

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



VLB
BERLIN

Forschungsthema:

Ablöseverhalten von Getränkeflaschen- Etiketten aus Papier

AiF-Vorhaben-Nr.:

15343 N / GAG 2

Name der Forschungsstelle(n):

Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V. /
Forschungsinstitut für Maschinen- und Verpackungstechnik
Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV

Kontakt:

Dr.-Ing. Georg Wenk, wenk@vlb-berlin.org

Bewilligungszeitraum:

1.10.2007 – 30.09.2009

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.

1. Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) – Forschungsinstitut für Maschinen und Verpackungstechnik
2. Fraunhofer-Gesellschaft e.V. – Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV

Name der Forschungsstelle(n)

15343 N / GAG 2

IGF-Vorhaben-Nr. / GAG

01.10.2007 - 30.09.2009

Bewilligungszeitraum

Schlussbericht für den Zeitraum : 01.10.2007-30.09.2009

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWi über die



geförderten IGF-Forschungsvorhaben

Normalverfahren

Fördervariante ZUTECH

Forschungsthema :

Ablöseverhalten von Getränkeflaschen-Etiketten aus Papier

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

Der fortgeschriebene Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

ist beigefügt

liegt bereits vor

wird fristgerecht nachgereicht

Freising / Berlin, 25.01.2010

Ort, Datum

Unterschrift der/des Projektleiter(s)

Danksagung

Die Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) – Forschungsinstitut für Maschinen und Verpackungstechnik (FMV) und die Fraunhofer-Gesellschaft e.V. – Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, möchten sich ganz herzlich bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) und beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) für die Bewilligung und Finanzierung des Vorhabens bedanken.

Besonders herzlich bedanken möchten wir uns für die tatkräftige Unterstützung bei
Frau Christiane Burger und Herrn Christoph Köpf, Glatfelter Gernsbach GmbH & Co KG
Herrn Jan Momsen, Krones AG
Herrn Klaus Dembski, Saint-Gobain Oberland AG
Herrn Mark Töpfer und Herrn Peter Vießmann, Töpfer Kulmbach GmbH
Herrn Matthias Pfeiffer, Türmerleim GmbH
Herrn Reiner Radke, Privatbrauerei Gaffel Becker & Co
Herrn Thilo Vaihinger, Landshuter Lackfabrik Eduard Leiss GmbH
Herrn Thomas Schmidt, Kulmbacher Brauerei Aktien-Gesellschaft und
Herrn Wilhelm Kloppert, Feldschlösschen Spezialbierbrauerei GmbH.

Ohne ihre kompetente Beratung und tatkräftige Unterstützung im projektbegleitenden Ausschuss, der Bereitstellung von Maschinendaten, Etikettenmaterial, Klebstoffen, Flaschen und der Teilnahme am Ringversuch wäre die erfolgreiche Durchführung des Projekts nicht möglich gewesen.

Das IGF-Vorhaben 15343 N, der Forschungsvereinigung Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin e.V., Seestraße 13, 13353 Berlin, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	1
Inhaltsverzeichnis.....	2
1 Zusammenfassung der Ergebnisse	5
2 Zielsetzung	6
2.1 Ausgangssituation – Probleme durch nicht abgelöste Etiketten	6
2.2 Forschungsziele.....	7
2.3 Methodischer Ansatz.....	8
3 Grundlagen.....	9
3.1 Komponenten der Nassetikettierung	9
3.1.1 Getränkeflaschenetiketten aus Papier.....	9
3.1.2 Etikettierklebstoffe	17
3.1.3 Getränkeflaschen aus Glas	21
3.2 Etikettiervorgang bei der Nassetikettierung.....	23
3.2.1 1. Arbeitsschritt: Beleimung der Beleimungspaletten.....	23
3.2.2 2. Arbeitsschritt: Entnahme der Etiketten aus dem Etikettenbehälter.....	24
3.2.3 3. Arbeitsschritt: Übergabe des Etiketts an den Greiferzylinder.....	25
3.2.4 4. Arbeitsschritt: Aufsetzen der Etiketten auf die Flaschen	27
3.2.5 5. Arbeitsschritt: Anbürsten der Etiketten.....	28
3.2.6 6. Arbeitsschritt: Abtrocknen der Flaschen.....	28
3.3 Flaschenreinigungsmaschinen.....	28
3.3.1 Vorgänge beim Ablösen von Papieretiketten.....	28
3.3.2 Bauart von Flaschenreinigungsmaschinen	29
3.4 Bestehende Analysenmethode zur Bestimmung der Ablösezeit.....	31
3.4.1 DIN 16524-6	31
3.4.2 Kritische Betrachtung der DIN 16524-6	31
4 Material und Methoden	34
4.1 Etiketten	34
4.1.1 Etiketten – Charge 1	34
4.1.2 Etiketten – Charge 2.....	36
4.2 Etikettierklebstoffe	37
4.3 Bestimmung der Ablösezeit	37
4.3.1 Arbeitspaket 2: Angepasste DIN 16524-6	37
4.3.2 Arbeitspakete 3 und 4: Arbeitsmethode	41
4.3.3 Arbeitspaket 6: Methodenentwicklung	48

4.3.4	Entwicklung eines Handbeleimungs- und Etikettierapparates.....	50
4.3.5	Arbeitspaket 6: Voruntersuchungen.....	54
4.4	Flaschenreinigungsmaschine der VLB Berlin.....	63
5	Ergebnisse	68
5.1	Arbeitspaket 1 – Aufnahme des Ist-Zustandes in Abfüllbetrieben	68
5.1.1	Zielstellung.....	68
5.1.2	Ergebnisse	68
5.1.3	Bewertung	70
5.2	Arbeitspaket 2 – Einfluss des Etikettenaufbaus	70
5.2.1	Zielstellung.....	70
5.2.2	Material und Methoden	70
5.2.3	Ergebnisse	72
5.2.4	Bewertung	77
5.3	Arbeitspaket 3 – Einfluss der Reinigungsparameter und Additive.....	78
5.3.1	Zielstellung.....	78
5.3.2	Material und Methoden	78
5.3.3	Ergebnisse	80
5.3.4	Bewertung	85
5.4	Arbeitspaket 4 – Einfluss der Etikettierklebstoffe	85
5.4.1	Zielstellung.....	85
5.4.2	Material und Methoden	86
5.4.3	Ergebnisse	88
5.4.4	Bewertung	104
5.5	Arbeitspaket 5 – Datensammlung	104
5.5.1	Zielstellung.....	104
5.5.2	Material und Methoden	104
5.5.3	Bewertung	104
5.6	Arbeitspaket 6 – Modifizierung und Erweiterung der DIN 16524-6.....	105
5.6.1	Zielstellung.....	105
5.6.2	Eignung der DIN 16524-6 zur Vorhersage des Ablöseverhaltens	105
5.6.3	Arbeitsanweisung „Modifizierte Methode“	108
5.6.4	Einfluss einer überlappenden Verklebung	114
5.6.5	Arbeitsanweisung „Erweiterte Methode“.....	118
5.6.6	Bewertung	123
5.7	Arbeitspaket 8 – Validierung	124
5.7.1	Zielstellung.....	124

5.7.2	Validierung der „modifizierten Methode“ im Ringversuch.....	124
5.7.3	Überprüfung der „erweiterten Methode“ durch Versuche	130
5.7.4	Bewertung	131
5.8	Arbeitspakete 7 und 9 – „Prozessbezogene Methode“ und Verifikation	131
5.8.1	Zielstellung.....	131
5.8.2	Material und Methoden	131
5.8.3	Ergebnisse	134
5.8.4	Bewertung	135
6	Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnissen	137
6.1	Zielsetzung	137
6.2	Ergebnisse	137
6.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	138
6.4	Wichtige Positionen im zahlenmäßigen Nachweis	139
7	Nutzen der erzielten Ergebnisse.....	140
7.1	Wissenschaftlich-technischer Nutzen für KMU	140
7.2	Wirtschaftlicher Nutzen für KMU	140
7.3	Innovativer Beitrag der Ergebnisse	141
7.4	Industrielle Anwendungsmöglichkeiten.....	141
7.5	Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse.....	142
7.6	Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der KMU	142
8	Veröffentlichungen.....	144
8.1	Bisherige Veröffentlichungen	144
8.2	Geplante Veröffentlichungen	144
9	Durchführende Forschungsstellen.....	146
10	Anhang	147
10.1	Literaturhinweise.....	147
10.2	Abkürzungen und Symbole.....	150
10.3	Abbildungsverzeichnis	151
10.4	Tabellenverzeichnis.....	153
10.5	Datensammlung.....	154

1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Mit dem IGF-Vorhaben 15343 N „Ablöseverhalten von Getränkeflaschen-Etiketten aus Papier“ sollte die Wettbewerbsfähigkeit von kleinen und mittleren Brauereien und Getränkeherstellern, durch die Ermöglichung einer marktgerechten Flaschenausstattung, verbessert werden. Gleichzeitig soll eine Verringerung der Umweltbelastung, durch Minimierung des Chemikalien- und Energieverbrauchs, erreicht werden.

Grundvoraussetzung hierfür ist, dass den Unternehmen Prüfverfahren zu Verfügung stehen, mit denen das Ablöseverhalten der bei der Etikettierung eingesetzten Packhilfsmittel während der Flaschenreinigung spezifiziert und kontrolliert werden kann. Die DIN 16524-6 [25], mit der die Ablösezeit von Etiketten bislang bestimmt wird, ist in ihrer jetzigen Form für diese Aufgabe nicht geeignet. Daher wurden in diesem IGF-Vorhaben drei neue Methoden entwickelt, mit denen das Ablöseverhalten von Papieretiketten zuverlässig beschrieben werden kann.

Mit der „modifizierten Methode“ kann die Ablösezeit von Papieretiketten für den denkbar ungünstigsten Anwendungsfall ermittelt werden. Diese Methode eignet sich daher besonders für die Spezifikation von Etiketten beziehungsweise für die Wareneingangskontrolle und soll zu einem späteren Zeitpunkt die DIN 16524-6 ersetzen.

Die „erweiterte Methode“ ergänzt die „modifizierte Methode“ um die Möglichkeit, den Einfluss der überlappenden Verklebung bei Halsringetiketten auf die Ablösezeit zu bestimmen. Dies ist mit der DIN 16524-6 ebenfalls nicht möglich.

Das zu erwartende Ablöseverhalten von Etiketten in bestehenden Flaschenreinigungsmaschinen kann mit der „prozessbezogenen Methode“ analysiert werden. Diese Methode eignet sich zur Identifikation von Optimierungspotential bei der Flaschenreinigung ebenso wie zum Abschätzen von Ablöseeigenschaften beim Wechsel einzelner Komponenten der Nassetikettierung, wie zum Beispiel der Papiersorte oder des Etikettierklebstoffs.

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen der Etiketten, der Klebstoffe und der Reinigungsparameter werden in diesem Schlussbericht ausführlich dargestellt und diskutiert, sowie in Form einer Datensammlung der Brau- und Getränkeindustrie und für deren Zulieferindustrie (Papier-, Etiketten- und Klebstoffhersteller) im Anhang dieses Berichts zur Verfügung gestellt.

Mit den hier erzielten Ergebnissen wird die Voraussetzung geschaffen, dass insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) ihre Wettbewerbsfähigkeit durch eine marktgerechte Flaschenausstattung erhalten oder sogar verbessern können.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

2 Zielsetzung

2.1 Ausgangssituation – Probleme durch nicht abgelöste Etiketten

In Deutschland werden Bier und viele alkoholfreie Getränke überwiegend in Mehrwegflaschen abgefüllt. Nach dem Konsum durch den Verbraucher gelangen die leeren Flaschen über den Handel zurück zu den Abfüllbetrieben. Vor einer erneuten Verwendung müssen die Flaschen innen wie außen gereinigt werden, um den hygienischen Anforderungen gerecht zu werden und die Flaschen neu etikettieren zu können. Das vollständige und rückstandsfreie Entfernen der für die Vermarktung wichtigen Flaschenausstattung ist hierfür unabdingbar.

Verschärft wird die Situation in jüngster Zeit dadurch, dass vermehrt Halsringetiketten für Long-Neck-Flaschen verwendet werden. Dieses Flaschen- bzw. Etikettendesign bietet den Getränkeherstellern die Möglichkeit, sich von einem Teil der Mitbewerber abzuheben und dem Kunden die Hochwertigkeit des abgefüllten Getränks zu vermitteln. An der Stelle, an der sich die Halsringetiketten überlappen, verdoppelt sich jedoch die Dicke der Etiketten. Es ist anzunehmen, dass es dadurch zu einer Verlängerung der Ablösezeit kommt. Ein weiterer Einfluss könnte sich aus der Verklebung von Papier zu Papier an der Überlappung ergeben, da die üblicherweise verwendeten Etikettierklebstoffe für die Verklebung von Papier zu Glas ausgelegt werden.

