marke B1M1. Bei der Etikettierung dieser Marke wird in der Brauerei mit einer erhöhten Klebstoffmenge gearbeitet, die zum Teil ausreicht, um die eigentlich klebstofffreien Aussparungen für die Haltenasen und Greiferfinger mit Etikettierklebstoff zu benetzen.

Anmerkung: Die genaue Klebstoffmenge, die in den Brauereien 1 bis 3 eingesetzt wurde ist nicht bekannt, da bei der Durchführung der Arbeitspakete 1 bis 6 keine Möglichkeit bestand, die Klebstoffmenge pro Etikett zu bestimmen. Aus diesem Grund erfolgte der Vergleich über eine visuelle Beurteilung der Klebstoffmenge.

Basispapiere

Der Vergleich verschiedener Basispapiere hat Erfahrungen aus der Praxis bestätigt. Das Basispapier hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Faltenbildung bei der Nassetikettierung. Daraus lässt sich schließen, dass eine Veränderung der physikalischen Papiereigenschaften auch zu einer Veränderung der Etikettierbarkeit, in Bezug auf die Faltenbildung, führt.

Die Einteilung der Basispapiere nach ihrer Neigung zur Faltenbildung gilt unter den speziellen Rahmenbedingungen im Etikettiertechnikum. Ob sich die Papiere unter veränderten Bedingungen in unterschiedlichen Abfüllbetrieben gleich verhalten, kann mit dieser Untersuchung nicht sicher vorausgesagt werden.

Dekor

Der Projektbegleitende Ausschuss hatte die Vermutung geäußert, dass der Einfluss des Dekors nur sehr begrenzt ausgeprägt oder gar nicht erkennbar ist. Die Untersu-

chungsergebnisse haben eine leicht erhöhte Kennzahl, bei den Etiketten mit unterschiedlichem Farbverlauf am Etikettenrand, ergeben und bestätigen damit die Ansicht des Projektbegleitenden Ausschusses hinsichtlich des begrenzt ausgeprägten Einflusses.

Prägung

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen hat sich ergeben, dass eine Prägung des Etikettenpapiers die Faltenbildung bei der Nassetikettierung vermindern kann. Ein positiver Effekt trat zwar nicht immer ein, die Neigung zur Faltenbildung wurde durch eine Prägung jedoch auch nicht erhöht.

Lackierung

Die Untersuchung der nicht metallisierten Etiketten mit Lackierung hat gezeigt, dass eine zusätzliche Lackschicht die Tendenz zur Faltenbildung in einigen Fällen erhöhen kann. Dieser negative Effekt ist nicht bei allen Versuchen eingetreten, eine Verbesserung der Faltenbildung konnte durch eine Lackierung allerdings bei keinem der Versuchsläufe erzielt werden.

Etikettierklebstoffe - Verarbeitungstemperatur

Die Versuche zur Verarbeitungstemperatur haben gezeigt, dass die empfohlene Verarbeitungstemperatur der Etikettierklebstoffe bei der Etikettierung eingehalten werden sollte, um die Fließeigenschaften des Klebstoffes nicht negativ zu beeinflussen. Die Ergebnisse legen zudem die Vermutung nahe, dass Schwankungen in der Klebstofftemperatur während der Verarbeitung, zum Beispiel durch eine ungeeignete Klebstoffheizung, bei gleich bleibender Einstellung des Leimschabers, zu Schwankungen im Etikettierergebnis bezüglich der Faltenbildung führen können.

Etikettierklebstoffe - Sorte

Aufgrund der oben beschriebenen Problematik beim Vergleich zweier Versuchsläufe konnte der Einfluss der Klebstoffsorte und der damit verbundenen Abbindgeschwindigkeit des Klebstoffs, an der Etikettiermaschine im Technikum nicht bestimmt werden.

Etikettierklebstoffe – Menge

Nach der Hypothese zur Faltenbildung beeinflusst die Klebstoffmenge die Zeit, die dem Etikett zur Verfügung steht um die gebildeten Anfangsfalten auszugleichen, da das Austrocknen des Etikettierklebstoffes hinauszögert wird.

Die durchgeführten Versuche zum Einfluss der Klebstoffmenge bestätigen die Hypothese, die bei Erhöhung der Klebstoffmenge einen positiven Effekt auf das Auftreten von Faltenbildung voraussagt. Die ermittelten Kennzahlen belegen, dass die Faltenbildung unmittelbar mit der aufgetragenen Klebstoffmenge zusammenhängt.

Schwämme des Greiferzylinders

Auch wenn der Vergleich von zwei unterschiedlichen Versuchsläufen, wie oben beschrieben, problematisch ist, so lässt die geringe Differenz der Kennzahlen zwischen den beiden Versuchsläufen dennoch den Schluss zu, dass das versetzte Aufsetzen keinen ausgeprägten Einfluss auf die Neigung zur Faltenbildung hat. Die Beschädigung der Schwämme, wie sie im Etikettiertechnikum nachgestellt wurden, führte ebenfalls zu keiner signifikanten einer Erhöhung der Faltenbildung. Die insgesamt niedrigen Kennzahlen lassen auch auf einen geringen Einfluss durch die Schwämme schließen.

Ambossleiste

Die Wellenbildung von Etiketten, die in Arbeitspaket 5, bei der Übergabe des Etiketts an den Greiferzylinder bei einigen Marken beobachtet werden konnte, sollte durch eine gezielte Beschädigung der Ambossleisten in den Greiferstationen nachgestellt werden. Die war mit der Mechanik des Greiferzylinders jedoch nicht zu realisieren. Der Einfluss auf die Faltenbildung, durch beschädigte oder abgenutzte Ambossleisten konnte aus diesem Grund im Etikettiertechnikum nicht überprüft werden.

Greiferfinger

Es wurde vermutet, dass das in Arbeitspaket 5, bei einigen Marken beobachtete Einknicken des Etiketts, unter anderem durch die Schrägstellung der Greiferfinger verursacht werden könnte. Bei der leichten Schrägstellung der Greiferfinger, wie sie an der Etikettiermaschine im Technikum umgesetzt werden konnte, wurde jedoch kein Einknicken beobachtet. Eine leichte Schrägstellung scheint somit keinen Einfluss auf die Faltenbildung auszuüben.

Beleimungspaletten

Die klebstofffreien Stellen, die bei der Marken B1M1 durch die Abnutzung der Beleimungspalette und bei B1M3 durch den Zustand des Palettengummis hervorgerufen werden, stehen nach der Hypothese zur Faltenbildung in Verdacht, die Höhe der Anfangsfalte zu beeinflussen.

Zur Überprüfung dieser Vermutung wurde ein Teil der Beleimungspalette gezielt beschädigt, um ebenfalls große klebstofffreie Stellen zu erzeugen. Die Versuchser-

gebnisse bestätigten die Erwartungen aus der Hypothese jedoch nicht. Unter den im Technikum gegebenen Rahmenbedingungen hatte der Abnutzungsgrad der Beleimungspaletten keinen Einfluss auf das Ergebnis der Faltenbildung. Aufgrund der deutlichen Resultate in Abschnitt 3.5.3 „Zustand der Beleimungspaletten“, wird jedoch weiter davon ausgegangen, dass die Abnutzung oder Beschädigung der Paletten einen Einfluss auf die Faltenbildung hat.

Feuchtigkeit vor der Nassetikettierung

Der Vergleich von zwei unterschiedlichen Versuchsläufen ist, wie oben erläutert, nur unter Vorbehalt möglich. Aufgrund der geringen Kennzahlen bei dieser Untersuchung kann dennoch darauf geschlossen werden, dass eine trockene Flaschenoberfläche, beziehungsweise eine Feuchtigkeitsmenge bis 0,11 g pro Flasche, keinen negativen Einfluss auf die Faltenbildung haben.

Feuchtigkeitsmengen auf der Flaschenoberfläche von über 0,11 g pro Flasche konnten im Etikettiertechnikum nicht realisiert werden, da eine ausgeprägte Schwitzwasserbildung mit den gegebenen Kühlmöglichkeiten und der relativen Luftfeuchtigkeit im Etikettiertechnikum nicht möglich war. Die Feuchtigkeit mit der das Etikett in Kontakt kommt, ist der Auslöser für die Nassdehnung der Etikettenpapiere und nimmt somit in jedem Fall Einfluss auf die Faltenbildung. Dieser Einfluss wurde auch durch die nachfolgende Untersuchung zur Überschwällung bestätigt.

Überschwällung

Die nachträgliche Überschwällung der Etiketten mit Wasser führte bei den untersuchten Etiketten zu einer deutlichen Erhöhung der Faltenbildung. Dabei kamen metallisierte Etiketten und vor der Etikettierung feuchte Flaschen besser mit der Überschwällung zurecht, als nicht metallisierte Etiketten, die auf trockene Flaschen etikettiert wurden. Dieses Ergebnis, mit dem starken Ansteigen der Kennzahlen, belegt, dass der Faktor Feuchtigkeit bei der Nassetikettierung für die Faltenbildung von großer Bedeutung ist.

Grenzen der Untersuchungsmöglichkeiten im Etikettiertechnikum

Im Etikettiertechnikum der Krones AG war es möglich, zahlreiche Versuche unter konstanten Rahmenbedingungen durchzuführen, die auf diese Weise in einem Abfüllbetrieb nicht umsetzbar gewesen wären. Dennoch unterlagen die Untersuchungsmöglichkeiten im Technikum, den durch die Bauart des Technikums und der Etikettiermaschine gesetzten Grenzen. So konnten folgende Einflüsse nicht untersucht werden, die eventuell einen Einfluss auf die Faltenbildung ausüben:

- Formgebung des Etiketts

Anmerkung: Bei einem Treffen des Prozessbegleitende Ausschusses wurde auf die kritischen Eigenschaften bei Etikettenhöhen über 10 cm hingewiesen.

- Anzahl, Abstand und Breite der Greiferfinger
- Gleich- und Gegenlaufsystem
- Anlagenausbringung der Etikettiermaschine
- Umweltbedingungen während der Abtrocknung der Etiketten (Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftströmungen)
- Schweißwasserbildung
- Variation der Oberflächentemperaturen

3.8 Arbeitspaket 8: Entstehung von Faltenbildung und Möglichkeiten der Beseitigung und Vermeidung

Die Aufgabe im abschließenden Arbeitspaket 8 bestand darin, das umfangreiche Datenmaterial aus den Arbeitspaketen 1 bis 7 zusammenzufassen und zu Richtlinien beziehungsweise Arbeitsanweisungen zu verdichten.

3.8.1 Hypothese der Faltenbildung und Gewichtung der Einflussfaktoren

Die Hypothese zur Faltenbildung, wie sie in Abschnitt 3.6.3 auf Seite 76 beschrieben wird, mit Entstehung der Anfangsfalten und der anschließenden Rückbildung, bleibt auch nach den Versuchen im industriellen Maßstab unverändert bestehen.

Die Übersicht über die Einflussfaktoren kann durch die Ergebnisse aus den Versuchen des Arbeitspaketes 7 um weitere Faktoren ergänzt werden. Darüber hinaus werden die Einflussfaktoren, entsprechend der Ergebnisse aus allen Arbeitspaketen, gewichtet. Die Gewichtung teilt die Einflussfaktoren in fünf Bereiche:

⑦ Ungewichtet:

Diesem Einflussfaktor konnte, im Rahmen dieses Forschungsvorhabens, keine Gewichtung zugeordnet werden.

Ⓚ Konstant:

Diese Einflussfaktoren sind mit den Gegebenheiten des Abfüllbetriebes verbunden und können nicht ohne erheblichen Aufwand beeinflusst werden.

⑩ Kein oder geringer Einfluss auf die Faltenbildung:

Eine Veränderung dieser Einflussfaktoren übt keinen oder einen geringen Einfluss auf die Faltenbildung aus, so dass er leicht durch andere Einflüsse überlagert werden kann.

① Durchschnittlicher Einfluss auf die Faltenbildung:

Eine Veränderung dieses Einflussfaktors muss sich nicht unmittelbar auf das Ergebnis der Faltenbildung auswirken, kann aber in Verbindung mit anderen Einflussfaktoren vom Typ ① das Etikettierergebnis verändern.