Bisherige Waschzeiten in den Flaschenreinigungsmaschinen könnten sich für diese Art der Flaschenausstattung als zu kurz erweisen. Die Folge sind nicht abgelöste Etiketten beziehungsweise eine erhöhte Verschleppung von Etiketten innerhalb der Reinigungsmaschine, was wiederum mit einer Verschlechterung des Reinigungsergebnisses einhergeht. Dies führt dazu, dass die Flaschen erneut der Reinigungsmaschine zugeführt werden müssen. Der damit verbundene, reduzierte Anlagenwirkungsgrad der Flaschenreinigungsmaschine und die reduzierte Effektivausbringung der gesamten Abfüllanlage sowie der höhere Verbrauch von Frischwasser, Lauge, Energie und Additiven durch die Flaschenreinigung und der gegebenenfalls steigende Personalaufwand, führen unmittelbar zu höheren Kosten bei der Abfüllung der Getränke. Hinzu kommt, dass ein durch Flaschenmangel bedingter Stop-and-go-Betrieb des Füllaggregates eine höhere Sauerstoffaufnahme nach sich ziehen kann und die Getränkequalität beziehungsweise die Haltbarkeit der Getränke dadurch sinkt.

Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind im Vergleich zu Braukonzernen oft nicht mit der modernsten Maschinenteknik ausgestattet. Umso mehr sind sie auf geeignetes Etikettenmaterial und Etikettierklebstoffe aus der Zulieferindustrie angewiesen. Mit der derzeit gängigen Testmethode zur Bestimmung des Ablöseverhaltens von Etiketten, der DIN 16524-6 [25], kann das Ablöseverhalten von Halsringetiketten mit überlappende Verklebung jedoch nicht vorhergesagt werden, so dass, aufgrund mangelnder Testmöglichkeiten und geeigneter Spezifikationen, in der Praxis immer wieder Probleme mit unvollständig abgelösten Etiketten auftreten. Beispiele für nicht abgelöste Halsringetiketten sind in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Nicht abgelöste Halsringetiketten auf Long-Neck-Flaschen

2.2 Forschungsziele

Mit diesem Forschungsvorhaben soll die Wettbewerbsfähigkeit von KMU-Brauereien und Getränkeherstellern, durch die Ermöglichung einer marktgerechten Flaschenausstattung, verbessert werden. Eine Grundvoraussetzung hierfür ist, dass den Unternehmen Prüfverfahren zu Verfügung stehen, mit denen das Ablöseverhalten der bei der Etikettierung eingesetzten Packhilfsmittel während der Flaschenreinigung kontrolliert werden kann. Gleichzeitig soll eine Verringerung der Umweltbelastung, durch Minimierung des Chemikalien- und Energieverbrauchs, erreicht werden.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das Forschungsvorhaben die folgenden wissenschaftlich-technischen Ziele:

- 1) Bereitstellung einer **Datensammlung** für die Brau- und Getränkeindustrie sowie für deren Zulieferindustrie (Papier-, Etiketten- und Klebstoffhersteller), die das Ablöseverhalten von Papieretiketten in Abhängigkeit der wichtigsten Einflussgrößen beschreibt.
- 2) Entwicklung einer **modifizierten und erweiterten Methode**, mit der das Ablöseverhalten von Papieretiketten in Flaschenreinigungsmaschinen, sowohl von Rumpf- und Rückenetiketten als auch von überlappenden Halsringetiketten, unter standardisierten Bedingungen reproduzierbar bestimmt werden kann.
- 3) Erweiterung der entwickelten Methode zu einer **prozessbezogenen Methode**, bei der die im Abfüllbetrieb herrschenden Bedingungen bei der Bestimmung der Ablösezeit mit berücksichtigt werden.

2.3 Methodischer Ansatz

Zu Beginn des Forschungsvorhabens wird in Arbeitspaket 1 (AP 1) eine Datensammlung über die in Abfüllbetrieben zur Flaschenreinigung eingesetzten Maschinen und Reinigungsparametern erstellt werden. Auf Grundlage dieser Informationen, wird der Einfluss der Etiketten (AP 2), der Reinigungsparameter und Additive (AP 3) sowie der Etikettierklebstoffe (AP 4) auf das Ablöseverhalten der Etiketten untersucht werden. Die Ergebnisse werden den Unternehmen in aufbereiteter Form, als Datensammlung (AP 5), zusammen mit dem Schlussbericht zur Verfügung gestellt werden. Die Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen 2 bis 4 sind der Ausgangspunkt für die Modifizierung und Erweiterung der bestehenden DIN 16524-6 (AP 6), die durch einen Ringversuch verifiziert werden soll (AP 8). In Arbeitspaket AP 7 wird diese neu entwickelte Methode in eine prozessbezogene Methode überführt und anhand von Ablöseversuchen in einer Flaschenreinigungsmaschine überprüft (AP 9).

3 Grundlagen

Das Ablöseverhalten von Getränkeflaschenetiketten aus Papier wird sowohl durch das Etikett selbst als auch durch zahlreiche weitere Faktoren beeinflusst. In dieses Kapitel werden die Besonderheiten der wesentlichen Einflussgrößen beschrieben. Dies sind die bei der Etikettierung von Mehrweg-Getränkebehältern aus Glas eingesetzten Packhilfsmittel und der Etikettiervorgang selbst, sowie wie die Reinigungsparameter der Flaschenreinigungsmaschinen.

Darüber hinaus wird die bestehende Analysenmethode zur Bestimmung der Ablösezeit einer kritischen Betrachtung unterzogen.

3.1 Komponenten der Nassetikettierung

3.1.1 Getränkeflaschenetiketten aus Papier

Getränkeflaschenetiketten aus Papier, die im Weiteren auch als Papieretiketten oder Etiketten bezeichnet werden, sind das Aushängeschild einer Getränkeflasche. Der Werkstoff Papier bietet dabei unzählige gestalterische Möglichkeiten, verlangt jedoch, dass bei der Herstellung und Verarbeitung von Papieretiketten seine besonderen Anforderungen beachtet werden, um eine spätere reibungslose Ablösung der Etiketten in einer Flaschenreinigungsmaschine zu gewährleisten.

3.1.1.1 Etikettentypen

Der Werkstoff Papier eröffnet den Marketingabteilungen zahllose Gestaltungsmöglichkeiten, die kaum Einschränkungen durch Form, Dekor oder bei der Verwendung von Spezialeffekten unterliegen. Lediglich die mechanische Verarbeitbarkeit auf einer Etikettiermaschine und die Reinigbarkeit in Flaschenreinigungsmaschinen setzen hier Grenzen. Im Bereich Etiketten für Bierflaschen dominieren überwiegend die in Abbildung 2 dargestellten Etikettentypen. Bei Bieren im Tiefpreissegment wird häufig nur ein Rumpfetikett verwendet. Bei hochpreisigen Bieren finden sich dagegen zumeist auch ein Rücken- und ein Brustetikett auf den Flaschen. Das Halsringetikett wird vor allem bei Flaschentypen eingesetzt die über einen langen, schmalen Flaschenhals verfügen. Bei diesen Flaschentypen, zu denen Ale-Flaschen und Long-Neck-Flaschen zählen, führt die Halsgeometrie dazu, dass sich Schwankungen in der Füllmenge oder der Flaschengeometrie stärker auf die Füllhöhe auswirken, als dies zum Beispiel bei NRW-Flaschen mit breitem Flaschenhals der Fall ist. Durch ein Halsringetikett können diese Unterschiede in der Füllhöhe vor dem Kunden verborgen werden [8].

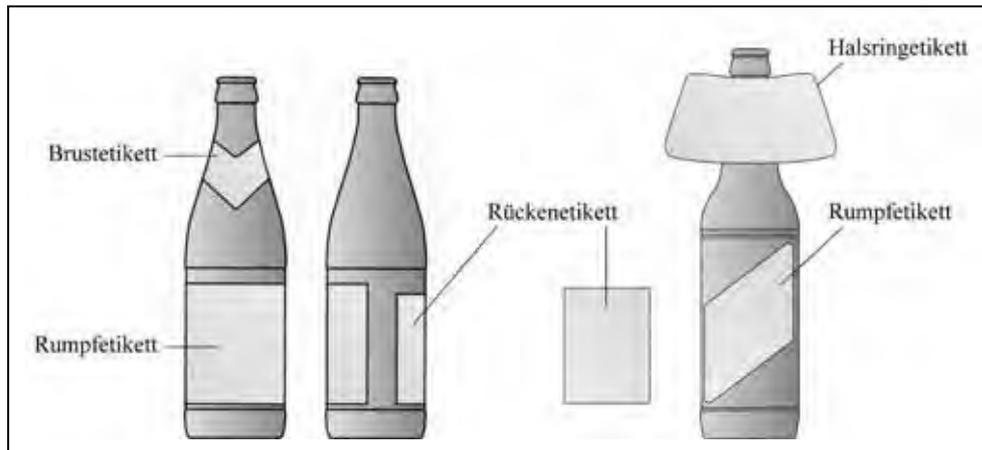


Abbildung 2: Etikettentypen für NRW-Flaschen (links) und Long-Neck-Flasche (rechts) [8]

3.1.1.2 Aufbau von Etikettenpapieren

Etikettenpapiere können aus mehreren Schichten zusammengesetzt sein (siehe Abbildung 3). Einfache Standardweißpapiere bestehen vorwiegend aus einer Schicht holzfreiem Rohpapier, das die Basis aller Etikettenpapiere bildet, und einem Vorderseitenstrich, der zum Teil auch als Papierstrich bezeichnet wird. Bei metallisierten Etiketten wird zusätzlich auf den Vorderseitenstrich ein Vorlack zur Aufnahme der Aluminiumschicht aufgebracht. Die Metallisierung wird anschließend durch einen Primer versiegelt, der letztlich die Druckfarbe aufnimmt. Bei Standardweißpapieren erfolgt der Druck unmittelbar auf den Vorderseitenstrich.

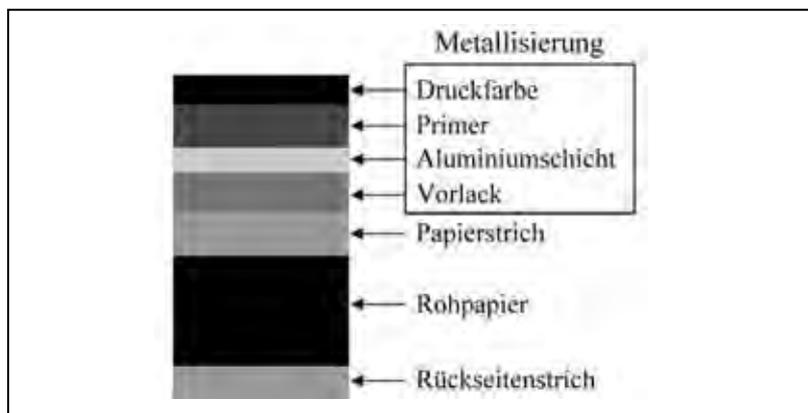


Abbildung 3: Aufbau von metallisierten Etikettenpapieren [39]

Um dieser Asymmetrie im Etikettenaufbau entgegenzuwirken und eine gute Planlage bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen zu erreichen, werden die meisten Etiketten mit einem Rückseitenstrich, der auch als Funktionsstrich bezeichnet wird, versehen (siehe Abbildung 4). Über diesen Funktionsstrich kann ebenfalls die Absorption von Wasser, die Benetzbarkeit und somit die Abbindegeschwindigkeit von Etikettierklebstoffen beeinflusst werden [8, 30, 39].

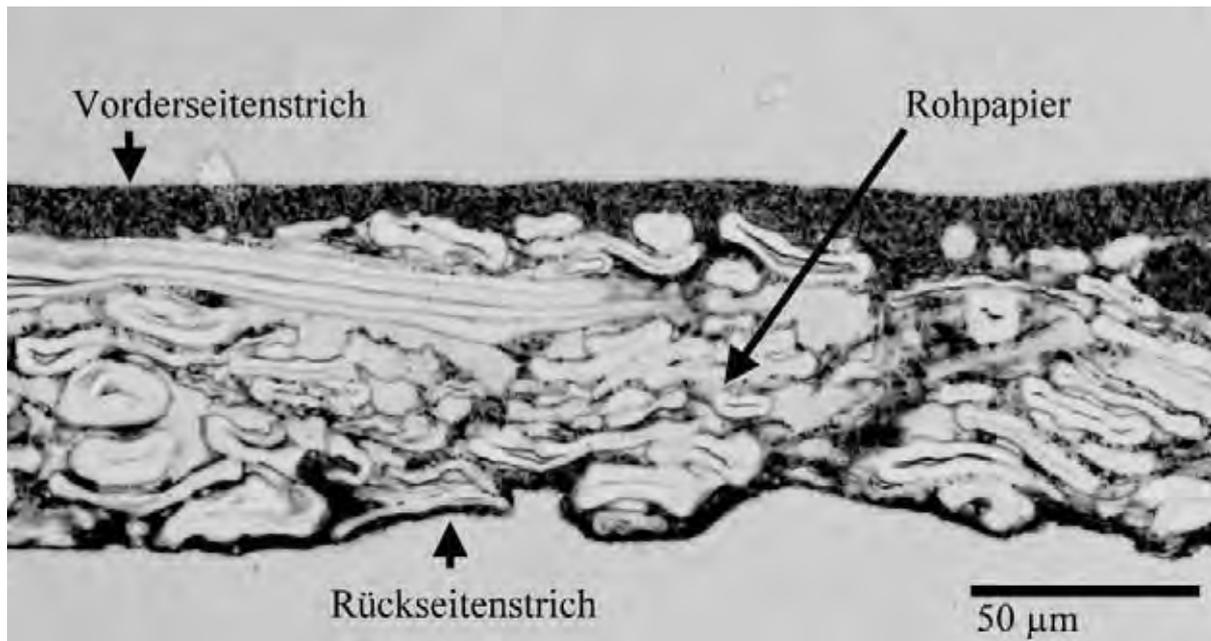


Abbildung 4: Lichtmikroskopische Aufnahme des Querschnitts eines Etikettenpapiers [11]

3.1.1.3 Papierherstellung und charakteristische Qualitätsparameter

Die Herstellung von Papier für Getränkeetiketten erfolgt zum überwiegenden Teil auf Langsieb-Papiermaschinen. Der mit Wasser vermischte Papierrohstoff (99 % Wassergehalt, 1 % Faser- und Feststoffanteil) läuft in diesen Maschinen über einen Cleaner zum Stoffauflauf, an dem die dünnflüssige Masse auf das umlaufende Langsieb gesprüht wird. Hier erfolgt die Bildung des Papiers. Nachdem der Großteil des Wassers abgeflossen beziehungsweise abgezogen wurde, wird in der Pressen- und Trockenpartie die Restfeuchtigkeit auf etwa 5 % bis 8 % reduziert. Anschließend wird das Papier geglättet, gestrichen und eventuell weiter veredelt.

Während der Papierherstellung werden die charakteristischen Eigenschaften des Etikettenpapiers festgelegt. Für die maschinelle Verarbeitbarkeit von Etikettenpapieren sind eine ausreichende Nass- und Trockenbruchkraft (Reißfestigkeit) entscheidend. Sollen die Etiketten auf Glas-Mehrwegflaschen zum Einsatz kommen, ist zusätzlich eine nassfeste Rohpapierleimung gegen das Zerfasern in der Flaschenreinigungsmaschine notwendig. Ebenso sind die Laugenfestigkeit und Laugendurchlässigkeit, bei gleichzeitig beständigem Anhaften der Druckfarben im Laugenbad, für die Mehrwegfähigkeit der Etiketten unerlässlich. Für die Druckfarbenhafung ist der Vorderseitenstrich, der dem Papier eine glatte und möglichst weiße Oberfläche verleiht, bestimmend. Der Vorderseitenstrich, der vor allem aus Kaolin, Kreide und Bindemitteln besteht, kann in einer Einfach- oder Doppelstrichausführung aufgebracht werden. Für die Vereinzelnung, die Etikettenübertragung, die Klebstoffannahme und ein glattes Anliegen bei nassen Flaschen sind der Cobb-Wert, die Glätte beziehungsweise Rauigkeit der Etikettenrückseite sowie die Rollneigung mit ausschlaggebend. Der Cobb-Wert ist ein Maß für die Wasseraufnahmefähigkeit der Etikettenrückseite. Die mechanischen Papiereigenschaften, wie zum Beispiel die Bruchlast, ergeben sich überwiegend aus den eingesetzten Faserstoffen, der flächenbezogenen Masse und der Rohpapierleimung. Über den Faseranteil wird die Wassermenge aus dem Etikettierklebstoff und von der Flaschenoberfläche aufgenommen und zeit-

verzögert mit der Trocknung der Verklebung wieder abgegeben. Die Leimung des Rohpapiers und der Cobb-Wert der Rückseite verzögern die Dehnung der Fasern.

Die Untersuchung der Etiketten erfolgt in der Regel nach den Speziellen Technischen Liefer- und Bezugsbedingungen (STLB), die zuvor zwischen dem Etikettenhersteller und dem Anwender genauer spezifiziert wurden [1, 8, 13, 23, 30].

3.1.1.4 Faserlauf von Papieretiketten und Rollneigung

Bei der Papierherstellung auf Langsieb-Papiermaschinen richten sich die Papierfasern überwiegend parallel zur Laufrichtung des schnell laufenden Langsiebes aus. Diese Ausrichtung wird in den folgenden Trocknungsschritten fixiert und bleibt auch im fertigen Papier erhalten. Die Laufrichtung ist, für eine spätere, störungsfreie Etikettierung, bei den nachfolgenden Verarbeitungsschritten durch den Veredler zwingend zu beachten, da sich Papierfasern bei Kontakt mit Feuchtigkeit in ihrer Querrichtung stärker dehnen als in Längsrichtung. Das Etikettenpapier rollt sich daher entlang seines Faserlaufs ein. Bei einem falschen Faserlauf, parallel zur Flaschenachse, in y-Richtung (siehe Koordinatensystem in Abbildung 5), ist das Etikett nicht in der Lage, sich der Flaschenform anzupassen. Die natürlichen Rückstellkräfte des Etikettenpapiers, in Form der Rollneigung, führen dazu, dass sich das Etikett von der Flasche abrollt. Die Ausprägung der Rollneigung ist abhängig vom asymmetrischen Aufbau des Etikettenpapiers und begrenzt die Grammaturn von Etiketten sowohl nach oben als auch nach unten. Bei richtiger Ausrichtung verläuft der Faserlauf quer zur Flaschenachse, in x-Richtung. Unter bestimmten Bedingungen bilden Verschlussetiketten allerdings eine Ausnahme von dieser Regel. In dem hier eingeführten Koordinatensystem steht die z-Richtung senkrecht auf der x-y-Ebene, die der Etikettenfläche entspricht [1, 16, 30, 31].

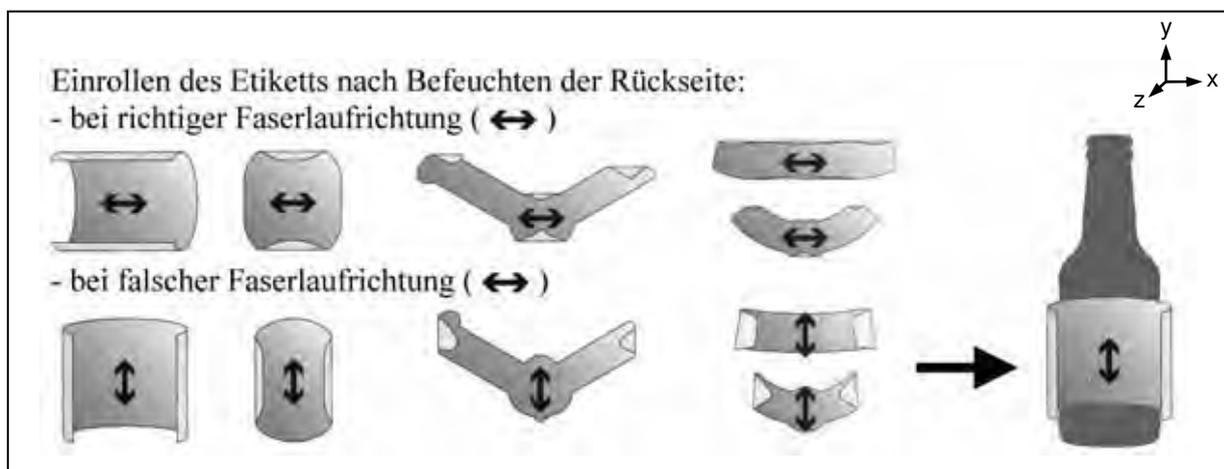


Abbildung 5: Faserlauf von Papieretiketten [8]

3.1.1.5 Dynamisches Nassdehnungs- und Penetrationsverhalten

Etiketten werden während ihrer Lagerung und Applikation Temperaturschwankungen, wechselnden klimatischen Einflüssen und einer Wiederbefeuchtung ausgesetzt. Dies führt zu Dimensionsänderungen am Papier und kann den Verarbeitungsprozess empfindlich stören oder unmöglich machen. Diese Dimensionsänderungen können als Nassdehnung beziehungsweise Trockenschrumpfung gemessen werden und sind ein Ausdruck für die komplexe Eigenschaft der Dimensionsstabilität [6, 7]. Sie werden durch Änderungen der Abmessungen innerhalb

des Papiergefüges in x-, y- und z-Richtung, infolge äußerer Einflüsse die den Feuchtigkeitsgehalt des Papiers und den Quellungszustand der Fasern und Feinstoffe ändern, ausgelöst. Die Faserstoffeinflüsse auf die Dimensionsstabilität sind die Ursache für jegliche Dimensionsänderung. Sie beruhen auf dem anisotropen Quell- und Schrumpfungsverhalten der Fasern sowie der verstärkten Quellung von mahlungsbedingt erzeugten Feinstoffen [16].

In Abbildung 6 sind die Nassdehnung und anschließende Trockenschrumpfung entlang der y-Achse, quer zum Faserlauf von zwei Etiketten A und B, gemessen mit einem emcoDDPM – Dynamisches Dehnungsmodul, dargestellt. Zu Beginn der Messung wurden beide Etiketten in ein Wasserbad getaucht und vollflächig benetzt, worauf unmittelbar die Nassdehnung einsetzt. Mit Erreichen der maximalen Nassdehnung wurden die Etiketten an der Luft getrocknet. Nach Verdunsten der an der Oberfläche anhaftenden Feuchtigkeit setzt die oben beschriebene Trockenschrumpfung ein.

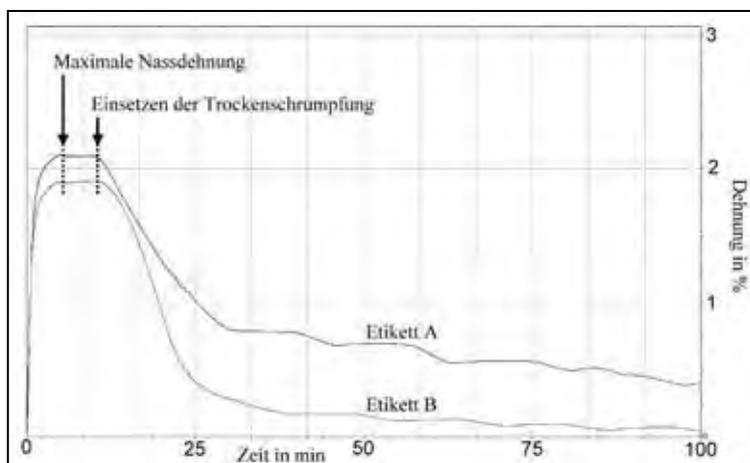


Abbildung 6: Nassdehnung und Trockenschrumpfung zweier unterschiedlicher Etiketten

Beim Eindringen von Feuchtigkeit oder Wasser in Papier werden Wasserstoffbrücken zwischen Fasern und Fibrillen gelöst und es kommt durch Einlagerung von Wassermolekülen in die Faserwand zum Quellen. Dadurch steigt der Anteil gebundenen Wassers in den Fasern und die innere Festigkeit im Fasergefüge nimmt ab [16]. Wie stark diese Effekte ausgeprägt sind wird vor allem von der Faserart und deren Zusammensetzung der Faserzellwand bestimmt [9, 32]. Für die Aufnahme von Wasser in die Faserzellwand ist der hohe Gehalt an OH-Gruppen in Hemicellulose und Cellulose verantwortlich. Sie können Wasser über Wasserstoffbrücken binden und dadurch die Zellwandstruktur aufweiten [28].

Mittels Ultraschall-Transmissionsmessung ist es möglich, für jedes Papier ein charakteristisches Penetrationsverhalten zu bestimmen [14]. In Abbildung 7 sind zwei Ultraschall-Transmissionskurven dargestellt. Etikett C zeigt in diesem Beispiel eine deutlich langsamere Abnahme der Transmission als Etikett D, das bereits nach rund 40 Sekunden mit Feuchtigkeit gesättigt ist, während Etikett C auch nach Ablauf der Messdauer von zwei Minuten immer noch Flüssigkeit aufnimmt. Daraus lässt sich schließen, dass aufgrund des Papieraufbaus das Eindringen von Feuchtigkeit in das Papiergefüge bei Etikett C langsamer abläuft als bei Etikett D.