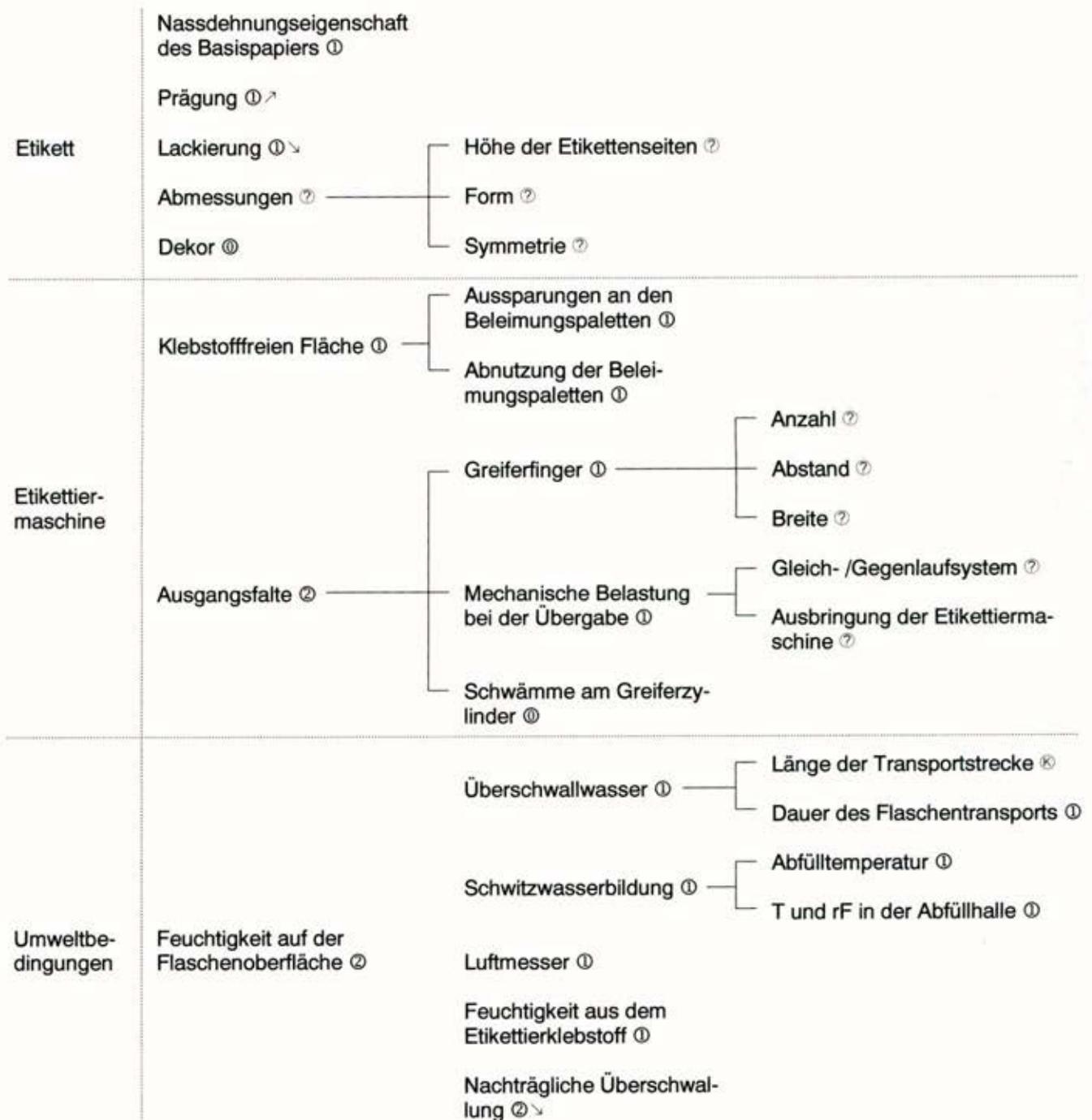
② Ausgeprägter Einfluss auf die Faltenbildung:

Eine Veränderung dieses Einflussfaktors führt in der Regel zu einer unmittelbaren Veränderung des Etikettierergebnisses.

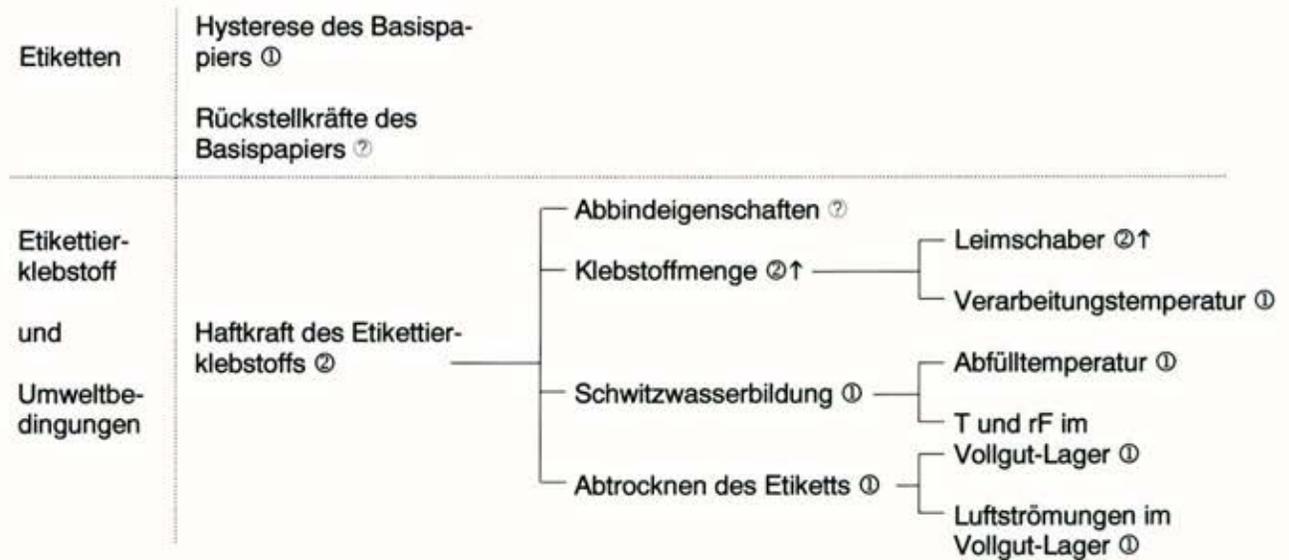
Die Einflussfaktoren, denen eine Tendenz bei Veränderung sicher zugeordnet werden konnte, wurden speziell gekennzeichnet:

- ↑ Eine Steigerung des Einflussfaktors verbessert das Etikettierergebnis.
- ↗ Eine Steigerung bzw. die Anwendung des Einflussfaktors verbessert eventuell das Etikettierergebnis, wird es aber nicht verschlechtern.
- ↘ Eine Steigerung bzw. die Anwendung des Einflussfaktors verschlechtert eventuell das Etikettierergebnis, wird es aber nicht verbessern.

Einflussfaktoren auf die Bildung der Anfangsfalten, mit Gewichtung



Einflussfaktoren auf die Rückbildung der Anfangsfalten, mit Gewichtung



3.8.2 System Nassetikettierung

Aus der Hypothese zur Faltenbildung bei der Nassetikettierung und den identifizierten Einflussgrößen lässt sich ein System der Nassetikettierung ableiten.

Das System ist gekennzeichnet durch das Zusammenspiel von Nassdehnung und Trockenschrumpfung des Etiketts auf der einen Seite und dem Aushärten des Etikettierklebstoffes auf der anderen Seite. Dieses Zusammenspiel muss auf die Gegebenheiten des jeweiligen Abfüllbetriebes abgestimmt sein (Abbildung 70).



Abbildung 70: System Nassetikettierung

Ist diese Voraussetzung erfüllt, so finden die Entstehung der Anfangsfalte und deren anschließende Rückbildung vollständig statt. Ist dieses System nicht auf die gegebenen Rahmenbedingungen ausgerichtet oder wird durch eine neue, unbekannte Größe gestört, zum Beispiel durch eine Beschädigung an der Etikettiermaschine, so kann es zu dem Phänomen der Faltenbildung bei der Nassetikettierung kommen.

Den Kern des Systems bilden das Etikett mit seinen charakteristischen Eigenschaften und der Etikettierklebstoff. Diese beiden Komponenten gilt es abzustimmen auf

die äußeren Einflüsse die auf das System einwirken, die Feuchtigkeitzufuhr bei der Etikettierung und im Vollgut-Lager und den Feuchtigkeitseinsatz bei der Abtrocknung.

Eine planmäßige Beeinflussung dieses Systems ist nur bedingt möglich. Die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 1 bis 7 haben gezeigt, dass es zwar eine Vielzahl von Einflussgrößen mit unterschiedlich starkem Einfluss auf die Faltenbildung gibt. Eine gezielte Beeinflussung vor Ort jedoch nur über die Klebstoffmenge, die auf das Etikett übertragen wurde, möglich war.

3.8.3 Möglichkeit zum Gegensteuern

Tritt in einem Abfüllbetrieb das Phänomen Faltenbildung in einer akuten Weise auf, so kann die Problematik über eine stufenweise Erhöhung der eingesetzten Klebstoffmenge zunächst entschärft werden.

Die Erhöhung der Klebstoffmenge über das in Abfüllbetrieben übliche Maß (vgl. Abschnitt 3.7.6 auf Seite 119) kann jedoch

nur eine kurzfristige Übergangslösung,
niemals aber die langfristige Lösung des Problems Faltenbildung

sein. Zum einen verschmutzt die Etikettiermaschine durch das Verschleudern von überschüssigem Etikettierklebstoff deutlich schneller, wodurch andere unerwünschte Nebeneffekte an der Etikettiermaschine auftreten. Zum Beispiel ein erhöhter Reinigungsaufwand (vgl. Abbildung 21 auf Seite 50) oder Probleme bei der Etikettenentnahme. Zum anderen geht mit Erhöhung der Klebstoffmenge pro Etikett naturgemäß ein erhöhter Klebstoffverbrauch einher, der die Kosten für die Abfüllung spürbar in die Höhe treibt und damit gerade KMU Abfüllbetriebe belastet.

Des Weiteren ist eine beliebige Erhöhung der Klebstoffmenge nicht möglich, da ab einer gewissen Klebstoffmenge die Etiketten auf den Flaschen aufschwimmen und die Gefahr des Verrutschens beim Einpacker oder der Drängelstation vor diesem besteht. Ebenfalls kann bei zu viel Etikettierklebstoff unter dem Etikett beobachtet werden, dass der Etikettierklebstoff unter dem Etikett austritt und die Flaschen im Getränkekasten festkleben. Im schlimmsten Fall kommt es zur Zersetzung des überschüssigen Etikettierklebstoffs durch Mikroorganismen wodurch ein typischer, unangenehmer Zersetzungsgeruch entsteht. Zu viel Etikettierklebstoff kann somit den hohen Qualitätsanspruch gefährden, den gerade KMU Unternehmen aufrechterhalten müssen, um sich im Markt behaupten zu können.

3.8.4 Dauerhafte Beseitigung der Faltenbildung – ein Lösungsweg

Kann für das verstärkte Auftreten der Faltenbildung zunächst keine Ursache identifiziert werden, so kann für eine dauerhafte Beseitigung der Faltenbildung der vorgeschlagene Lösungsweg in Abbildung 71 durch den Abfüllbetrieb beschriftet werden.

Grundannahme für diesen Lösungsweg ist, dass in dem Abfüllbetrieb bisher ohne Probleme bei der Faltenbildung etikettiert wurde. Sollten schon von Beginn an Probleme bei der Etikettierung mit Faltenbildung auftreten, so kann direkt mit dem letzten Schritt des Lösungsweges begonnen werden.