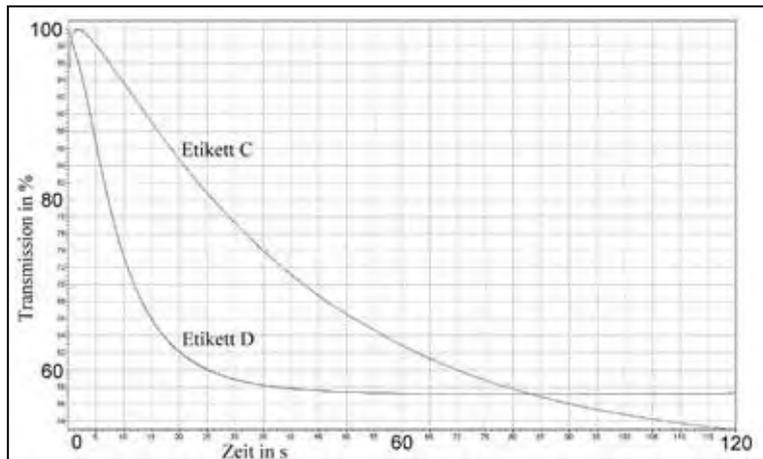


Abbildung 7: Ultraschall-Transmissionskurve zweier Etiketten

3.1.1.6 Hysterese von Papier

Wie bereits aus Abbildung 6 ersichtlich ist und in Abbildung 8 nochmals hervorgehoben wird, tritt bei der Nassdehnung und anschließender Trockenschrumpfung eine Hysterese in y-Richtung auf. In diesem Beispiel bleibt das Etikett A, im Vergleich zu seiner Ursprungslänge, um etwa 0,3 % größer.

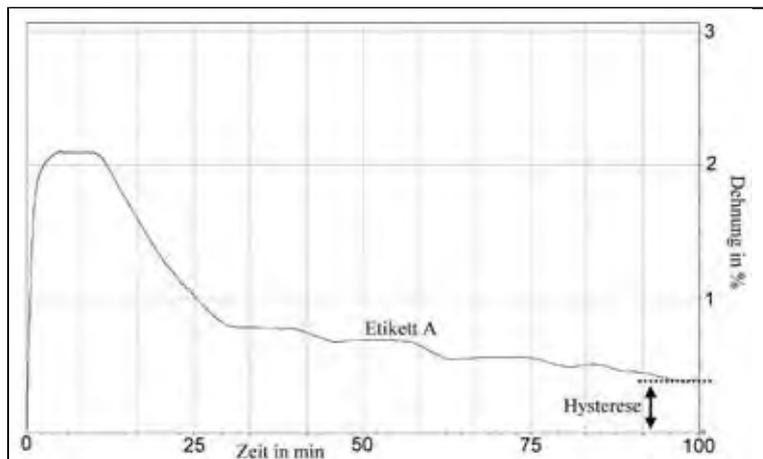


Abbildung 8: Hysterese von Papier

Ein Erklärungsansatz für das Phänomen der Hysterese ist, dass bei der Desorption des Wassers von der Faser Oberfläche eine Schrumpfung der Oberflächenstruktur eintritt, welche die weitere Desorption der in den inneren Bereichen angelagerten Wassermoleküle behindert [44].

3.1.1.7 Metallisierung und Prägung

Metallisierte Etikettenpapiere wirken optisch wie Metallfolien und bieten den Designern zusätzliche Gestaltungsmöglichkeiten. Hergestellt werden metallisierte Etiketten überwiegend durch Vakuummetallisierung, bei der eine $0,3\ \mu\text{m}$ bis $0,4\ \mu\text{m}$ starke Metallschicht aufgebracht wird. Diese führt zu einer Gewichtszunahme von etwa $0,4\ \text{g/m}^2$. Die Papiere, die hierfür Verwendung finden, sind im Allgemeinen geprägt, um die Flexibilität zu erhöhen und die Ablösezeit in der Flaschenreinigungsmaschine herabzusetzen. Durch die Prägung werden die Papierfasern gebrochen und das Papier somit zugänglicher für Feuchtigkeits- beziehungsweise

Laugenpenetration durch die Druckseite. Zudem weisen diese Basispapiere einen niedrigeren Cobb-Wert gegenüber Standardweißpapier auf, mit dem Ziel der Faltenbildung vorzubeugen [8, 30, 33].

3.1.1.8 Drucken, Stanzen und Schneiden der Etiketten

Die Etikettenpapiere werden für die Weiterverarbeitung bei den Druckereien entweder als Rollen oder in Bögen angeliefert. Beim Etikettendruck sind die drei gängigsten Druckverfahren der Tiefdruck, der Offsetdruck und der Flexodruck.

Tiefdruck

Beim Tiefdruck liegen die druckenden Partien vertieft im Druckzylinder (siehe Abbildung 9). Der rotierende, verchromte Zylinder taucht in die Farbe ein und wird an den druckfreien Stellen farbfrei abgerakelt, so dass nur die Farbe aus den Nöpfchen direkt auf die Papierbahn übertragen wird. Das Volumen der einzelnen Nöpfchen ist ausschlaggebend für den Farbauftrag auf dem Papier. Nach dem Aufdruck wird die Papierbahn durch ein Heizaggregat geführt, in dem die in der Druckfarbe enthaltenen Lösemittel auf Alkoholbasis zum Verdunsten gebracht werden. Der Tiefdruck ist durch den Druck von der Rolle, den hohen Standzeiten der Druckzylinder in Verbindung mit den hohen Fertigungskosten der Zylinder vor allem für mittlere und große Etikettenaufgaben prädestiniert.

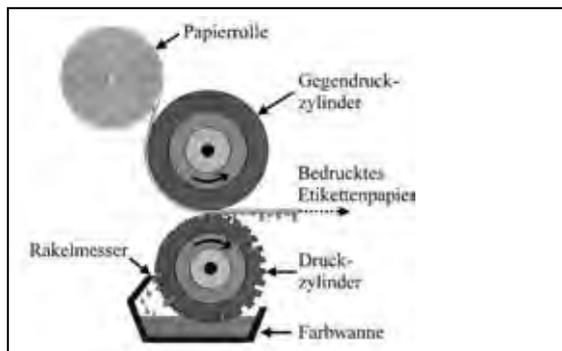


Abbildung 9: Verfahrensschema Tiefdruck [8]

Offsetdruck

Beim Offsetdruck liegen die druckenden und nicht druckenden Partien auf einer Ebene (siehe Abbildung 10). Die Druckform ist eine Metall- oder Kunststoffplatte, die mittels fotochemischer Verfahren so vorbehandelt wurde, dass die nicht druckenden Partien hydrophil sind und die Farbe abstoßen, während die druckenden Partien hydrophob sind und somit die fetthaltige Druckfarbe annehmen. Die dickviskose Farbe wird über die Farbauftragswalzen auf die zuvor befeuchtete Druckplatte übertragen. Der Offsetdruck ist ein indirektes Druckverfahren, da die Druckform das Druckbild erst auf einen Gummizylinder überträgt, bevor dieser das Papier bedruckt. Offsetfarben trocknen oxidativ unter Mitwirkung eines eingestäubten Puders, das die Papierbögen auf Abstand hält und den Kontakt mit Luftsauerstoff ermöglicht. Der Offsetdruck ist im Vergleich zum Tiefdruck, aufgrund der kürzeren Standzeiten der Druckvorlage in Verbindung mit geringeren Fertigungskosten, für kleine und mittlere Druckauflagen das wirtschaftlichere Druckverfahren.

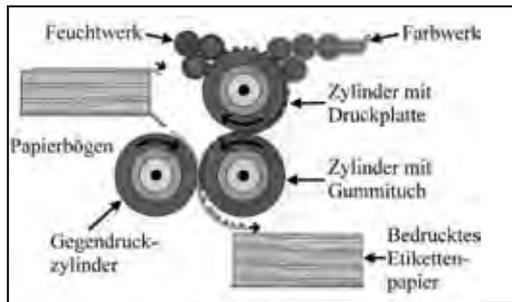


Abbildung 10: Verfahrensschema Offsetdruck [8]

Flexodruck

Mit der zunehmenden Verwendung von Kunststofffolien kommt der so genannte Flexodruck, als Hochdruckverfahren, in immer stärkerem Maße zum Einsatz. Der herkömmliche Flexodruck arbeitet mit lösemittelhaltigen Farben sowie Farben auf Wasserbasis.

Stanzen und Schneiden von Etiketten

Üblicherweise werden Etiketten mit geraden Kanten geschnitten, wohingegen Formen die einen Radius enthalten gestanzt werden. Das Schneiden kann direkt von der Rolle erfolgen, während für das Gegendruckstanzen zunächst einzelne Stapel hergestellt werden müssen. Für präzise Stanzergebnisse und hohe Standzeiten der Stanzmesser sind die Reibkraft zwischen den einzelnen Papierschichten sowie Haft-Gleit-Vorgänge die vorherrschenden Komponenten [8, 34, 35].



Abbildung 11: Stanzmaschinen für das Gegendruckstanzen [34]

3.1.1.9 Lagerbedingungen

Die physikalischen Eigenschaften von Papieretiketten hängen in hohem Maße von den klimatischen Bedingungen während der Lagerung ab. Die Lagerung sollte daher unter Bedingungen erfolgen, bei denen die Etiketten ihre Funktionalität und Verarbeitbarkeit beibehalten. Mit einem Raumklima von 18 °C bis 23 °C und 60 % bis 70 % relativer Luftfeuchtigkeit kann dies gewährleistet werden.

Werden die Etiketten zu feucht gelagert, verlieren die Papiere ihre Stabilität, die für die Verarbeitung in einer Etikettiermaschine erforderlich ist. Zudem kann es zu Schimmelbildung am Etikett und gegebenenfalls zur Oxidation der Metallisierung kommen. Bei einer zu trockenen Lagerung werden die Etikettenpapiere steif und die Reißfestigkeit nimmt ab, während die Rückstellkräfte, in Form steigender Rollneigung, zunehmen [8, 30, 31].

3.1.2 Etikettierklebstoffe

Nach der DIN 8593-8 ist der Begriff Klebstoff definiert, als ein nicht metallischer Werkstoff der Körper durch Oberflächenhaftung (Adhäsion) und innere Festigkeit (Kohäsion) verbinden kann, ohne dass sich das Gefüge der Körper wesentlich verändert [26]. In den entsprechenden STLB werden diese Werkstoffe als Etikettierklebstoffe bezeichnet [12]. In diesem Bericht wird für Etikettierklebstoff zudem die verkürzte Bezeichnung Klebstoff und Leim verwendet. Klebstoffe für die Flaschenetikettierung in der Getränkeindustrie sind komplexe Stoffsysteme, die den sehr unterschiedlichen Bedingungen in einem hoch technisierten Umfeld gerecht werden müssen. Für die sichere Funktionalität dieser Klebstoffe ist neben einer hohen Produktqualität vor allem das in der Praxis stets sehr unterschiedliche Anforderungsprofil des Abfüllbetriebes von Bedeutung [5].

3.1.2.1 Klebstoffsorten

Um den unterschiedlichen Bedingungen Rechnung zu tragen, werden von der Getränkeindustrie drei verschiedene Sorten Etikettierklebstoffe für die Etikettierung auf Glasflaschen im Mehrwegbereich eingesetzt. Die Kaseinklebstoffe sind bei der Getränkeabfüllung am weitesten verbreitet. Ebenfalls zum Einsatz kommen Synthetikklebstoffe, die zum Teil auch als Mischklebstoffe bezeichnet werden, da auch diese über einen gewissen Kaseinanteil verfügen können. Bei der Klebstoffbezeichnung gibt es jedoch keine einheitliche Nomenklatur und die Grenzen zwischen den Sorten verlaufen teilweise fließend.

Der Grund für die Dominanz der Kaseinklebstoffe bei der Etikettierung kalter und nasser Glasflaschen liegt in den Eigenschaften dieser Klebstoffe begründet. Kaseinleim zeigt gegenüber anderen Klebstoffsorten eine ausgezeichnete Nassklebekraft, aufgrund der sehr starken Viskositätsänderung, die mit einer Temperaturänderung einhergeht (vergleiche Abbildung 12, linkes Diagramm). Auch die Schwitzwasserbeständigkeit kann bei Kaseinklebstoffen gegenüber Stärkeleimen durch ein alternatives Aufschlussverfahren des Kaseins deutlich erhöht werden (Abbildung 12, rechtes Diagramm).

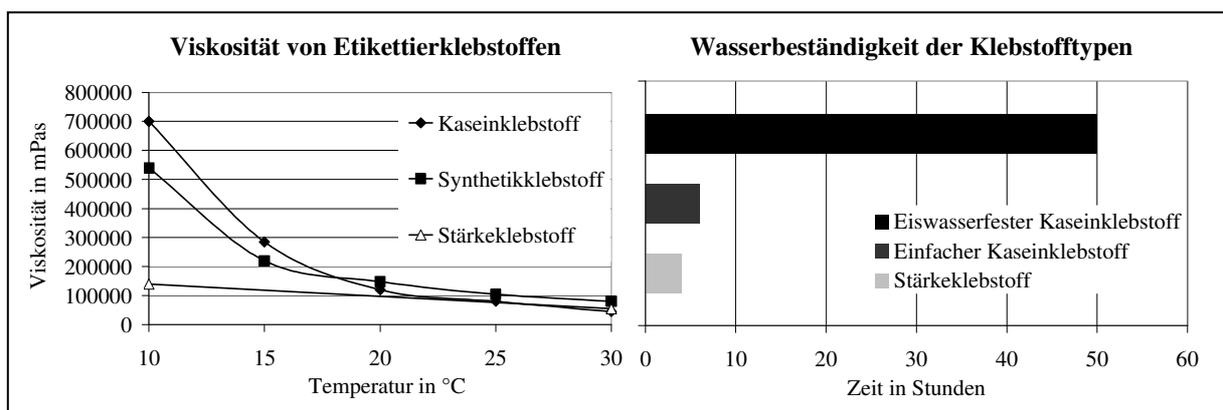


Abbildung 12: Viskosität und Wasserbeständigkeit verschiedener Klebstofftypen [29]

Kaseinklebstoffe sind wegen ihrer guten Verarbeitungseigenschaften auch auf sehr schnellen Etikettiermaschinen, bis über 80.000 Flaschen pro Stunde, einsetzbar und werden für alle Arten von Papieretiketten wie auch für die Stanniolierung von Flaschenhälsen mit Aluminiumfolien verwendet. Im Vergleich dazu sind Stärkeklebstoffe nur bis zu einer Ausbringung von

maximal 40.000 Flaschen pro Stunde einsetzbar. Sie haben zudem eine deutlich geringere Anfangshaftkraft auf nassen und kalten Flaschen und finden daher hauptsächlich bei der Warm- und Heißabfüllung ihren Einsatzschwerpunkt. In jüngerer Zeit halten auch Dispersionsklebstoffe, für die Etikettierung von PET- oder PEN-Flaschen, Einzug in den Abfüllbetrieben [5, 8, 29].

Kasein ist ein Eiweißbestandteil der Milch. Kuhmilch enthält etwa 3 % Kasein in kolloidaler, milchig opaleszierender Lösung. Zur Isolierung von Kasein wird die Milch bis auf einen Fettgehalt zwischen 0,05 % und 0,2 % entrahmt. Anschließend wird die auf 45 °C vorgewärmte Milch mit Säuren auf den pH-Wert 4,6 des isoelektrischen Punktes von Kasein eingestellt, worauf das Kasein gerinnt. Nach Trennung der festen von den flüssigen Bestandteilen (Molke) wird das Kasein verschiedenen Wasch- und Trocknungsvorgängen durch Abpressen unterzogen und schließlich bei 50 °C bis 80 °C auf einen Wassergehalt von weniger als 10 % getrocknet. Aus 1.000 kg Magermilch können auf diese Weise etwa 33 kg Kasein gewonnen werden [17, 29].

3.1.2.2 Chemisch-physikalische Vorgänge bei der Verklebung

Nach der DIN 8593-8 sind die Oberflächenhaftung (Adhäsion) und innere Festigkeit (Kohäsion) für die Beständigkeit der Verklebung verantwortlich [26]. In Abbildung 13 sind diese beiden Kräfte an ihren jeweiligen Angriffspunkten dargestellt.

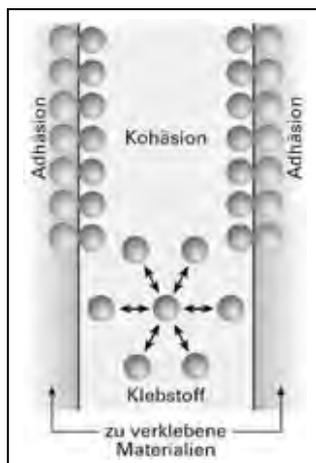


Abbildung 13: Adhäsions- und Kohäsionskräfte bei der Verklebung [37]

Adhäsion

Treten die Klebstoffmoleküle mit der benetzten Glasoberfläche in Wechselwirkung, kommt es zur Adhäsion, auch Adhäsions- oder Anhangskraft genannt. Sie beschreibt den mechanischen Zusammenhalt, der sich zwischen zwei in Kontakt tretenden kondensierten Phasen ausbildet. Die Adhäsion setzt sich aus der mechanischen Adhäsion und der spezifischen Adhäsion zusammen.

Die mechanische Adhäsion bei Etikettierklebstoffen beruht auf der Ausbildung einer Mikroverzahnung, die durch Verklammerung des ausgehärteten Klebstoffes in die mikroskopisch kleinen Vertiefungen der Glasoberfläche entsteht.

Sie wird ergänzt durch die spezifische Adhäsion, die durch zwischenmolekulare und chemische Bindungskräfte hervorgerufen wird. Der Dipolcharakter der Moleküle, nach der Polarisierungstheorie von *De Bruyne (1935)*, und die Ausbildung einer elektrischen Doppelschicht, nach der elektrostatischen Theorie von *Derjagin (1950)*, sind demnach für die Stärke der Verklebung mitentscheidend [21, 41, 42].

Kohäsion

Bei Klebstoffen bezeichnet die Kohäsion, auch Zusammenhangskraft genannt, die Kräfte, die den inneren Zusammenhalt des Klebstoffes bewirken. Die Kohäsion kommt durch die mechanische Verschlaufung langkettiger Moleküle und die chemischen Bindungen innerhalb von Molekülen zustande. Aber auch Anziehungskräfte benachbarter Atome und Moleküle sowie zwischenmolekulare Kräfte leisten einen Beitrag. Hierzu zählen unter anderem Ionenbindungen, van-der-Waals-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrückenbindungen [21, 42, 43].

Anfangshaftung und Aushärten der Etikettierklebstoffe

Eine ausgeprägte Anfangshaftung auf nassen und kalten Oberfläche ist für die Etikettierung von Bierflaschen von entscheidender Bedeutung. Diese Anfangshaftung wird über die charakteristische Erhöhung der Viskosität des Etikettierklebstoffes bei Kontakt mit der kalten Flaschenoberfläche erzielt (vgl. Abbildung 12 auf Seite 17, linkes Diagramm). Mit der Viskositätssteigerung nach dem Benetzen der Flaschenoberfläche wird die mechanische Adhäsion durch die Verfestigung der Mikroverzahnung stark erhöht. Die kalte Flaschenoberfläche wird durch die Produkttemperatur bei der Bierabfüllung bedingt, die abhängig von den Einstellungen und Gegebenheiten im Abfüllbetrieb, zwischen 5 °C und 10 °C liegen kann [22, 24, 29].

Nach der ersten Fixierung des Etiketts durch die Anfangshaftung muss der Klebstoff für eine dauerhafte Verklebung aushärten. Bei den drei oben genannten Klebstoffsorten für Glas-Mehrwegflaschen handelt es sich ausschließlich um physikalisch abbindende Nassklebstoffe, bei denen das Lösemittel Wasser aus dem Etikettierklebstoff entfernt wird [10]. Sobald der Klebstoff austrocknet erhöhen sich die Kohäsionskräfte durch die ansteigende Verschlaufung der Makromoleküle und die Zunahme chemischer Bindungen. Die reduzierten Abstände zwischen benachbarten Atomen und Molekülen führen darüber hinaus zu verstärkten zwischenmolekularen Kräften. Diese Vorgänge bewirken insgesamt die dauerhafte Fixierung des Etiketts auf der Glasoberfläche der Flasche [5].

Für die Verdunstung muss das Wasser durch das Etikettenmaterial diffundieren können. Dies bedeutet, dass neben den verwendeten Klebstofftypen, die Eigenschaften Wasseraufnahme und Wasserdurchlässigkeit des Etiketts einen entscheidenden Einfluss auf die Abbindegeschwindigkeit des Etikettierklebstoffs ausüben. Die Dynamik der Wasseraufnahme kann mittels Ultraschallmessung bestimmt werden (vgl. Abschnitt 3.1.1.5 Dynamisches Nassdehnungs- und Penetrationsverhalten auf Seite 12). Die Unterschiede in der Wasseraufnahme erklären auch die Beobachtung aus der Praxis, dass mit einem Klebstoff bei verschiedenen Etiketten unterschiedliche Trocknungsgeschwindigkeiten erzielt werden [5].

3.1.2.3 Anwendungstechnische Eigenschaften der Etikettierklebstoffe

Beim Einsatz von Kaseinklebstoff sind bestimmte anwendungstechnische Eigenschaften für eine einwandfreie Etikettierung zu berücksichtigen [8].

Klebstofftemperatur und Verbrauch

Die Viskosität der Kaseinklebstoffe zeigt eine starke Temperaturabhängigkeit. Je höher die Klebstofftemperatur, desto niedriger ist die Klebstoffviskosität (vgl. Abbildung 12 auf Seite 17, linkes Bild). Für die Verarbeitung des Klebstoffes an der Leimwalze der Etikettiermaschine ist eine gleich bleibende Viskosität im optimalen Temperaturbereich anzustreben. Dieser Temperaturbereich ist abhängig von der Klebstoffsorte und wird vom Klebstoffhersteller angegeben. Verarbeitungstemperaturen zwischen 25 °C und 32 °C sind für Kaseinleime typisch. Um eine homogene Temperaturverteilung zu erzielen, werden die Klebstoffe mit Leimpumpen im Kreislauf gefördert und gleichzeitig temperiert. In Abbildung 14 sind die Auswirkungen der Temperatur auf den Klebstoffverbrauch dargestellt. Eine zu niedrige Temperatur und die damit verbundene erhöhte Viskosität führen zu einem erhöhten Leimverbrauch, da sich der Klebstoff nicht in der gewünschten Schichtdicke auf der Leimwalze einstellen lässt. Zu hohe Leimtemperaturen mit einer niedrigeren Viskosität bewirken ebenfalls einen erhöhten Verbrauch, meist in Kombination mit unsauberer Verarbeitungseigenschaften, durch Spritzen des Klebstoffes im Palettenkarussell [5, 8].

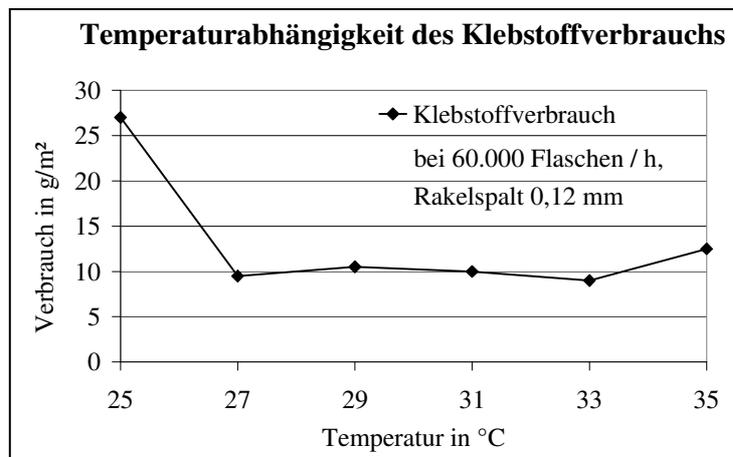


Abbildung 14: Temperaturabhängigkeit des Klebstoffverbrauchs [5]

Rheologische Eigenschaften von Kaseinklebstoffen

Kaseinklebstoffe verändern unter Einwirkung einer Scherkraft, wie sie zwischen Rakel und Leimwalze auftritt, ihre physikalischen Eigenschaften. Unter dem Einfluss einer Scherung sinkt die Viskosität und steigt beim Wegfallen der Scherung wieder an. Somit ändert der Klebstoff je nach Maschinengeschwindigkeit seine Viskosität. Eine Grundvoraussetzung für die problemlose Verarbeitung ist daher erneut, dass der Klebstoff im ständigen Kreislauf gefördert wird, um einen relativ konstanten Scherkräfteinfluss zu sichern. Zu diesem Zweck kommen als Pumpen langsame, pneumatisch betätigte Kolbenpumpen mit Temperierung zum Einsatz [5, 8].