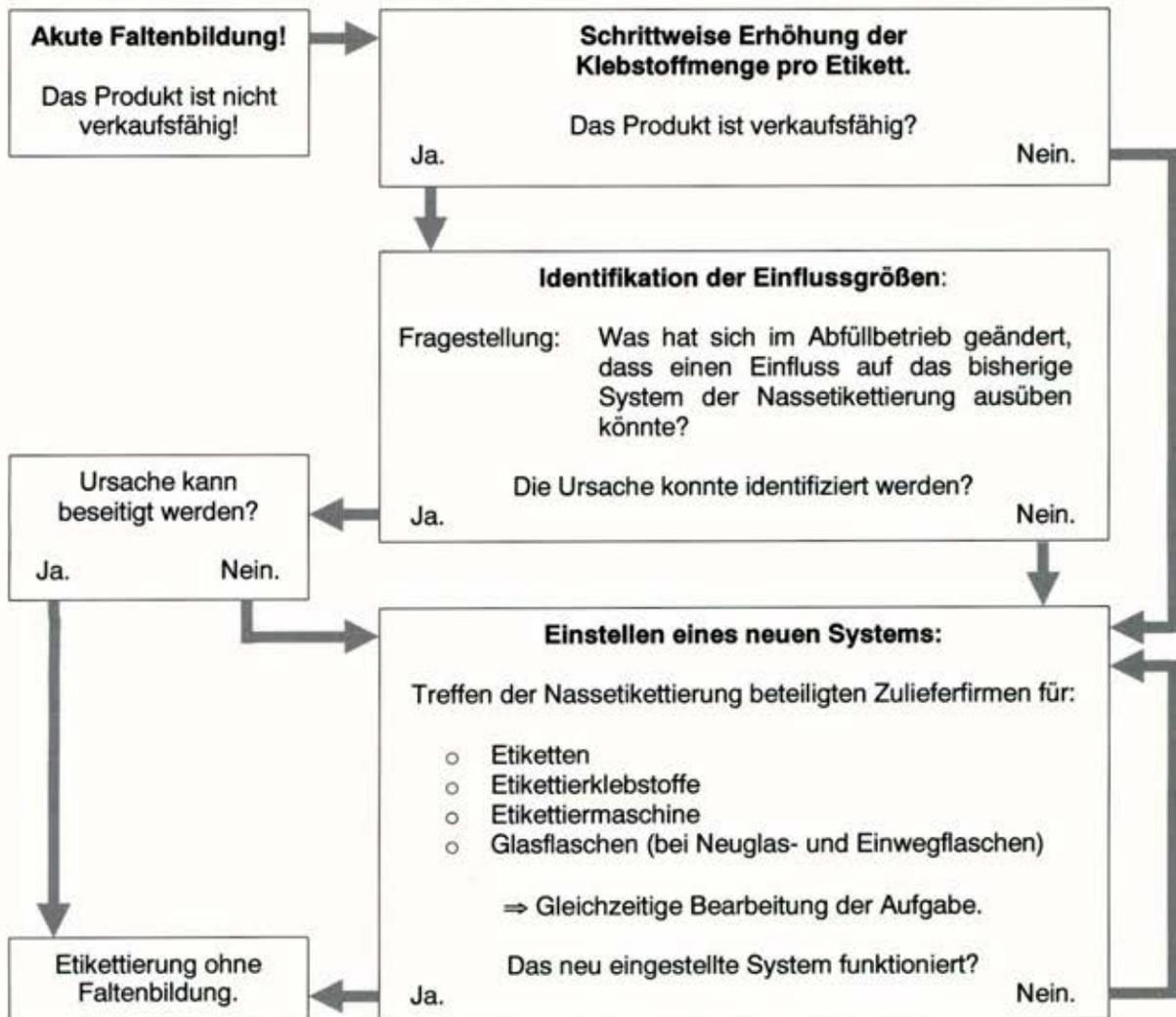


Abbildung 71: Möglicher Lösungsweg

Tritt die Faltenbildung in einer Weise auf, die das Produkt unverkäuflich macht, kann der Abfüllbetrieb zunächst versuchen, das Problem durch stufenweise Erhöhung der Klebstoffmenge in den Griff zu bekommen. Gelingt dies nicht, muss sofort ein neues System eingestellt werden. Wird durch Erhöhung der Klebstoffmenge das Produkt wieder verkaufsfähig und der Abfüllbetrieb kann die Produktion fortführen, so muss nach der Fehlerquelle gesucht werden. Hierbei ist es hilfreich, nach folgender Fragestellung vorzugehen: „Was hat sich im Abfüllbetrieb geändert, dass einen Einfluss auf das bisherige System der Nassetikettierung ausüben könnte?“. Anhand der Übersicht über die Einflussfaktoren auf die Faltenbildung, die in Abschnitt 3.8.1 dargestellt ist, kann der Abfüllbetrieb diese Fragestellung beantworten.

- Beispiel 1: Einflussfaktor: Nassdehnungseigenschaft des Basispapiers
- Fragestellung: Setzt der Etikettenhersteller ein neues Basispapier ein oder hat der Papierhersteller das Basispapier verändert?
- Antwort: Ja, das Basispapier hat sich verändert.
- Lösung: Das ursprüngliche Basispapier ist für die Etikettenherstellung einzusetzen.
- Beispiel 2: Einflussfaktor: Abfülltemperatur
- Fragestellung: Hat sich die Abfülltemperatur meines Produktes verändert?
- Antwort: Ja, die Temperatur wurde erhöht. Dadurch entsteht weniger Schwitzwasser und es ändert sich die Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche.
- Lösung: Die Temperatur muss auf den ursprünglichen Wert korrigiert, oder das System auf die neuen Rahmenbedingungen eingestellt werden.

Kann die Ursache auf diese Weise identifiziert und beseitigt werden, so kann der Abfüllbetrieb mit der Produktion fortfahren. Ist es auf diese Weise nicht möglich eine Ursache zu identifizieren, oder kann diese nicht beseitigt werden, muss das System der Nassetikettierung auf die nun herrschenden Rahmenbedingungen des Abfüllbetriebes neu eingestellt werden. Für diesen Schritt ist es zwingend notwendig

alle an der Nassetikettierung beteiligten Zulieferer der oben genannten Komponenten gleichzeitig mit der Einstellung des neuen Systems zu beauftragen.

Die Zulieferer verfügen in der Regel über die notwendige Kompetenz um ihre Komponente schnellstmöglich, und damit Kosten sparend, an die gegebenen Rahmenbedingungen anzupassen. Da jedoch jede Änderung die Rahmenbedingungen für die anderen beteiligten Elemente ändert, kann diese Anpassung nur gemeinsam erfolgen.

4 Gegenüberstellung der Ergebnisse und der Zielsetzung

Zielsetzung

Mit dem Forschungsvorhaben „Faltenbildung bei Flaschenetiketten“ wurden zwei Ziele verfolgt:

3. Auf der Basis von breit angelegten Untersuchungen sollten die Ursachen der Bildung von Falten und die Haupteinflussgrößen auf diesen Prozess ermittelt werden.
4. Erstellen eines Regelwerkes, das es den Anwendern ermöglicht, die Faltenbildung bei der Etikettierung von Getränkeflaschen zu vermeiden, beziehungsweise zu beseitigen.

Ergebnisse

Das erste Ziel des Vorhabens wurde erreicht. Die umfassende Untersuchung des Etikettiervorgangs bei drei Brauereien in den Arbeitspaketen 1 bis 5 war die Grundlage für die in Arbeitspaket 6 entwickelte Hypothese zur Faltenbildung. Diese wurde durch die Versuche im industriellen Maßstab in Arbeitspaket 7 überprüft und weiterentwickelt. Am Ende dieses Forschungsvorhabens ist die Entstehung der Faltenbildung entschlüsselt und die Haupteinflussgrößen auf den Prozess sind bekannt.

Das zweite Ziel, die Erstellung eines Regelwerkes zur Vermeidung oder Beseitigung der Faltenbildung, konnte nur bedingt erreicht werden.

Aufgrund der äußerst komplexen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Einflussgrößen und den unterschiedlichen Bedingungen, die in den Brauereien vorgefunden wurden, war es nicht möglich, ein allgemeingültiges Regelwerk für alle Abfüllbetriebe zu erstellen.

Für den Anwender sind jedoch die Kenntnis über die Vorgänge bei der Faltenbildung, die in dieser zusammenhängenden und umfassenden Form bisher noch nicht veröffentlicht wurden, und sein Wissen um die speziellen Gegebenheiten in seinem Abfüllbetrieb, von hohem Nutzen bei der Vermeidung oder Beseitigung der Faltenbildung.

Darüber hinaus wird den Abfüllbetrieben eine Möglichkeit aufgezeigt, wie sie bei akuter Faltenbildung, durch stufenweise Erhöhung der eingesetzten Klebstoffmenge, kurzfristig gegensteuern können.

Um eine dauerhaft auftretende Faltenbildung zu beseitigen wird ein Lösungsweg vorgeschlagen, der zunächst eine Analyse der Abfüllsituation vorsieht und bei Fortbestehen des Problems, die nächsten Schritte für eine schnellstmögliche Beseitigung der Faltenbildung beschreibt.

Die Aufgabe des ursprünglich vorgesehenen Regelwerkes, aufzuzeigen wie die Faltenbildung vermieden oder beseitigt werden kann, konnte somit dennoch erfüllt werden.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

5 Nutzen der erzielten Ergebnisse

5.1 Wissenschaftlich-technischer Nutzen für KMU

Die Papiererzeugende und -verarbeitende Industrie profitiert in hohem Maße von den Ergebnissen dieses Forschungsvorhabens. Für die Etikettenhersteller und die Erzeuger von Etikettierklebstoffen ist die Kenntnis über die Einflussgrößen bei der Entstehung von Falten von großer Bedeutung. Es ist ein wichtiger Baustein bei der Optimierung bestehender und Entwicklung neuer Produkte. Aber auch bei der beschleunigten Bearbeitung von Kundenreklamationen und der technischen Beratung können die Ergebnisse von Nutzen sein.

Den Herstellern von Etikettiermaschinen kommen vor allem die Ergebnisse der Versuche zur Maschinenteknik zugute, die bei der Weiterentwicklung der Nassetikettierertechnik Anwendung finden können.

Die Erkenntnisse über den Mechanismus der Faltenbildung nutzen dem Marketing von KMU Abfüllbetrieben, da die Grenzen des technisch machbaren bei der Produktausstattung mit Getränkeetiketten aus Papier aufgezeigt werden.

5.2 Wirtschaftlicher Nutzen für KMU

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind für das Forschungsinstitut für Maschinen- und Verpackungstechnik und die Verpackungsprüfstelle der VLB Berlin von hohem Nutzen. Sie erweitern das Expertenwissen des Institutes und ergänzen die Angebotspalette bei den Dienstleistungen und der Beratung von KMU Brauereien im Bereich Nassetikettierung.

Der stetigen Verbesserung der Flaschenausstattung, zu der letztlich auch die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens beitragen, kommt vor dem Hintergrund der ständig zunehmenden Bestrebungen zur Diversifikation, eine hohe Bedeutung zu. Das Etikett eines Produktes stellt die Visitenkarte des Unternehmens dar. Die faltenfreie, perfekt sitzende Flaschenausstattung unterstreicht den hohen Qualitätsanspruch an das Getränk und ist die Voraussetzung für die erfolgreiche Besetzung von Marktnischen durch die vorwiegend mittelständisch geprägte Getränkeindustrie. Aus diesem Grund und aus den angeregten Diskussionen bei den Vorträgen zum Thema Faltenbildung ist zu erwarten, dass die mittelständischen Unternehmen der Getränkeindustrie die angestrebten Forschungsergebnisse aufnehmen und in ihren weiteren Planungen zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit berücksichtigen und verarbeiten werden.

Für KMU Betriebe von Bedeutung ist vor allem die in den Forschungsergebnissen beschriebene Möglichkeit auf akute Probleme mit Faltebildung zu reagieren, da sie kostspielige Produktionsstopps und Neuetikettierungen durch inakzeptable Produkt-

ausstattung vorbeugt. Zudem wird, durch den in den Ergebnissen aufgezeigten Lösungsweg, bei fortgesetzter Faltenbildung die Zeit bis zur Problembeseitigung verkürzt, wodurch weitere Kosten gesenkt oder gänzlich vermieden werden können.

5.3 Innovativer Beitrag der Ergebnisse

Die komplexen Zusammenhänge bei der Faltenbildung wurden bislang nur unzureichend untersucht und gingen nicht über die Feststellung der Vielzahl der Parameter hinaus. Die Untersuchungen in diesem Projekt haben erstmals die Ursachen der Bildung von Falten in ihrer Gesamtheit betrachtet und es wurde eine Gewichtung der Einflussgrößen vorgenommen.

Die in diesem Forschungsvorhaben gewonnenen Erkenntnisse über die genauen Vorgänge bei der Faltenbildung, sind eine wichtige Grundlage für die Formulierung der Anforderungsprofile an Etikettenpapiere und Etikettierklebstoffe, im Zusammenspiel mit den möglichen Rahmenbedingungen in Abfüllbetrieben.

Die Ergebnisse zum Einfluss der Maschinenteknik auf die Faltenbildung, die durch dieses Forschungsvorhaben erzielt wurden, liefern einen Beitrag zur Entwicklung neuer und Optimierung bestehender Etikettiermaschinen.

5.4 Industrielle Anwendungsmöglichkeiten

Realisierte industrielle Anwendung der Forschungsergebnisse

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden zum jetzigen Zeitpunkt, durch das Forschungsinstitut für Maschinen- und Verpackungstechnik und die Verpackungsprüfstelle der VLB Berlin, für die Beratung von Abfüllbetrieben im Bereich Nassetikettierung und im Rahmen der Ausbildung von Diplom-Ingenieuren der Biotechnologie eingesetzt.

Absehbare industrielle Anwendung der Forschungsergebnisse

Weitere industrielle Anwendungen der Forschungsergebnisse werden nach den geplanten Veröffentlichungen realisiert werden.

Unter anderem in der Papiererzeugenden und -verarbeitenden Industrie, bei der Entwicklung und Optimierung ihrer Produkte und der Kundenberatung. Bei den Herstellern von Etikettiermaschinen werden die Ergebnisse in die Weiterentwicklung der Nassetikettiertechnik fließen. Die Abfüllbetriebe werden die Forschungsergebnisse bei der Nassetikettierung ihrer Produkte berücksichtigen und damit zur Qualitätsverbesserung bei der Produktpräsentation beitragen. Auch bei der Bewältigung

akuter Probleme mit Faltenbildung und der anschließenden Problembeseitigung in den Abfüllbetrieben werden die Forschungsergebnisse Beachtung finden.