Klebstoffauftrag und Verbrauch

Bei Einhaltung der optimalen Verarbeitungstemperatur und kontinuierlicher Kreislaufförderung erfolgt die Einstellung des für die Anwendung erforderlichen, minimalen Klebstoffauftrages über den Rakelspalt an der Leimwalze. Eine Erhöhung der flächenbezogenen Klebstoffmasse, durch Verdopplung des Rakelspaltes, kann den Verbrauch, aufgrund der rheologischen Eigenschaften der Klebstoffe, auf das dreifache der ursprünglichen Menge erhöhen (siehe Abbildung 15). Die verwendete Klebstoffsorte hat ebenfalls einen Einfluss auf den Verbrauch [5]. Die bei der Etikettierung von Getränkeflaschen aufgebrauchte flächenbezogene Klebstoffmasse, die in diesem Bericht auch als Massenbelegung oder Klebstoffmenge bezeichnet werden, liegt zwischen 8 g/m^2 und 15 g/m^2 , kann in besonderen Einzelfällen jedoch auch deutlich darüber liegen [22].

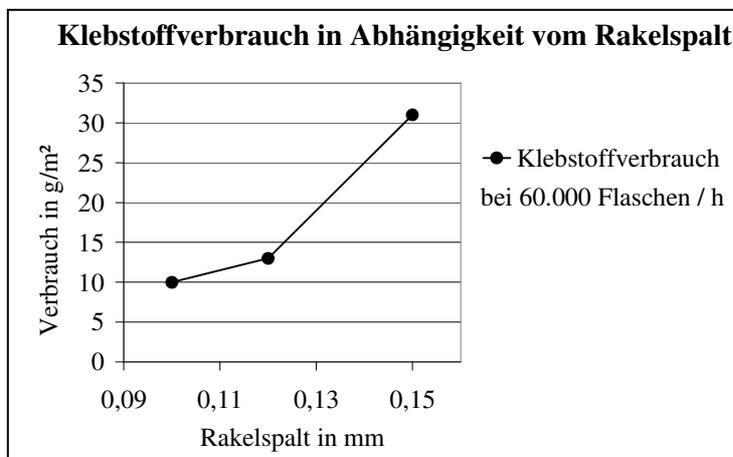


Abbildung 15: Klebstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Rakelspalt an der Leimwalze [5]

Lagerbedingungen

Die Lagerung der Etikettierklebstoffe stellt keine besonderen Anforderungen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass Nassklebstoffe nicht unter 10 °C gelagert werden, da Kaseinleime frostempfindlich sind. Die mikrobiologische Stabilität des Naturbestandteils Kasein wird durch Konservierungsstoffe gewährleistet. Die langsam fortschreitende Degeneration des Kaseins kann dadurch jedoch nicht vollständig verhindert werden, so dass bei sachgemäßer Lagerung die Haltbarkeit von Kaseinklebstoffen auf etwa sechs Monate begrenzt ist [8].

3.1.3 Getränkeflaschen aus Glas

Unabhängig davon, wie der eingesetzte Etikettierklebstoff zusammengesetzt ist, klebt er stets nur die Kontaktflächen. Die Oberflächen der jeweiligen Kontaktfläche müssen daher mit dem Etikettierklebstoff harmonieren.

Der behälterspezifische Parameter für die Klebeeigenschaft ist die Oberflächenbeschaffenheit der Glasflasche. Dazu zählt zum einen die Glätte der Klebefläche. Bei glatten Flächen kann eine lückenlose Klebefläche sehr einfach erreicht werden. Bei rauen oder grob strukturierten Oberflächen sollte die Klebstofffilmdicke mindestens der Rautiefe der Oberfläche entsprechen. Zum anderen ist die Oberflächenenergie des Materials von Bedeutung für die Verklebung. Bei Flüssigkeiten wird die Oberflächenenergie als Oberflächenspannung bezeichnet. In

der klebetechnischen Anwendung sind Oberflächen mit einer Oberflächenenergie größer 38 mN/m, die auch als hochenergetische Flächen bezeichnet werden, relativ einfach zu bekleben [2]. Beispiele für solche Flächen sind fettfreies Glas, fettfreier und polierter Stahl oder PVC-Folie. Diese Art Flächen lassen sich auch gut mit Wasser benetzen. Niedrigenergetische Flächen mit einer Oberflächenenergie kleiner 38 mN/m sind dagegen schwierig und oft nur mit speziellen Klebstoffen etikettierbar.

Zur definierten Einstellung der Oberflächeneigenschaften werden Glasflaschen noch während des Herstellungsprozesses in den Glashütten weiter behandelt. Grund hierfür ist, dass die Glasflaschen, so wie sie aus der Blasmuschine kommen, aufgrund ihrer rauen Oberfläche und der dadurch bedingten hohen Verschleiß- und Bruchanfälligkeit, den Anforderungen heutiger Abfüllgeschwindigkeiten von über 100.000 Flaschen pro Stunde nicht gewachsen sind [22]. Erst durch eine kombinierte Heiß- und Kaltendvergütung erhält die Glasflasche die erforderliche glatte Oberfläche [8].

3.1.3.1 Heißendvergütung

Die Heißendvergütung findet während der Abkühlphase der Flaschen, bei etwa 600 °C statt. Bei dieser Temperatur werden die auf der Glasoberfläche vorhandenen Mikrorisse durch die Metalloxide TiO_2 und SnO_2 oder die Metallchloride TiCl_4 und SnCl_4 verfüllt und die Glasoberfläche dadurch vor verstärkter Rissbildung im weiteren Produktionsablauf geschützt. Auf diese Weise wird die Festigkeit der Flasche erhöht. Die Schichtdicke der Heißendvergütung liegt bei 20 CTU bis 50 CTU. Ein CTU (Coating Thickness Unit) entspricht bei TiO_2 etwa 25 nm und bei SnO_2 annähernd 50 nm. Die Heißendvergütung stellt im Allgemeinen kein Problem bei der Nassetikettierung dar [4, 8, 36].

3.1.3.2 Kaltendvergütung

Nach dem weiteren Abkühlen der Flaschen werden diese für die Kaltendvergütung zwischen 80 °C und 150 °C mit einer wässrigen Dispersion aus Wachs, Sterat, Fettsäureprodukten oder Polyethylen überzogen. Diese Substanzen verleihen der Glasoberfläche ihre Glätte und Gleitfähigkeit. Die Schichtdicken der Kaltendvergütung liegen zwischen 80 CTU und 200 CTU. Die Eigenschaften der Kaltendvergütung sind bei der Wahl des Klebstoffs zu berücksichtigen, da sich durch den Auftrag der organischen Substanzen die Oberflächeneigenschaften verändern. Dasselbe trifft auch auf die Nachvergütung im Abfüllbetrieb zu, bei der die Oberfläche ebenfalls mit einem Wachs- oder Polyethylenfilm beaufschlagt wird [8]. Die Kaltendvergütungsmittel, auf denen primär die Verklebung durchgeführt wird, sind nur schwer zu verkleben. Im Extremfall der Übervergütung ist überhaupt keine Verklebung mehr möglich, so dass nach dem Trocknen des Klebstoffes die Etiketten wieder von den Flaschen abfallen [4]. Die Kaltendvergütung wird mit jeder Flaschenwaschung allmählich abgetragen, wodurch bei Glas-Mehrwegflaschen mit jedem Umlauf die Verklebung besser wird. Die schwankenden Oberflächenqualitäten erschweren jedoch die Reproduzierbarkeit von Etikettierungsergebnissen [5, 36].

3.2 Etikettiervorgang bei der Nassetikettierung

Unter dem Begriff Nassetikettiertechnik werden alle Etikettierverfahren zusammengefasst, bei denen Leime auf wässriger Basis verwendet werden. Die Etikettierung findet in der Regel nach dem Füllen und Verschließen der Flaschen statt. Die maßgeblichen Arbeitsschritte der Nassetikettierung werden in diesem Abschnitt, am Beispiel einer Rundläufer-Etikettiermaschine mit feststehendem Etikettenbehälter (siehe Abbildung 16) erläutert, da dieser Typ bei der Etikettierung von Bierflaschen und alkoholfreien Getränken am weitesten verbreitet ist [8].

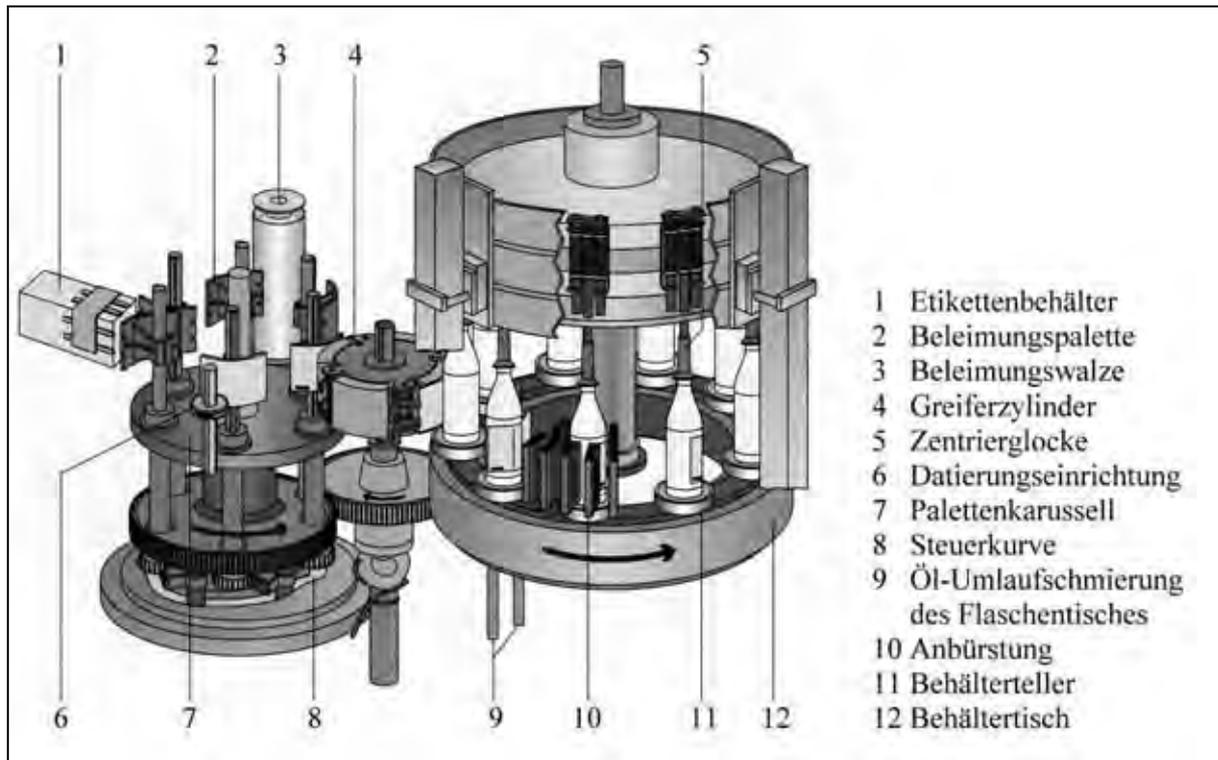


Abbildung 16: Rundläufer-Etikettiermaschine mit feststehendem Etikettenbehälter [8]

3.2.1 1. Arbeitsschritt: Beleimung der Beleimungspaletten

Die Beleimungspaletten, im Weiteren auch als Paletten bezeichnet, rollen mit gleich bleibendem Druck auf der Beleimungswalze ab und nehmen dabei Etikettierklebstoff auf. Wie in Abschnitt 3.1.2.3 auf Seite 20 bereits erläutert wurde, ist der Abstand des Rakelspalts entscheidend für die Klebstoffmenge die auf die Paletten und somit auf die Etiketten übertragen wird (siehe Abbildung 17). Ist der Spalt zu klein, wird nicht ausreichend Klebstoff aufgenommen und es kann zu Problemen mit der Etikettenhaftung kommen. Ein zu großer Spalt führt zu unnötig hohem Klebstoffverbrauch und einer vermeidbaren Verschmutzung der Etikettiermaschine [5, 8].

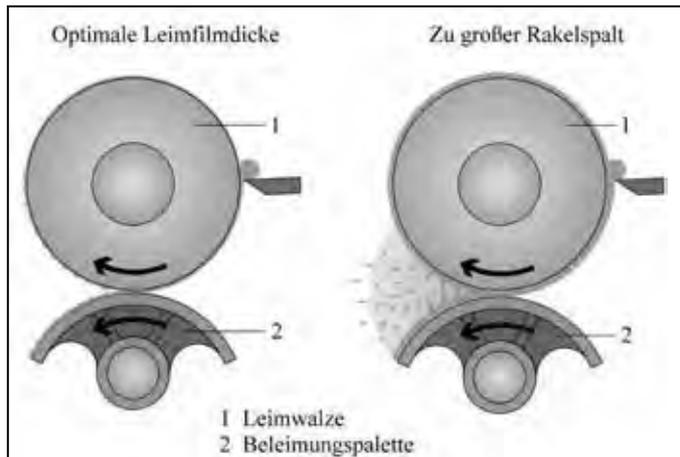


Abbildung 17: Abrollen der Beleimungspaletten auf der Beleimungswalze [8]

3.2.2 2. Arbeitsschritt: Entnahme der Etiketten aus dem Etikettenbehälter

Die Etiketten werden der Etikettiermaschine über den Etikettenbehälter zugeführt. Dabei zeigen die Etikettenrückseiten in Richtung Palettenkarussell. Die Entnahme und Vereinzelung der Etiketten erfolgt wie in Abbildung 18 dargestellt, durch Abrollen der beleimten Paletten über die Rückseite des vordersten Etiketts, wobei dieses Etikett am Etikettierklebstoff der Beleimungspalette haften bleibt. Der notwendige Anpressdruck wird durch das Eintauchen der Beleimungspaletten in den Etikettenbehälter aufgebaut. Dadurch wird der Etikettenstapel rund 2 mm zurück in den Behälter geschoben [4]. Sobald ein Etikett entnommen wurde schiebt ein Federmechanismus den Etikettenstapel wieder gegen die Haltenasen.

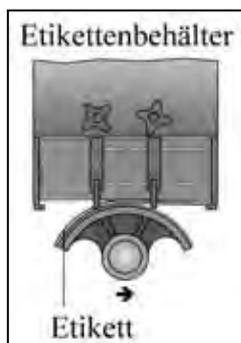


Abbildung 18: Entnahme eines Etiketts aus dem Etikettenbehälter [8]

Auf diese Weise wird gleichzeitig der Etikettierklebstoff auf das Etikett übertragen. Die Beleimungspaletten für Papieretiketten sind in der Regel so gestaltet, dass der Etikettierklebstoff nicht vollflächig übertragen wird. Stand der Technik ist eine Streifenbeleimung (siehe Abbildung 19) die den Klebstoffverbrauch reduziert und bei Mehrwegflaschen gleichzeitig die Ablösezeiten der Etiketten in der Flaschenreinigungsmaschine reduziert (siehe Abbildung 20, Vergleich mit Wabenbeleimung). Um zu verhindern, dass Klebstoff bei der Etikettenentnahme auf die Haltenasen des Etikettenbehälters und die nachfolgenden Etiketten übertragen wird und möglicherweise Störungen verursacht, sind an den Beleimungspaletten Aussparungen für die Haltenasen vorhanden. Zudem werden Beleimungspaletten etwas kleiner gefertigt als das entsprechende Etikett. Dies verhindert, dass der Etikettierklebstoff in der Anbürststati-

on, nach dem Aufsetzen des Etiketts auf der Flasche, unter dem Etikett hervor gestrichen wird [8].

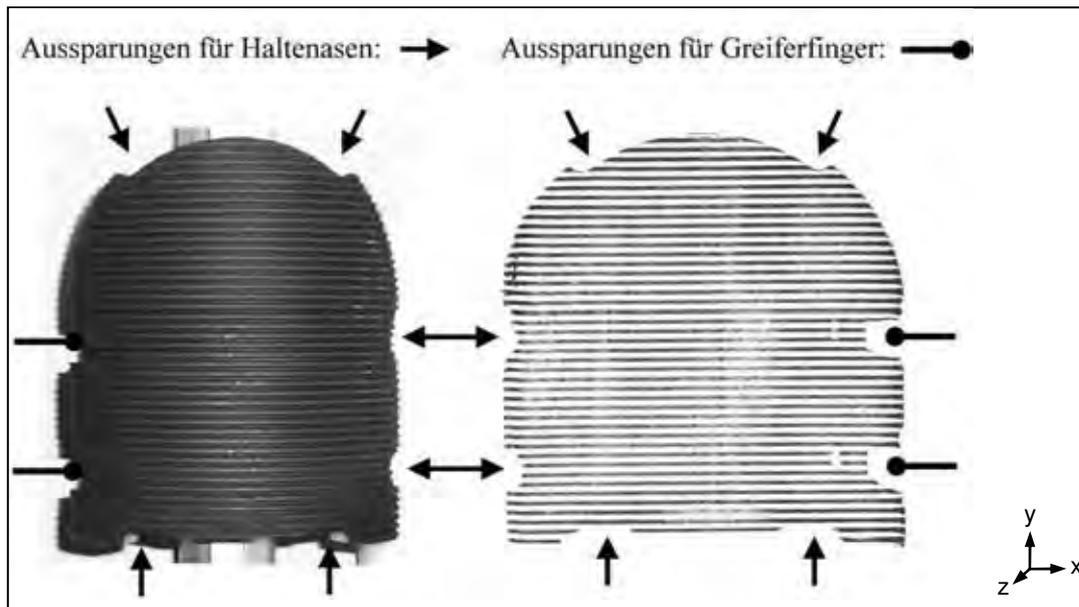


Abbildung 19: Beileimungspalette mit Steifenbeileimung und entsprechendem Beileimungsbild

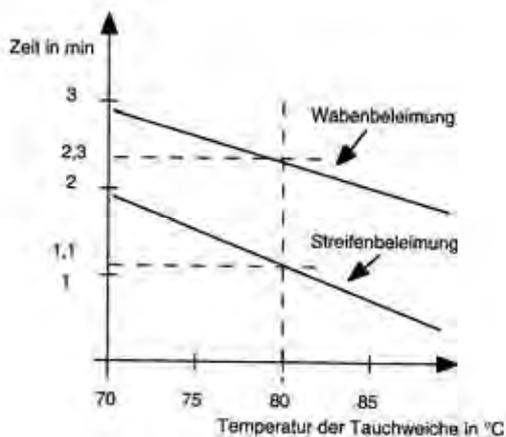


Abbildung 20: Ablösezeit in Abhängigkeit vom Beileimungsbild [45]

3.2.3 3. Arbeitsschritt: Übergabe des Etiketts an den Greiferzylinder

Um die Etiketten auf den Flaschen applizieren zu können ist es notwendig, die nun mit Etikettierklebstoff benetzten Etiketten von den Beileimungspaletten abzunehmen. Zu diesem Zweck werden die Etiketten durch den Greiferzylinder abgezogen. Zunächst nähern sich die Beileimungspaletten auf einer vordefinierten Bahn dem Greiferzylinder an. Sobald sie die vorgesehene Position erreicht haben, werden die Etiketten zwischen der Ambossleiste und den Greiferfingern eingeklemmt. Um die Etiketten sicher greifen zu können sind an den Beileimungspaletten spezielle Aussparungen, die so genannten Greiferfingerlücken (Abbildung 19), vorhanden. Anschließend entfernen sich die Beileimungspaletten wieder vom Greiferzylinder. Dabei werden die Etiketten, wie in Abbildung 21 veranschaulicht, von den Beileimungspaletten abgezogen. Druckluftdüsen blasen die Etiketten gegen die Schwämme und verhindern, dass diese durch die Fliehkraft vom Greiferzylinder abstehen.

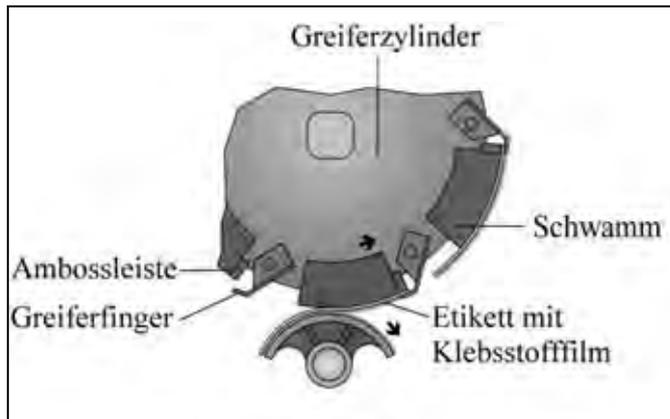


Abbildung 21: Übergabe des Etiketts an den Greiferzylinder [8]

Das Zusammenspiel der Beileimungspaletten und des Greiferzylinders ist entweder als oszillierendes Gleichlaufsystem oder rotierendes Gegenlaufsystem ausgelegt. Beim Gleichlaufsystem drehen sich das Palettenkarussell mit den oszillierenden Beileimungspaletten und der Greiferzylinder am Übergabepunkt in die gleiche Richtung, während sich das Palettenkarussell mit den rotierenden Beileimungspaletten beim Gegenlaufsystem in die entgegengesetzte Richtung des Greiferzylinders dreht (siehe Abbildung 22). Bei gleicher Ausbringung hat eine Etikettiermaschine mit oszillierendem Gleichlaufsystem somit mehr Zeit die Etiketten an den Greiferzylinder zu übergeben, da die Bauteile über eine längere Wegstrecke miteinander Kontakt haben, als dies bei rotierenden Gegenlaufsystemen der Fall ist. Nach Herstellerangaben werden aus diesem Grund Etiketten in einem oszillierenden Gleichlaufsystem schonender behandelt und es sind weniger Störungen im Etikettierergebnis zu erwarten [8]. Dem entgegen erlaubt ein rotierendes Gegenlaufsystem eine andere Kurvenbahn der Beileimungspaletten die es ermöglicht, dass die Etiketten in voller Länge, direkt auf den Schwämmen des Greiferzylinders abgerollt werden. Dadurch entsteht, im Vergleich zum oszillierenden Gleichlaufsystem, eine geringere Zugspannung im Etikett [40]. Die beiden Marktführer im Etikettiermaschinenbau haben sich auf jeweils eines der beiden Systeme spezialisiert. Dementsprechend gehen die Aussagen darüber, welches System das bessere Etikettierergebnis liefert, in der Literatur diametral auseinander. Eine wissenschaftliche Untersuchung, welches System besser zur Etikettierung geeignet ist, liegt nicht vor und wird wohl auch in absehbarer Zeit nicht zur Verfügung stehen.

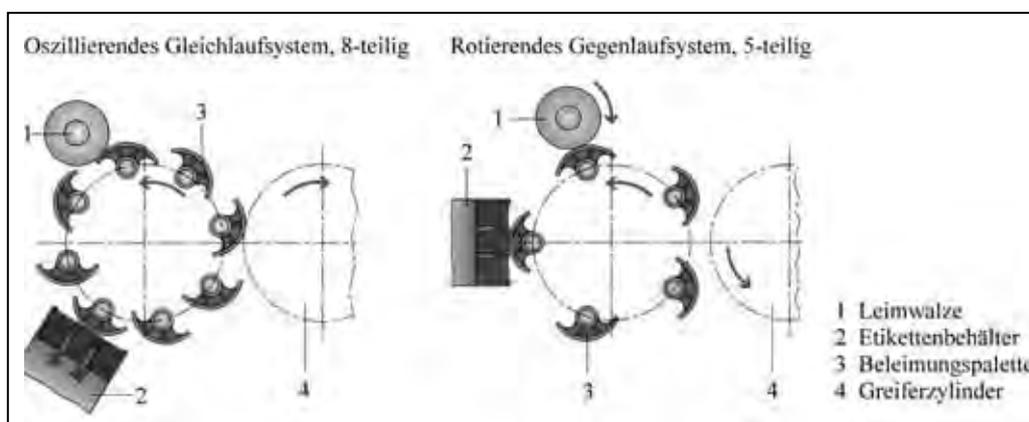


Abbildung 22: Oszillierendes Gleichlauf- und rotierendes Gegenlaufsystem [8]

3.2.4 4. Arbeitsschritt: Aufsetzen der Etiketten auf die Flaschen

Im darauf folgenden Arbeitsschritt werden die Etiketten auf den Flaschen appliziert. Hierfür überschneiden sich die Kreisbahn des Greiferfingerzylinders und des Behältertisches mit den Behältertellern so, dass die Etiketten, wie in Abbildung 23 gezeigt, von den Schwämmen an die Flaschen gedrückt werden. Die Anfangshaftung des Etikettierklebstoffs fixiert das Etikett an der Flasche, während gleichzeitig die Greiferfinger öffnen und das Etikett freigeben [8].