6 Veröffentlichungen

6.1 Bisherige Veröffentlichungen

In den verschiedenen Stadien des Forschungsvorhabens wurde der jeweils aktuelle Forschungsstand des Projektes der interessierten Öffentlichkeit in der Bundesrepublik Deutschland und Fachleuten aus der Getränkeindustrie zugänglich gemacht. Dies geschah durch Seminare, Lehrgänge und Fachtagungen (○), über deren Inhalt zum Teil in mehreren Fachzeitschriften für die Getränkebranche berichtet wurde (•).

- 12. Flaschenkellerseminar des Lehrstuhls für Lebensmittelverpackungstechnik
06./07.12.2005; Vortrag
Titel: AiF – Forschungsprojekt: Vermeidung von Faltenbildung bei der Nassetikettierung
 - 12. Flaschenkellerseminar, Weihenstephan. In: Brauwelt Nr. 1-2 (2006), S. 26
 - Keimfrei und ordentlich etikettiert, 12. Flaschenkellerseminar in Freising-Weihenstephan. In: PackReport 1-2/2006, S. 14
 - Eine Stetige Dynamik, Flaschenkeller-Seminar in Freising. In: Getränke! 1/2006, S. 22

- 45. Fachlehrgang Verband Deutscher Mineralbrunnen e. V.
11.12.2006; Vortrag
Titel: Faltenbildung bei der Nassetikettierung

- Fachtagung Etikettierung in der Getränkeindustrie
13.12.2006; Vortrag
Titel: Faltenbildung bei der Nassetikettierung
 - Von No Label Look bis zur Stanzbarkeit, Fachtagung Etikettierung in der Getränkeindustrie. In: Getränkeindustrie 2/2007, S. 20
 - Outfit für Getränke, Bericht von der VLB-Fachtagung über Ausstattungsmöglichkeiten. In: Getränke! 2/2007, S. 22
 - Etiketten im Mittelpunkt, VLB-Fachtagung. In: Brauwelt Nr. 11 (2007), S. 281

- 94. Brau- und Maschinentechnische Arbeitstagung der VLB
13.03.2007; Vortrag

Titel: Neue Aspekte in der Etikettiertechnik

- Trends bei der Getränkeabfüllung und Reinigung, VLB-Frühjahrstagung. In: Brauerei Forum 4/2007, S. 12
- Innovationen im Flaschenkeller, VLB-Frühjahrstagung 2007 in Bad Kreuznach. In: Getränke! 2/2007, S. 12
- Getränkeabfüllung – gar nicht so einfach, 94, Brau- und Maschinentechnische VLB-Tagung, Bad Kreuznach. In: Brauwelt Nr. 12-13 (2007), S. 302

- Kompetenzforum Getränkebehälter

03.05.2007; Vortrag

Titel: Faltenbildung bei der Nassetikettierung

- 31. EBC Congress

06.-10.05.2007; Poster

Titel: New Aspect In Labelling Technology

Des Weiteren wurde der Projektbegleitende Ausschuss in zwei Treffen über den aktuellen Stand des Forschungsvorhabens informiert.

6.2 Geplante Veröffentlichungen

Innerhalb von sechs Monaten nach Ende des Bewilligungszeitraumes ist die aktive Bekanntmachung der Ergebnisse des Forschungsvorhabens, gemäß den Vorgaben der AiF zur „Veröffentlichung der Forschungsergebnisse“, in folgender Form vorgesehen:

- Kurzinformation im Internet:

Auf der Homepage der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V. wird auf die Verfügbarkeit des Schlussberichts für die interessierte Öffentlichkeit in der Bundesrepublik Deutschland hingewiesen werden.

- Kurzinformation in einer Fachzeitschrift:

In der Fachzeitschrift „Brauerei Forum“ (VLB Verlag) wird auf die Verfügbarkeit des Schlussberichts für die interessierte Öffentlichkeit in der Bundesrepublik Deutschland hingewiesen werden.

- Internet:

Der Schlussbericht wird auf der Homepage der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V. zum Download bereitgestellt.

Weitere Veröffentlichungen der Ergebnisse sind auch sechs Monate nach Ende des Bewilligungszeitraums in folgender Form geplant:

○ Klassische Form:

- Es ist eine mehrteilige Publikation der Ergebnisse in einer in der Brau- und Getränkeindustrie bekannten Fachzeitschrift geplant. Ein Erscheinungstermin steht noch nicht fest.
- Es ist eine Publikation in der Fachzeitschrift „Brauerei Forum“ (VLB Verlag) geplant. Ein Erscheinungstermin steht noch nicht fest.

○ Dissertation:

Die Forschungsergebnisse werden 2008, im Rahmen einer Dissertation mit dem vorläufigen Titel „Faltenbildung bei der Nassetikettierung von Getränkeflaschen aus Glas“, veröffentlicht werden.

Des Weiteren werden die Forschungsergebnisse in den VLB eigenen Fachgremien, in denen regelmäßig die Arbeitsergebnisse mit Experten der Industrie und des Handels diskutiert werden, Verbreitung finden. Darüber hinaus werden die Forschungsergebnisse bei den nächsten, von der VLB Berlin veranstalteten Tagungen, der interessierten Öffentlichkeit in der Bundesrepublik Deutschland zugänglich gemacht.

Bei jeder der geplanten Veröffentlichungen wird darauf hingewiesen werden, dass das Forschungsvorhaben (FV-Nr. 14207 N) aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) gefördert wurde.

7 Literaturhinweise

- 1 Bückle, J.; Leykamm, D.: Handbuch der Etikettiertechnik Grundlagen und Praxis erfolgreicher Produktausstattung, 6. Auflage, KRONES 2001
- 2 <http://www.toepfer.de/mic.htm>; reviewed 06/2007
- 3 <http://de.wikipedia.org/wiki/Papier#Laufriichtung> reviewed 08/2007

8 Abkürzungsverzeichnis und Symbole

∅	Durchschnitt
BP _x -M _y -P _y -L _y -D _z	BP = Basispapier x = 1 bis 6
	M = Metallisierung y = 1 = ja y = 0 = nein
	P = Prägung y = 1 = ja y = 0 = nein
	L = Lackierung y = 1 = ja y = 0 = nein
	D = Dekor z = a bis e
BxMy	Brauerei x Marke y
bzw.	beziehungsweise
CTU	Coating Thickness Unit
Fl/h	Flaschen pro Stunde
FLR	Faserlaufrichtung
g	Gramm
h	Stunde
HG-	Hochgeschwindigkeits-
K	Kelvin
k. A.	Keine Angaben
m	Masse
n	Messumfang; Anzahl der Einzelmessungen
NBL	Nassbruchlast
rF	relative Luftfeuchtigkeit
s	Sekunde
s	Standardabweichung
STLB	Spezielle Technische Liefer- und Bezugsbedingungen
T	Temperatur
TBL	Trockenbruchlast
vgl.	vergleiche
\bar{x}	Mittelwert

9 Anhang

9.1 Einzelmesswerte – Gleichgewichtszustand im Etikettenstapel

9.1.1 B1

Marke	Relative Luftfeuchtigkeit in %					Länge des Etikettenstapels in cm
	Links außen	Mitte links	Mitte	Mitte rechts	Rechts außen	
B1M1	46	48	42	52	46	24
B1M2	56	55	55	57	57	24
B1M3	50	54	54	54	53	24
	Mittelwert	52				
	s	4,6				

Marke	Temperatur in °C					Länge des Etikettenstapels in cm
	Links außen	Mitte links	Mitte	Mitte rechts	Rechts außen	
B1M1	21,7	21,7	21,8	21,7	21,9	24
B1M2	21,7	21,8	21,9	22,2	22,2	24
B1M3	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	24
	Mittelwert	22				
	s	0,2				

9.1.2 B2

Marke	Relative Luftfeuchtigkeit in %					Länge des Etikettenstapels in cm
	Links außen	Mitte links	Mitte	Mitte rechts	Rechts außen	
B2 M1	48		47		40	7
B2 M2	50		50		50	8
	Mittelwert	47				
	s	3,8				

Marke	Temperatur in °C					Länge des Etikettenstapels in cm
	Links außen	Mitte links	Mitte	Mitte rechts	Rechts außen	
B2 M1	21,6		21,7		21,8	7
B2 M2	21,2		21,3		21,3	8
	Mittelwert	21,5				
	s	0,25				

9.1.3 B3

Marke	Relative Luftfeuchtigkeit in %					Länge des Etikettenstapels in cm
	Links außen	Mitte links	Mitte	Mitte rechts	Rechts außen	
B3 M1	52	51	50	50	51	25
B3 M2	54	54	54	54	55	26
	Mittelwert	53				
	s	1,8				

Marke	Temperatur in °C					Länge des Etikettenstapels in cm
	Links außen	Mitte links	Mitte	Mitte rechts	Rechts außen	
B3 M1	19,2	19	18,9	18,9	18,9	25
B3 M2	19,1	19,2	19,3	19,3	19,4	26
	Mittelwert	19,1				
	s	0,19				

9.2 Einzelmesswerte – Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche

9.2.1 B1M1

Ort der Probenahme:	Massentransport, direkt vor der Vereinzlung, etwa 10 m vor der Ausstattungsmaschine (vor dem Luftmesser)
---------------------	--

Probennummer	m (Tüte)	m (Fl. feucht + Tüte)	m (Fl. Trocken)	m (Feuchtigkeit)
1	10,18 g	893,10 g	882,52 g	0,40 g
2	10,14 g	895,24 g	884,56 g	0,54 g
3	10,46 g	894,22 g	883,14 g	0,62 g
4	10,46 g	904,66 g	893,78 g	0,42 g
5	10,33 g	899,42 g	888,70 g	0,39 g
6	10,15 g	903,02 g	892,52 g	0,35 g
7	10,11 g	901,22 g	890,74 g	0,37 g
8	10,45 g	904,60 g	893,74 g	0,41 g
9	10,22 g	902,76 g	892,12 g	0,42 g
10	10,17 g	891,14 g	880,40 g	0,57 g
11	10,19 g	894,76 g	884,08 g	0,49 g
			Mittelwert	0,45 g
			s	0,089

9.2.2 B1M3

Ort der Probenahme:	Einzeltransport, etwa 3 m vor der Ausstattungsmaschine (nach dem Luftmesser)
---------------------	--

Probennummer	m (Tüte)	m (Fl. feucht + Tüte)	m (Fl. Trocken)	m (Feuchtigkeit)
1	10,27 g	882,66 g	871,94 g	0,45 g
2	10,28 g	899,64 g	888,88 g	0,48 g
3	10,22 g	884,14 g	873,40 g	0,52 g
4	10,14 g	883,44 g	872,82 g	0,48 g
5	10,25 g	886,36 g	875,58 g	0,53 g
6	10,25 g	888,22 g	877,42 g	0,55 g
7	10,39 g	889,62 g	878,78 g	0,45 g
8	10,31 g	887,50 g	876,66 g	0,53 g
9	10,40 g	897,14 g	886,20 g	0,54 g
10	10,29 g	882,48 g	871,74 g	0,45 g
			Mittelwert	0,50 g
			s	0,039

9.2.3 B2M1

Ort der Probenahme:	Einzeltransport, etwa 6 m vor der Ausstattungsmaschine (nach dem Luftmesser)
---------------------	--

Probennummer	m (Tüte)	m (Fl. feucht + Tüte)	m (Fl. Trocken)	m (Feuchtigkeit)
1	12,45 g	905,54 g	892,86 g	(0,23 g)
2	12,31 g	884,20 g	871,18 g	0,71 g
3	12,30 g	894,28 g	881,34 g	0,64 g
4	12,35 g	898,36 g	885,30 g	0,71 g
5	12,46 g	901,26 g	888,10 g	0,70 g
6	10,72 g	902,70 g	891,36 g	0,62 g
7	10,77 g	901,18 g	889,84 g	0,57 g
8	10,84 g	898,00 g	886,54 g	0,62 g
9	10,79 g	894,40 g	883,12 g	0,49 g
10	10,87 g	919,28 g	907,88 g	0,53 g
			Mittelwert	0,62 g
			s	0,080

9.2.4 B2M2

Ort der Probenahme:	Einzeltransport, etwa 6 m vor der Ausstattungsmaschine (nach dem Luftmesser)
---------------------	--

Probennummer	m (Tüte)	m (Fl. feucht + Tüte)	m (Fl. Trocken)	m (Feuchtigkeit)
1	12,28 g	893,82 g	881,10 g	0,44 g
2	12,15 g	910,84 g	898,00 g	0,69 g
3	12,08 g	907,18 g	894,56 g	0,54 g
4	12,10 g	893,90 g	881,66 g	(0,14 g)
5	12,14 g	904,16 g	891,32 g	0,70 g
6	12,12 g	902,62 g	889,82 g	0,68 g
7	12,15 g	904,30 g	891,60 g	0,55 g
8	12,12 g	900,08 g	887,46 g	0,50 g
9	12,20 g	900,56 g	888,18 g	(0,18 g)
10	12,11 g	872,46 g	859,70 g	0,65 g
			Mittelwert	0,59 g
			s	0,098

9.2.5 B3M1

Ort der Probenahme:	Einzeltransport, etwa 3 m vor der Ausstattungsmaschine (nach dem Luftmesser)
---------------------	--

Probennummer	m (Tüte)	m (Fl. feucht + Tüte)	m (Fl. Trocken)	m (Feuchtigkeit)
1	12,45 g	945,20 g	932,56 g	0,19 g
2	12,31 g	895,90 g	883,34 g	0,25 g
3	12,29 g	933,28 g	920,70 g	0,29 g
4	12,35 g	932,40 g	919,82 g	0,23 g
5	12,45 g	925,06 g	912,46 g	0,15 g
6	10,71 g	928,10 g	917,26 g	0,13 g
7	10,77 g	921,72 g	910,84 g	0,11 g
8	10,84 g	920,32 g	909,36 g	0,12 g
9	10,69 g	905,28 g	894,42 g	0,17 g
10	10,87 g	926,00 g	915,02 g	0,11 g
			Mittelwert	0,17 g
			s	0,064

9.3 Einzelmesswerte – Charakteristische Eigenschaften der Etiketten

9.3.1 B1M1

TBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (trocken quer zur FLR) in mm	TBL (in FLR) in N	Dehnung (trocken in FLR) in mm
39,5	2,5	46,0	0,3
39,5	1,3	64,0	0,3
38,0	1,5	43,5	0,2
36,0	1,8	54,5	0,2
43,5	1,8	56,5	0,3
34,0	1,4	54,9	0,5
$\bar{x} = 38,4$	$\bar{x} = 1,7$	$\bar{x} = 53,2$	$\bar{x} = 0,3$
$s = 3,28$	$s = 0,44$	$s = 7,46$	$s = 0,11$
NBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (nass quer zur FLR) in mm	NBL (in FLR) in N	Dehnung (nass in FLR) in mm
14,9	1,8	14,3	0,8
16,5	2,0	19,0	0,8
15,0	1,9	21,0	0,5
15,9	1,8	19,5	0,8
15,5	1,8	20,7	0,5
$\bar{x} = 15,6$	$\bar{x} = 1,9$	$\bar{x} = 18,9$	$\bar{x} = 0,7$
$s = 0,66$	$s = 0,10$	$s = 2,72$	$s = 0,15$
W_A Cobb ₆₀ in g/m ²	Glätte nach Bekk in s		
17,5	77		
16,8	76		
17,3	74		
17,6	77		
20,3	78		
$\bar{x} = 17,9$	$\bar{x} = 76$		
$s = 1,37$	$s = 1,5$		

9.3.2 B1M2

TBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (trocken quer zur FLR) in mm	TBL (in FLR) in N	Dehnung (trocken in FLR) in mm
38,0	1,5	54,0	0,5
35,0	1,5	56,5	0,4
34,8	1,8	53,5	0,5
42,0	1,7	49,5	0,5
43,5	1,5	49,3	0,4
$\bar{x} = 38,7$	$\bar{x} = 1,6$	$\bar{x} = 52,6$	$\bar{x} = 0,5$
$s = 3,99$	$s = 0,14$	$s = 3,11$	$s = 0,05$
NBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (nass quer zur FLR) in mm	NBL (in FLR) in N	Dehnung (nass in FLR) in mm
15,8	2,0	22,0	0,8
12,8	2,5	19,5	0,5
18,0	2,2	24,8	0,8
17,0	2,1	21,5	0,8
15,5	2,0	23,3	0,8
$\bar{x} = 15,8$	$\bar{x} = 2,2$	$\bar{x} = 22,2$	$\bar{x} = 0,7$
$s = 1,98$	$s = 0,21$	$s = 1,96$	$s = 0,11$
W_A Cobb ₆₀ in g/m ²	Glätte nach Bekk in s		
19,4	48		
20,3	44		
20,4	45		
19,3	41		
18,9	41		
$\bar{x} = 19,7$	$\bar{x} = 44$		
$s = 0,68$	$s = 3,0$		

9.3.3 B1M3

TBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (trocken quer zur FLR) in mm	TBL (in FLR) in N	Dehnung (trocken in FLR) in mm
40,5	0,8	48,5	0,4
41,5	1,3	52,8	0,4
40,3	1,2	44,0	0,3
44,8	1,2	57,0	0,3
42,0	1,1	53,5	0,3
$\bar{x} = 41,8$	$\bar{x} = 1,1$	$\bar{x} = 51,2$	$\bar{x} = 0,34$
$s = 1,80$	$s = 0,20$	$s = 5,01$	$s = 0,05$
NBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (nass quer zur FLR) in mm	NBL (in FLR) in N	Dehnung (nass in FLR) in mm
10,5	3,2	14,0	1,2
14,0	1,3	16,8	0,8
13,3	1,8	15,0	0,8
13,5	2,2	16,0	0,9
15,5	1,9	14,3	1,3
$\bar{x} = 13,4$	$\bar{x} = 2,1$	$\bar{x} = 15,2$	$\bar{x} = 1,0$
$s = 1,82$	$s = 0,72$	$s = 1,16$	$s = 0,24$
W_A Cobb ₆₀ in g/m ²	Glätte nach Bekk in s		
19,5	58		
18,8	58		
19,2	57		
21,2	58		
18,3	57		
$\bar{x} = 19,4$	$\bar{x} = 58$		
$s = 1,08$	$s = 0,6$		

9.3.4 B2M1

TBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (trocken quer zur FLR) in mm	TBL (in FLR) in N	Dehnung (trocken in FLR) in mm
30,8	1,5	49,0	0,8
33,0	1,8	59,0	0,5
32,8	1,5	47,0	0,4
32,5	1,5	58,0	0,5
34,8	1,4	46,0	0,4
$\bar{x} = 32,8$	$\bar{x} = 1,5$	$\bar{x} = 51,8$	$\bar{x} = 0,5$
$s = 1,43$	$s = 0,13$	$s = 6,22$	$s = 0,14$
NBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (nass quer zur FLR) in mm	NBL (in FLR) in N	Dehnung (nass in FLR) in mm
12,0	2,1	21,0	0,8
11,0	1,8	23,5	0,8
11,3	2,0	23,5	1,4
10,5	2,0	23,3	1,0
13,5	2,0	23,5	1,4
$\bar{x} = 11,2$	$\bar{x} = 2,0$	$\bar{x} = 22,8$	$\bar{x} = 1,0$
$s = 1,17$	$s = 0,11$	$s = 1,10$	$s = 0,30$
W_A Cobb ₆₀ in g/m ²	Glätte nach Bekk in s		
17,6	49		
20,7	45		
19,8	48		
20,6	45		
19,6	47		
$\bar{x} = 19,7$	$\bar{x} = 47$		
$s = 1,22$	$s = 1,8$		

9.3.6 B3M1

TBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (trocken quer zur FLR) in mm	TBL (in FLR) in N	Dehnung (trocken in FLR) in mm
28,5	1,7	54,0	0,8
36,5	1,5	58,0	0,5
36,0	1,2	51,0	0,3
39,0	1,5	57,0	0,5
37,5	1,8	52,0	0,5
$\bar{x} = 35,0$	$\bar{x} = 1,5$	$\bar{x} = 55,0$	$\bar{x} = 0,5$
$s = 4,08$	$s = 0,22$	$s = 3,05$	$s = 0,18$
NBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (nass quer zur FLR) in mm	NBL (in FLR) in N	Dehnung (nass in FLR) in mm
14,0	1,8	21,0	1,0
12,5	2,3	21,0	0,8
9,5	2,0	19,0	0,8
15,3	1,5	19,8	0,8
19,0	1,5	17,0	1,2
$\bar{x} = 12,8$	$\bar{x} = 1,9$	$\bar{x} = 20,2$	$\bar{x} = 0,8$
$s = 3,50$	$s = 0,33$	$s = 1,66$	$s = 0,19$
$W_A \text{ Cobb}_{60}$ in g/m ²	Glätte nach Bekk in s		
16,4	53		
15,2	55		
16,2	56		
18,6	52		
16,2	53		
$\bar{x} = 16,6$	$\bar{x} = 54$		
$s = 1,26$	$s = 1,6$		

9.3.7 B3M2

TBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (trocken quer zur FLR) in mm	TBL (in FLR) in N	Dehnung (trocken in FLR) in mm
40,0	1,0	55,0	1,5
38,5	1,2	51,0	0,3
45,0	1,5	58,0	0,5
42,5	1,3	52,0	0,8
38,5	1,5	61,0	0,7
$\bar{x} = 41,5$	$\bar{x} = 1,2$	$\bar{x} = 54,0$	$\bar{x} = 0,8$
$s = 2,82$	$s = 0,21$	$s = 4,16$	$s = 0,46$
NBL (quer zur FLR) in N	Dehnung (nass quer zur FLR) in mm	NBL (in FLR) in N	Dehnung (nass in FLR) in mm
14,0	2,5	19,0	0,8
15,0	1,8	17,3	0,8
14,5	1,8	20,0	0,8
14,8	1,5	17,0	0,8
16,0	1,5	21,0	0,8
$\bar{x} = 14,6$	$\bar{x} = 1,9$	$\bar{x} = 18,3$	$\bar{x} = 0,8$
$s = 0,74$	$s = 0,41$	$s = 1,73$	$s = 0,02$
W_A Cobb ₆₀ in g/m ²	Glätte nach Bekk in s		
11,1	60		
12,2	64		
13,4	58		
24,0	60		
11,6	64		
$\bar{x} = 15,2$	$\bar{x} = 61$		
$s = 5,42$	$s = 2,7$		

9.4 Einzelmesswerte – Ovalität der Flaschen

90°	45°	Blase = 0°	315°	270°
69,1 mm	68,7 mm	68,3 mm	68,8 mm	69,0 mm
68,6 mm	68,9 mm	68,8 mm	67,3 mm	68,5 mm
68,6 mm	69,0 mm	68,2 mm	68,0 mm	68,7 mm
69,0 mm	68,3 mm	67,9 mm	68,7 mm	69,0 mm

9.5 Zuordnung der Beleimungspaletten zu den Probeflaschen

9.5.1 B1M1

	Signalflasche	Flasche 1	Flasche 2	Flasche 3	Flasche 4	Flasche 5
Lauf 1	5	4	1	2	3	5
Lauf 2	1	2	3	5	4	1
Lauf 3	1	2	3	5	4	1
Lauf 4	3	5	4	1	2	3
Lauf 5	5	4	1	2	3	5
Lauf 6	4	1	2	3	5	4
Lauf 7	2	3	5	4	1	2
Lauf 8	1	2	3	5	4	1
Lauf 9	2	3	5	4	1	2
Lauf 10	5	4	1	2	3	5
Lauf 11	3	5	4	1	2	3
Lauf 12	3	5	4	1	2	3
Lauf 13	3	5	4	1	2	3
Lauf 14	4	1	2	3	5	4
Lauf 15	2	3	5	4	1	2
Lauf 16	2	3	5	4	1	2
Lauf 17	1	2	3	5	4	1
Lauf 18	5	4	1	2	3	5
Lauf 19	2	3	5	4	1	2
Lauf 20	4	1	2	3	5	4

9.5.2 B1M3

	Signal- flasche	Flasche 1	Flasche 2	Flasche 3	Flasche 4	Flasche 5	Flasche 6	Flasche 7	Flasche 8
Lauf 1	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Lauf 2	1	2	3	4	5	6	7	8	1
Lauf 3	3	4	5	6	7	8	1	2	3
Lauf 4	1	2	3	4	5	6	7	8	1
Lauf 5	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Lauf 6	4	5	6	7	8	1	2	3	4
Lauf 7	6	7	8	1	2	3	4	5	6
Lauf 8	2	3	4	5	6	7	8	1	2
Lauf 9	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Lauf 10	2	3	4	5	6	7	8	1	2
Lauf 11	2	3	4	5	6	7	8	1	2
Lauf 12	1	2	3	4	5	6	7	8	1

9.5.3 B2M1

	Signal- flasche	Flasche 1	Flasche 2	Flasche 3	Flasche 4	Flasche 5	Flasche 6	Flasche 7	Flasche 8
Lauf 1	2	4	5	6	8	3	7	1	2
Lauf 2	8	3	7	1	2	4	5	6	8
Lauf 3	4	5	6	8	3	7	1	2	4
Lauf 4	2	4	5	6	8	3	7	1	2
Lauf 5	5	6	8	3	7	1	2	4	5
Lauf 6	4	5	6	8	3	7	1	2	4
Lauf 7	7	1	2	4	5	6	8	3	7
Lauf 8	6	8	3	7	1	2	4	5	6
Lauf 9	1	2	4	5	6	8	3	7	1
Lauf 10	2	4	5	6	8	3	7	1	2
Lauf 11	7	1	2	4	5	6	8	3	7

9.5.4 B2M2

	Signal- flasche	Flasche 1	Flasche 2	Flasche 3	Flasche 4	Flasche 5	Flasche 6	Flasche 7	Flasche 8
Lauf 1	3	2	1	8	7	6	5	4	3
Lauf 2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
Lauf 3	8	7	6	5	4	3	2	1	8
Lauf 4	4	3	2	1	8	7	6	5	4
Lauf 5	2	1	8	7	6	5	4	3	2
Lauf 6	2	1	8	7	6	5	4	3	2
Lauf 7	5	4	3	2	1	8	7	6	5
Lauf 8	2	1	8	7	6	5	4	3	2
Lauf 9	5	4	3	2	1	8	7	6	5
Lauf 10	3	2	1	8	7	6	5	4	3
Lauf 11	2	1	8	7	6	5	4	3	2
Lauf 12	7	6	5	4	3	2	1	8	7
Lauf 13	1	8	7	6	5	4	3	2	1

9.5.5 B3M1

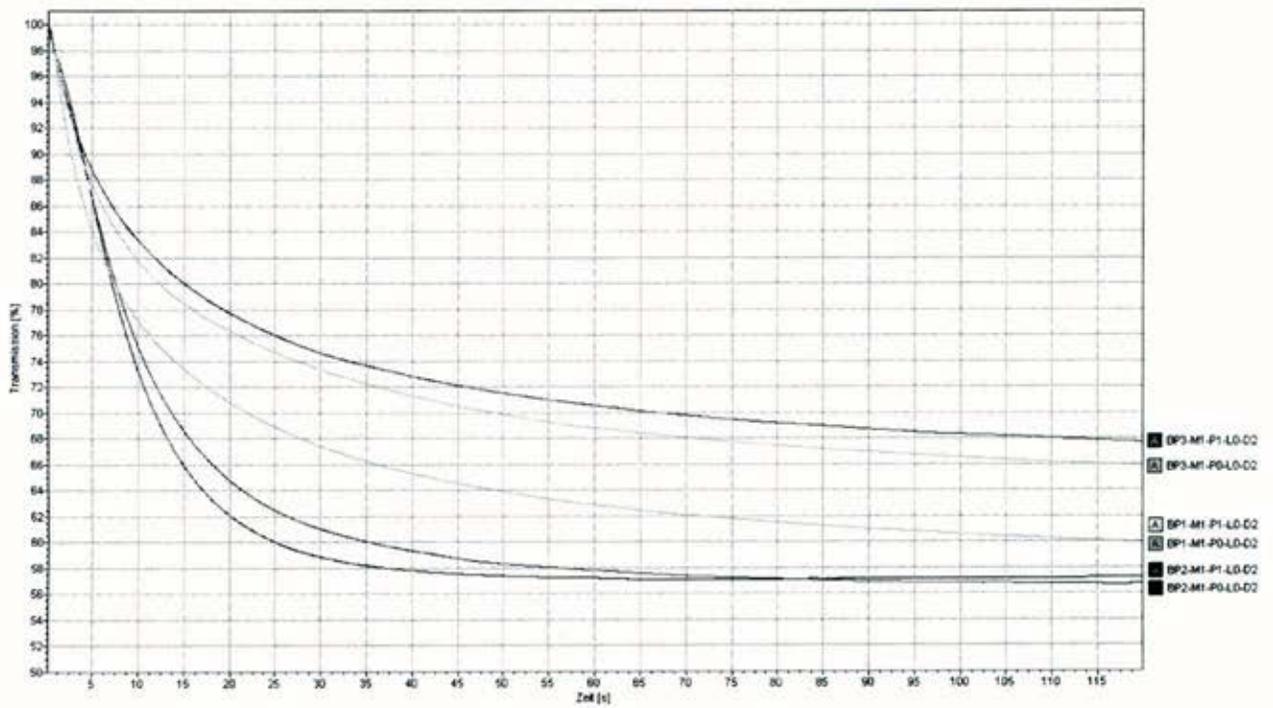
	Signal- flasche	Flasche 1	Flasche 2	Flasche 3	Flasche 4	Flasche 5	Flasche 6	Flasche 7	Flasche 8
Lauf 1	4	3	2	1	8	7	6	5	4
Lauf 2	5	4	3	2	1	8	7	6	5
Lauf 3	6	5	4	3	2	1	8	7	6
Lauf 4	2	1	8	7	6	5	4	3	2
Lauf 5	8	7	6	5	4	3	2	1	8
Lauf 6	1	8	7	6	5	4	3	2	1
Lauf 7	4	3	2	1	8	7	6	5	4
Lauf 8	4	3	2	1	8	7	6	5	4
Lauf 9	8	7	6	5	4	3	2	1	8
Lauf 10	5	4	3	2	1	8	7	6	5
Lauf 11	1	8	7	6	5	4	3	2	1
Lauf 12	1	8	7	6	5	4	3	2	1

9.6 Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche im Etikettiertechnikum

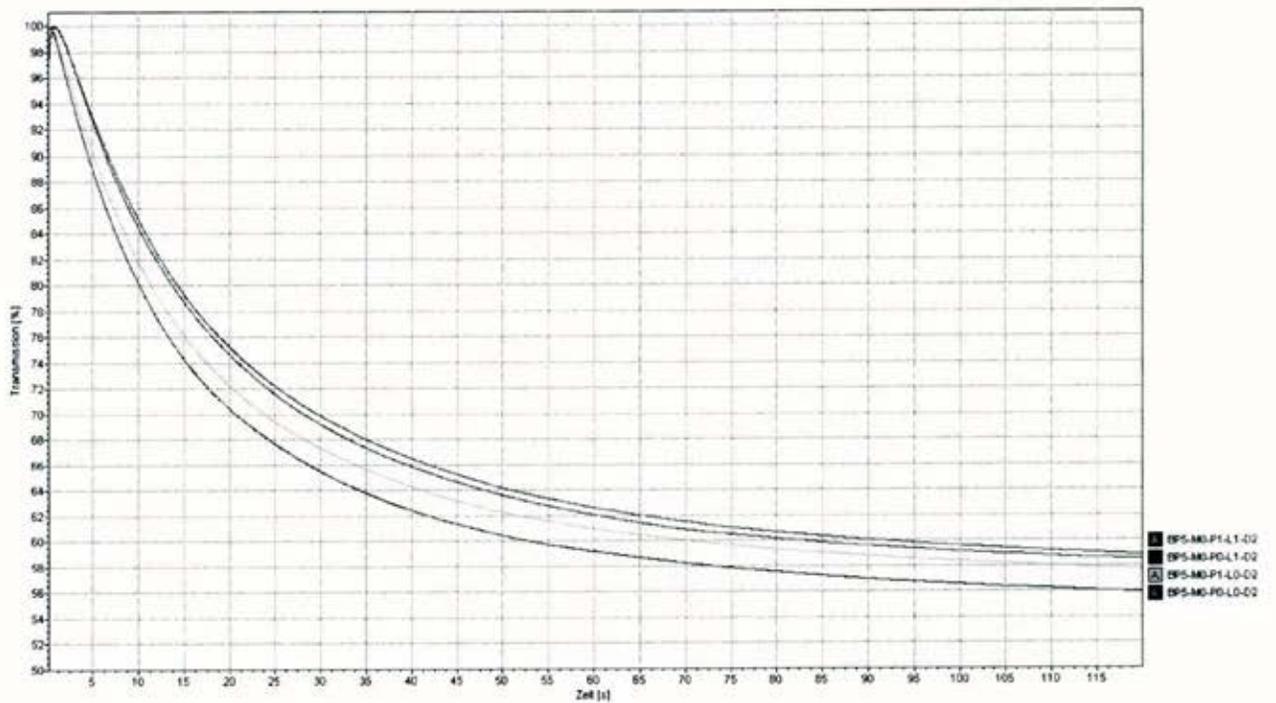
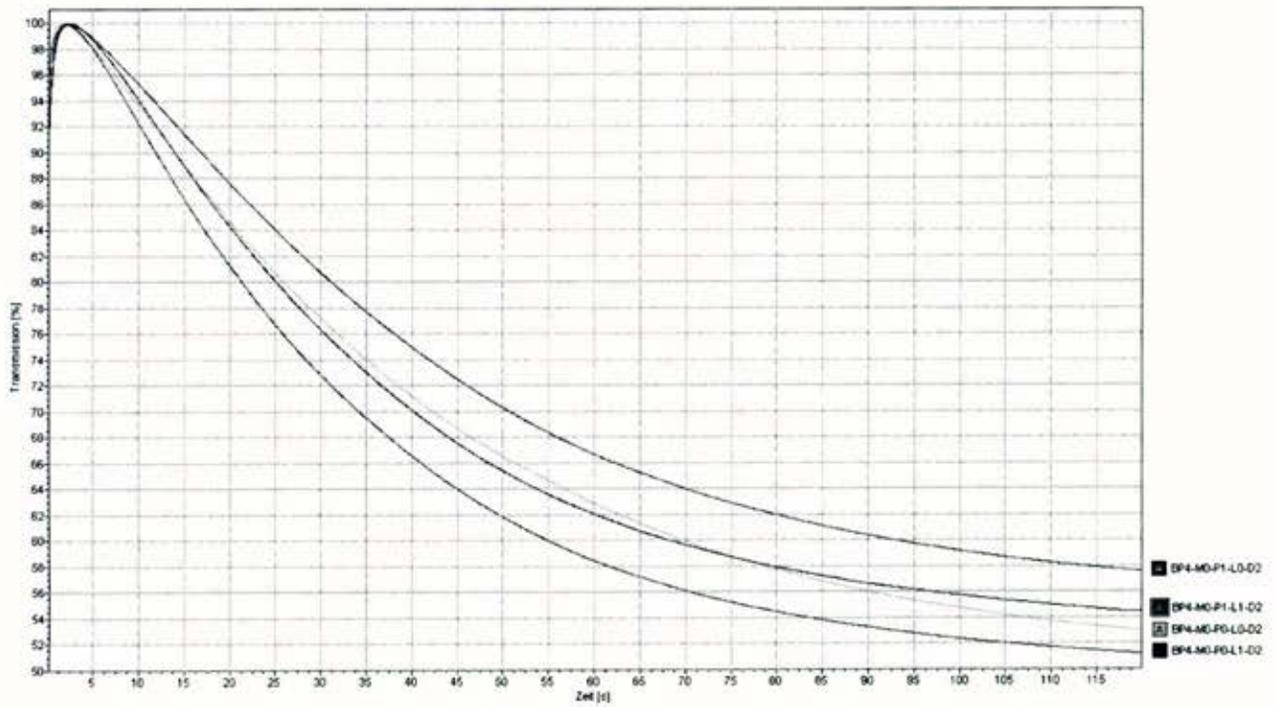
Nr.	m (Flasche feucht)	m (Flasche trocken)	m (Feuchtigkeit auf der Flaschenoberfläche)
1	377,73 g	377,66 g	0,07 g
2	377,95 g	377,75 g	0,20 g
3	377,80 g	377,49 g	0,31 g
4	376,07 g	375,85 g	0,22 g
5	377,90 g	377,67 g	0,23 g
6	375,99 g	375,81 g	0,18 g
7	377,81 g	377,61 g	0,20 g
8	374,93 g	374,68 g	0,25 g
9	377,52 g	377,23 g	0,29 g
10	376,95 g	376,90 g	0,05 g
11	376,24 g	376,00 g	0,24 g
12	378,12 g	377,94 g	0,18 g
13	377,67 g	377,57 g	0,10 g
14	376,85 g	376,65 g	0,20 g
15	378,17 g	377,95 g	0,22 g
16	376,50 g	376,30 g	0,20 g
17	376,20 g	376,04 g	0,16 g
18	377,46 g	377,30 g	0,16 g
19	376,17 g	376,07 g	0,10 g
20	377,44 g	377,31 g	0,13 g
21	375,85 g	375,73 g	0,12 g
22	376,79 g	376,67 g	0,12 g
23	374,72 g	374,64 g	0,08 g
24	374,37 g	374,29 g	0,08 g
25	373,73 g	373,61 g	0,12 g
26	374,93 g	374,85 g	0,08 g
27	374,65 g	374,56 g	0,09 g
28	377,02 g	376,89 g	0,13 g
29	375,64 g	375,54 g	0,10 g
30	376,05 g	375,99 g	0,06 g
31	376,57 g	376,49 g	0,08 g
32	374,54 g	374,44 g	0,10 g
33	---	---	---
34	376,67 g	376,62 g	0,05 g
35	374,17 g	374,08 g	0,09 g
36	376,05 g	375,99 g	0,06 g
37	375,68 g	375,63 g	0,05 g
38	374,88 g	374,87 g	0,01 g
39	374,28 g	374,25 g	0,03 g
40	374,83 g	374,79 g	0,04 g
41	376,91 g	376,85 g	0,06 g
42	374,71 g	374,68 g	0,03 g
43	376,31 g	376,29 g	0,02 g
44	373,97 g	373,95 g	0,02 g
45	374,44 g	374,38 g	0,06 g
46	374,09 g	374,03 g	0,06 g
47	375,07 g	375,02 g	0,05 g
48	376,48 g	376,44 g	0,04 g
49	376,19 g	376,18 g	0,01 g
50	376,79 g	376,76 g	0,03 g
		Mittelwert =	0,11 g
		Standardabweichung =	0,078

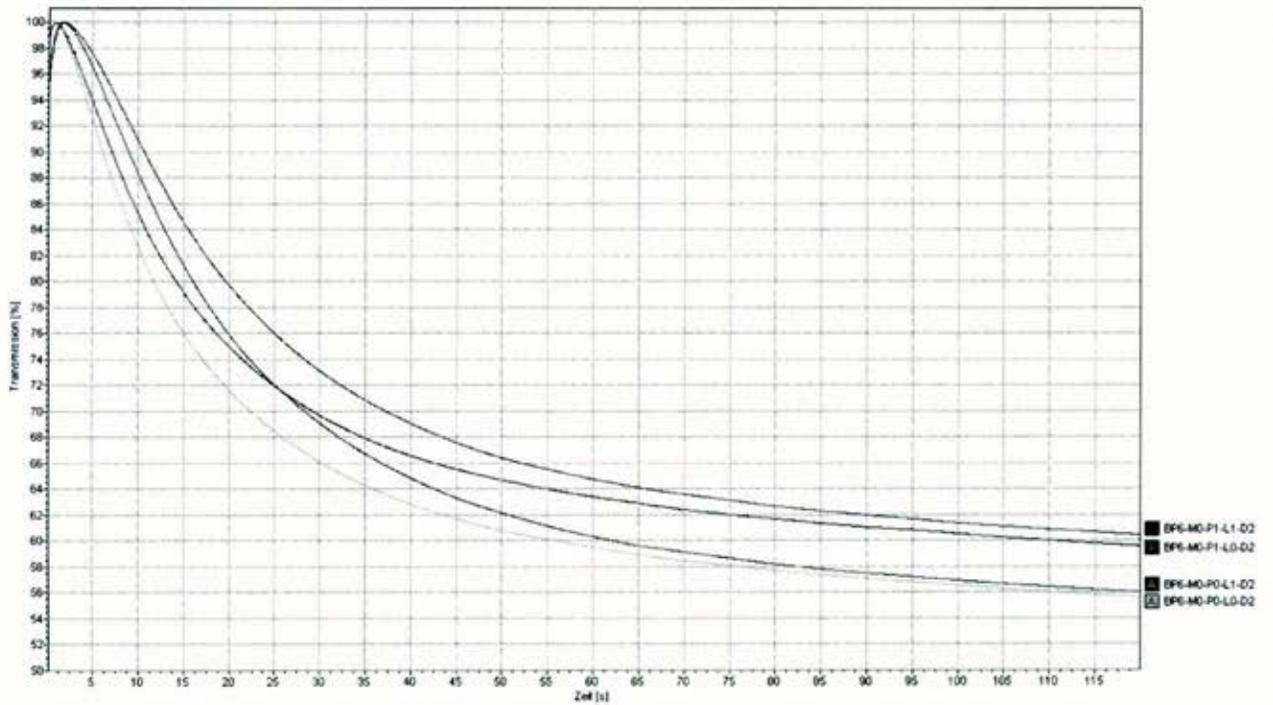
9.7 Dynamisches Penetrationsverhalten der Versuchsetiketten

9.7.1 Metallisierte Etiketten



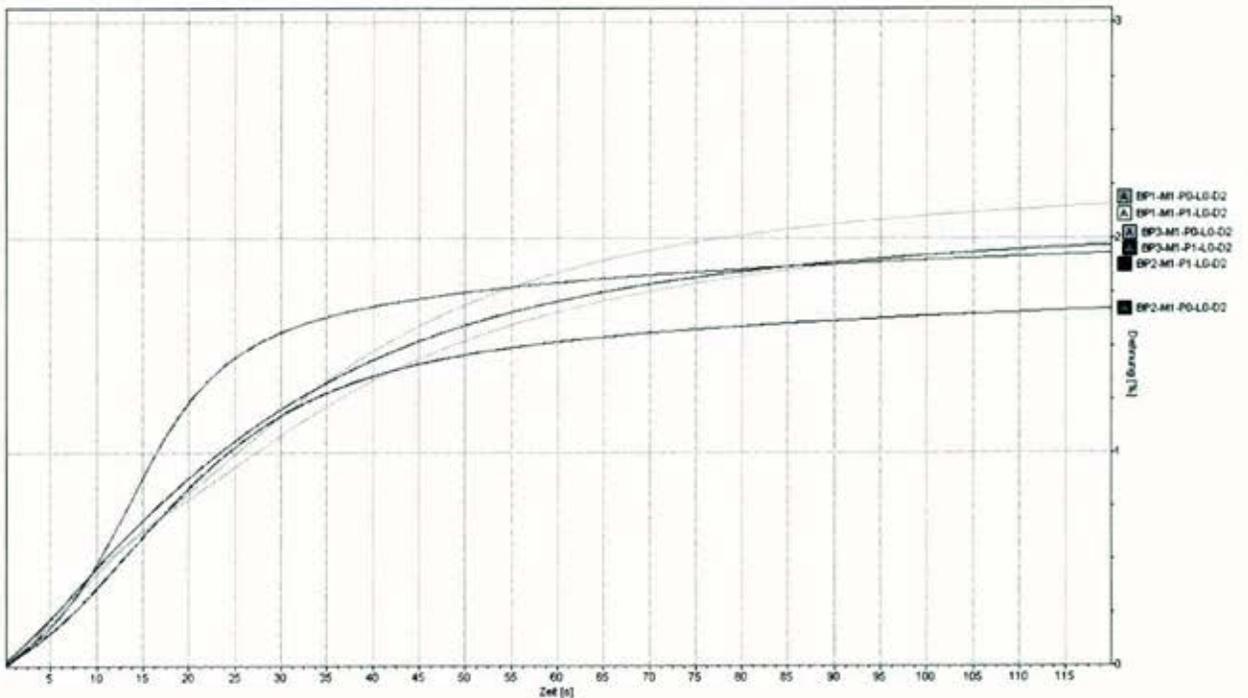
9.7.2 Nicht metallisierte Etiketten



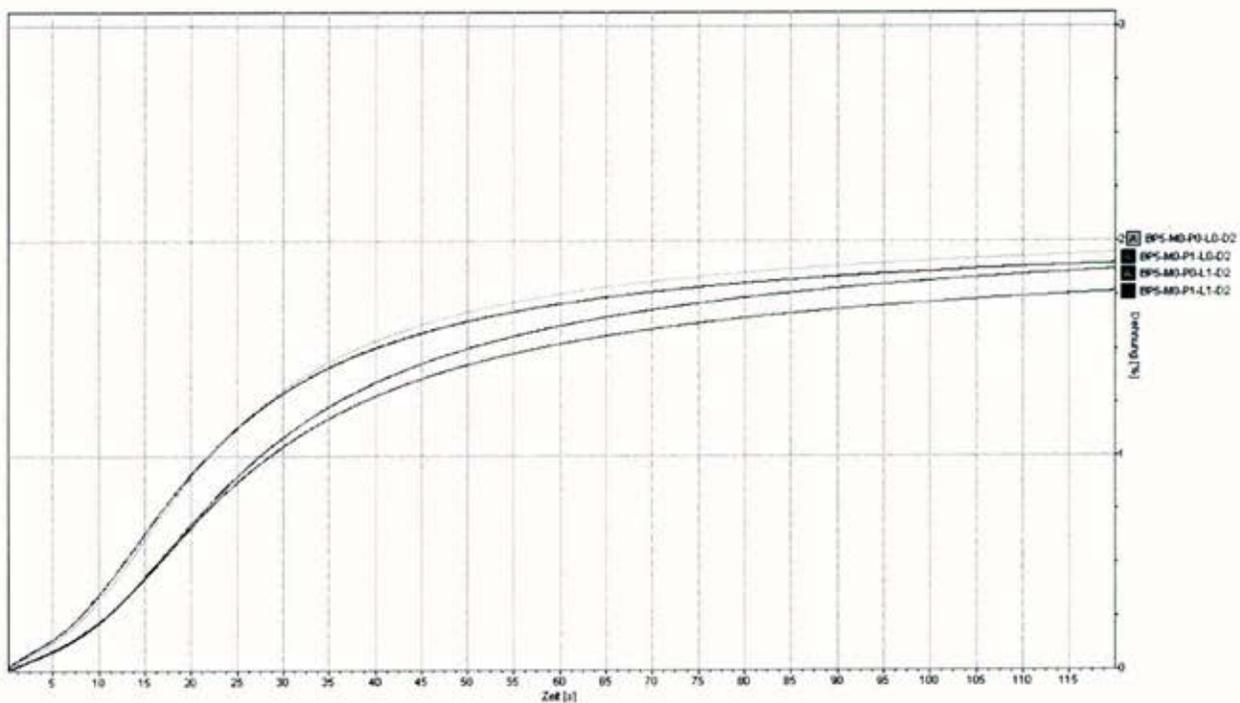
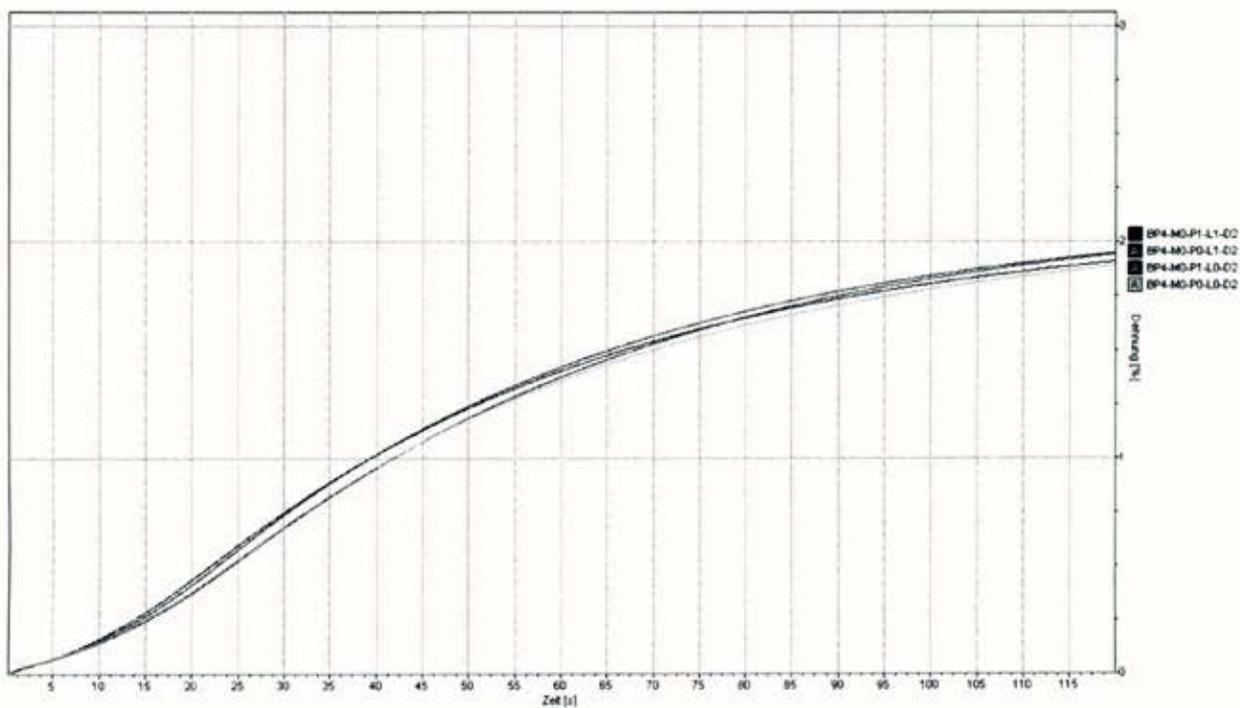


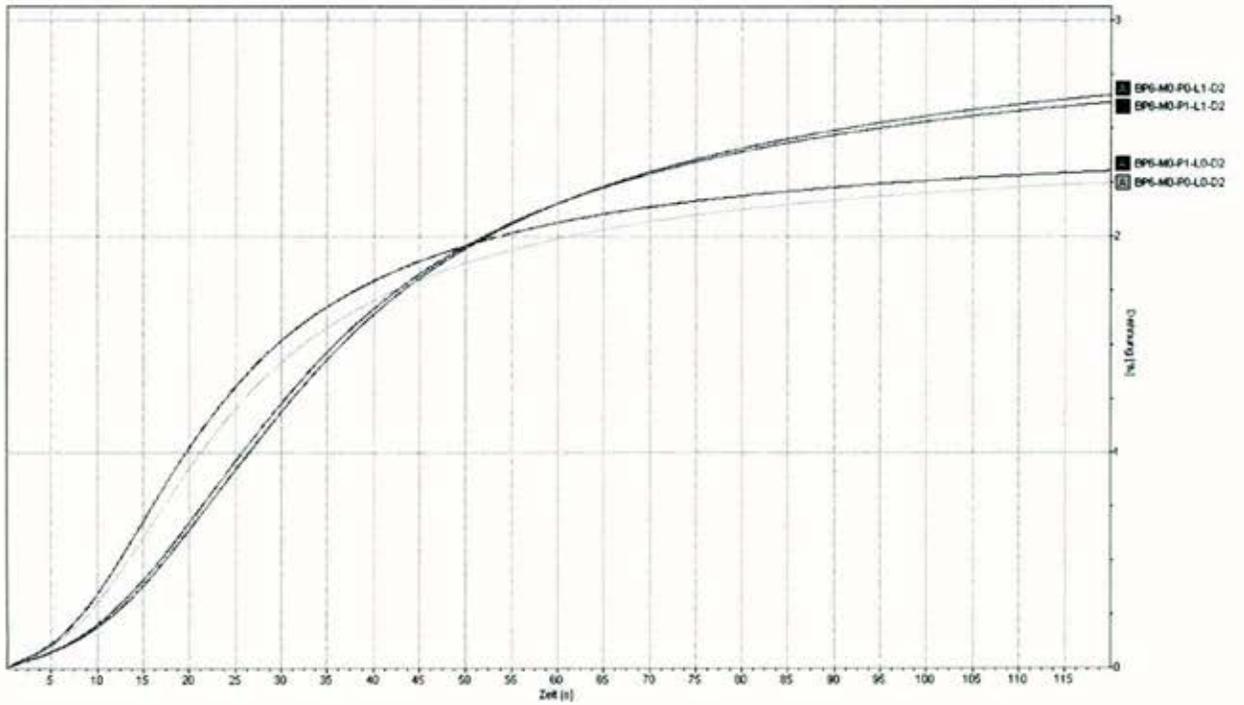
9.8 Dynamisches Nassdehnung der Versuchsetiketten

9.8.1 Metallisierte Etiketten

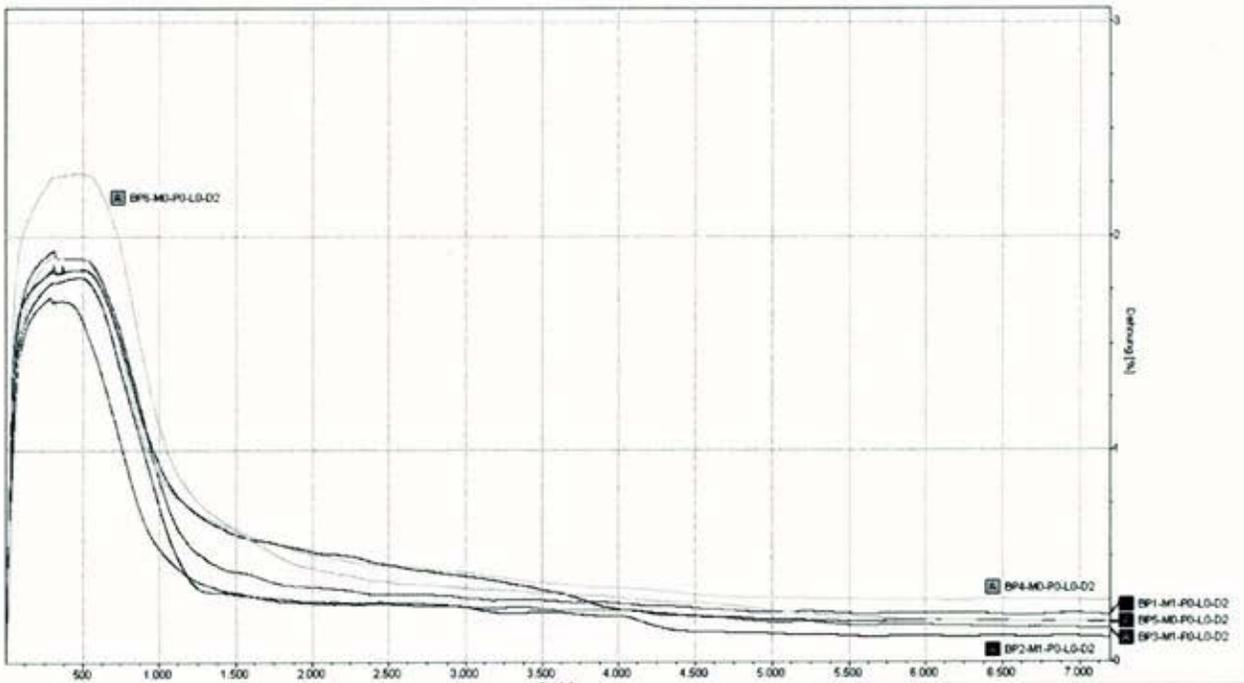


9.8.2 Nicht metallisierte Etiketten





9.9 Hysterese der Versuchsetiketten



9.10 Taupunkt von Wasser

Taupunkttemperatur t_s in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte
(aus DIN 4108 Teil 5)

Lufttemperatur °C	Taupunkttemperatur t_s in °C bei einer rel. Feuchte von					
	40%	45%	50%	55%	60%	65%
30	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7
29	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7
28	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8
27	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9
26	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9
25	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0
24	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0
23	8,7	10,4	12,0	13,5	14,7	16,1
22	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1
21	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2
20	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2
19	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3
18	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3
17	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4
16	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4
15	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5

9.11 Ergebnisse der Maschinenversuche

Ist in einem Segment keine Faltenbildung aufgetreten, so wurde auf die Angabe verzichtet.

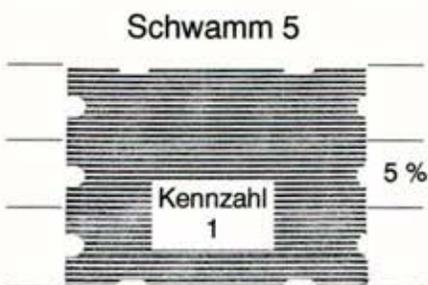
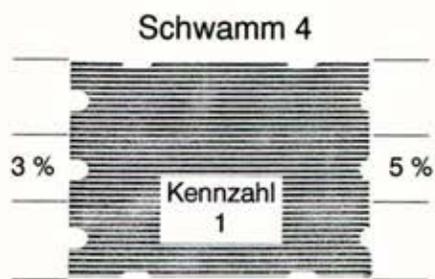
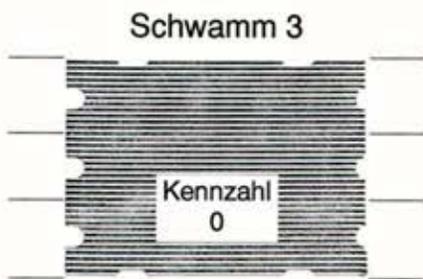
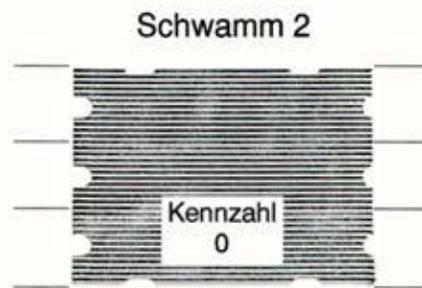
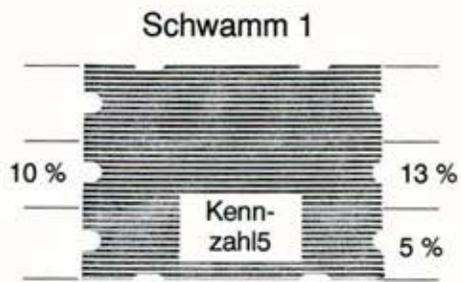
M1 – Versuchslauf 8-4



M2 – Versuchslauf 8-5

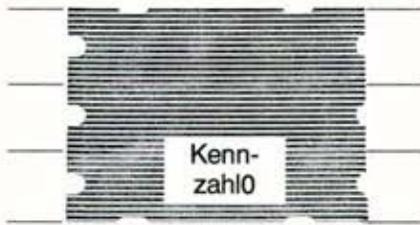


M3 – Versuchslauf 8-6

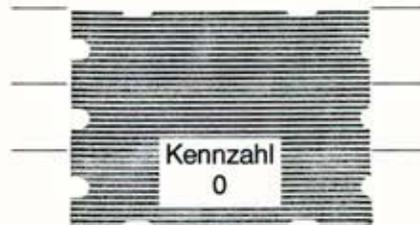


M4 – Versuchslauf 8-8

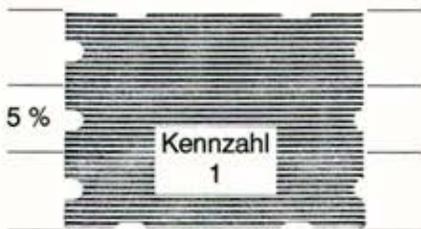
Greiferstation 1



Greiferstation 2



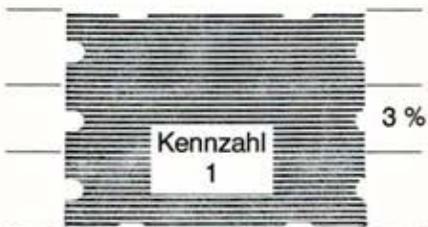
Greiferstation 3



Greiferstation 4

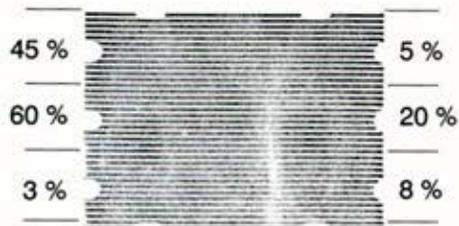


Greiferstation 5



M5 – Versuchslauf 9-1

Beleimungspalette 1



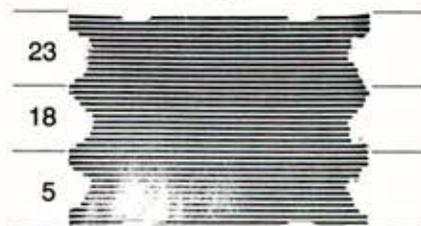
Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M6 – Versuchslauf 9-2

Beleimungspalette 1



Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M7 – Versuchslauf 9-3

Beleimungspalette 1



Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



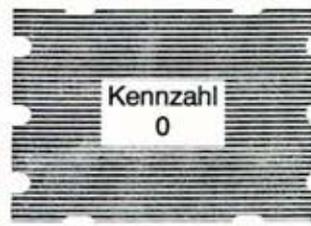
Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M8 – Versuchslauf 9-4a

Beleimungspalette 1



Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M8 – Versuchslauf 9-4b

Beleimungspalette 1



Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M9 – Versuchslauf 9-5a

Beleimungspalette 1



Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



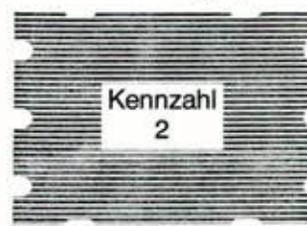
Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M9 – Versuchslauf 9-5b

Beleimungspalette 1



Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M10 – Versuchslauf 9-6

Beleimungspalette 1



Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



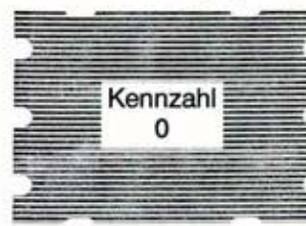
Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M11 – Versuchslauf 9-7

Beleimungspalette 1



Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



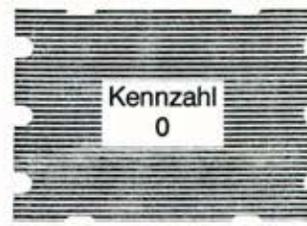
Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M12 – Versuchslauf 9-8a

Beleimungspalette 1



Beleimungspalette 2



Beleimungspalette 3



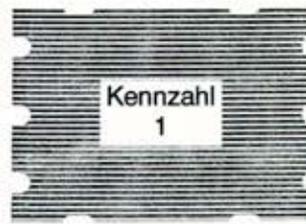
Beleimungspalette 4



Beleimungspalette 5



Ø aller Beleimungspaletten



M12 – Versuchslauf 9-8b