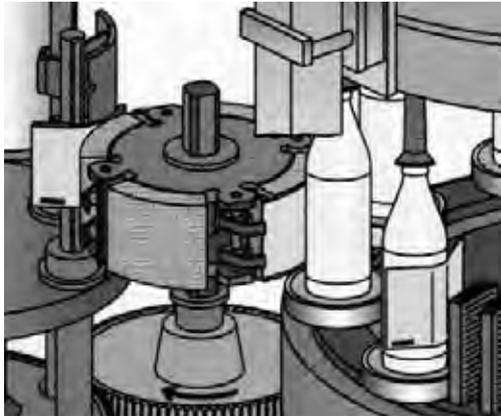


Abbildung 23: Aufsetzen der Etiketten auf die Flaschen [8]

Ein entscheidendes Kriterium bei diesem Schritt ist die Positionierung des Kreuzschlittens zur Flasche (Abbildung 24). Die Flasche soll das Etikett mittig treffen und einen ausreichenden hohen Druck aufbauen. Wird der Schlitten entlang der senkrecht zu den Flaschentellern verlaufenden Achse A zu weit von den Flaschen entfernt fixiert, ist dieser Druck zu gering und das Etikett haftet nicht an der Flasche. Wird der Schlitten zu nahe an den Flaschen befestigt, können die Greiferfinger beim Freigeben des Etiketts die Flasche berühren und dadurch verbogen werden oder die Position der Flasche auf dem Flaschenteller verändern. Wird die Position des Schlittens parallel zu den Flaschentellern, entlang der Achse B, nicht optimal eingestellt, so haftet das Etikett zu weit links oder zu weit rechts von der Etikettenmitte. Die Folge ist, dass das Etikett die Anbürststation nicht richtig positioniert erreicht und gegebenenfalls nicht vollständig angebürstet wird.

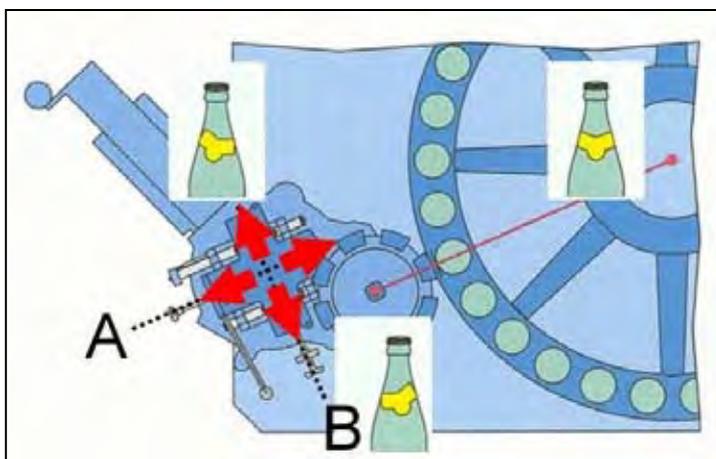


Abbildung 24: Kreuzschlitten des Etikettiermoduls [8]

3.2.5 5. Arbeitsschritt: Anbürsten der Etiketten

Im letzten Arbeitsschritt der Etikettiermaschine durchlaufen die Flaschen mit den teilweise befestigten Etiketten eine Bürstenstrecke, durch die die Etiketten vollflächig an die Flasche angebürstet werden (siehe Abbildung 25). Die Anfangshaftung des Etikettierklebstoffs fixiert nun das gesamte Etikett auf der Flaschenoberfläche [8].

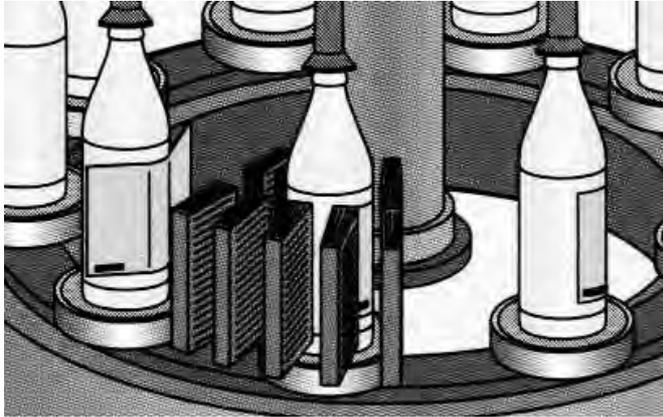


Abbildung 25: Anbürststation der Etikettiermaschine [8]

3.2.6 6. Arbeitsschritt: Abtrocknen der Flaschen

Die endgültige Fixierung der Etiketten erfolgt nach der Etikettierung, im Vollgutlager des Abfüllbetriebes. Das Wasser von der Flaschenoberfläche und dem Klebstoff wird von den Etiketten aufgenommen und zeitlich verzögert an die Umgebung abgegeben (vgl. Abschnitt 3.1.2.2 auf Seite 18). Sobald der Etikettierklebstoff ausgehärtet ist, gilt der Etikettiervorgang als abgeschlossen [8].

3.3 Flaschenreinigungsmaschinen

Flaschenreinigungsmaschinen haben die Aufgabe, saubere, keimfreie und rückstandsfreie Flaschen für die Flaschenabfüllung zu liefern. Der Reinigungseffekt beim Ablauf der kontinuierlichen Flaschenreinigung basiert auf einer ausgewogenen Kombination von vier Reinigungsparametern: Kontaktzeit, Chemikalieneinsatz, Temperatur und mechanischer Einwirkung in der Flaschenreinigungsmaschine [20, 22].

3.3.1 Vorgänge beim Ablösen von Papieretiketten

Die Reinigung der Flaschen von Papieretiketten kann in zwei aufeinander folgende Verarbeitungsschritte unterteilt werden. Im ersten Schritt werden die Etiketten von den Flaschen gelöst, indem die Reinigungsauflauge (wird in diesem Bericht auch als Natronlauge, Natriumhydroxid-Lösung bzw. NaOH-Lösung bezeichnet) der Flaschenreinigungsmaschine den Etikettierklebstoff auflöst und somit die Verbindung zwischen Flasche und Etikett getrennt wird. Dies geschieht im Bereich der Laugenbäder. Die zu reinigenden Flaschen tauchen in die Bäder ein und die Lauge beginnt, den Klebstoff zunächst vom Etikettenrand her aufzulösen (siehe Abbildung 26). Sobald die Lauge durch das Etikett penetriert ist, erfolgt die Auflösung des Klebstoffs zusätzlich über die gesamte Fläche des Etiketts.

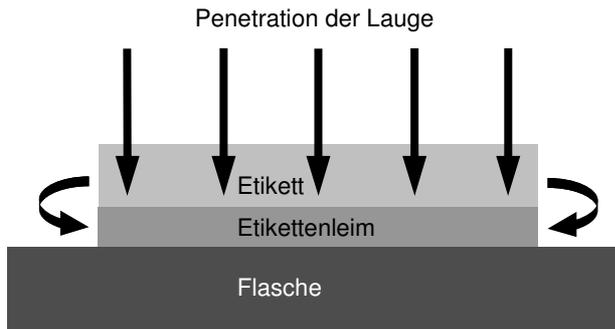


Abbildung 26: Durchdringung des Etiketts mit Lauge [20]

Im zweiten Schritt werden die abgelösten Etiketten zunächst durch Überschwallung der Flaschen mit Lauge aus den Flaschenzellen gespült (siehe Abbildung 27, ①). Anschließend wird die Reinigungslauge mit den Etiketten über ein umlaufendes Siebband geleitet (②). Die abgelösten Etiketten werden vom Siebband zurückgehalten und aus der Flaschenreinigungsmaschine ausgetragen [19, 20].

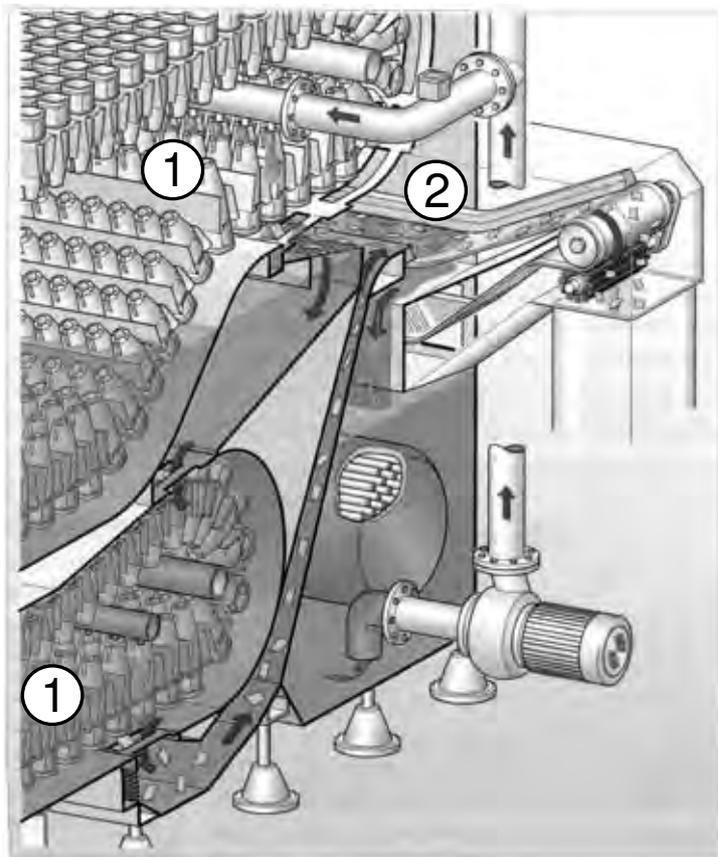


Abbildung 27: Etikettenauswurf aus der Flaschenreinigungsmaschine [22]

3.3.2 Bauart von Flaschenreinigungsmaschinen

Grundsätzlich wird zwischen Einend- und Doppelendmaschinen unterschieden. Der wesentliche technologische Vorteil von Doppelendmaschinen ist die räumliche Trennung von verschmutzten und gereinigten Flaschen. Einendmaschinen hingegen zeichnen sich durch sehr gute Raumnutzung und ein bei gleicher Ausbringung geringeres Investitionsvolumen aus. In

den beiden folgenden Abbildungen ist die Anordnung der einzelnen Behandlungszonen exemplarisch dargestellt.

Doppelendmaschine

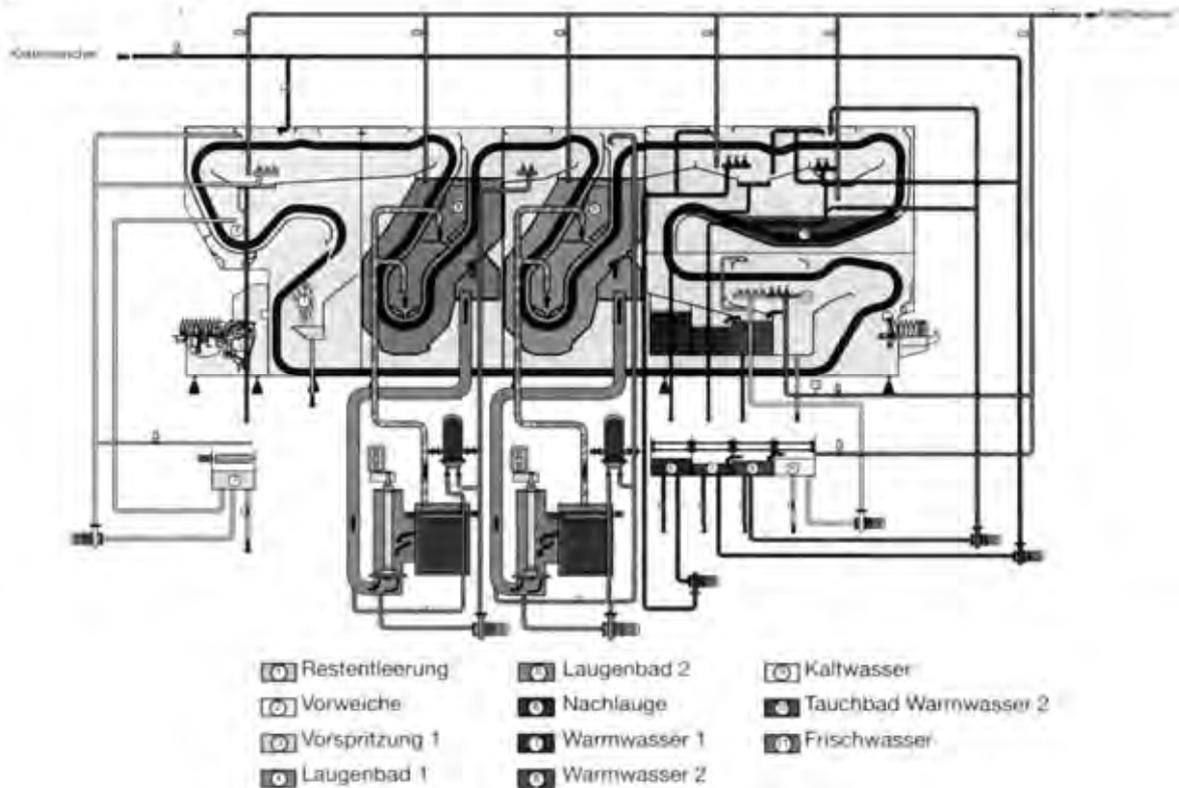


Abbildung 28: Doppelendmaschine [20]

Einendmaschine

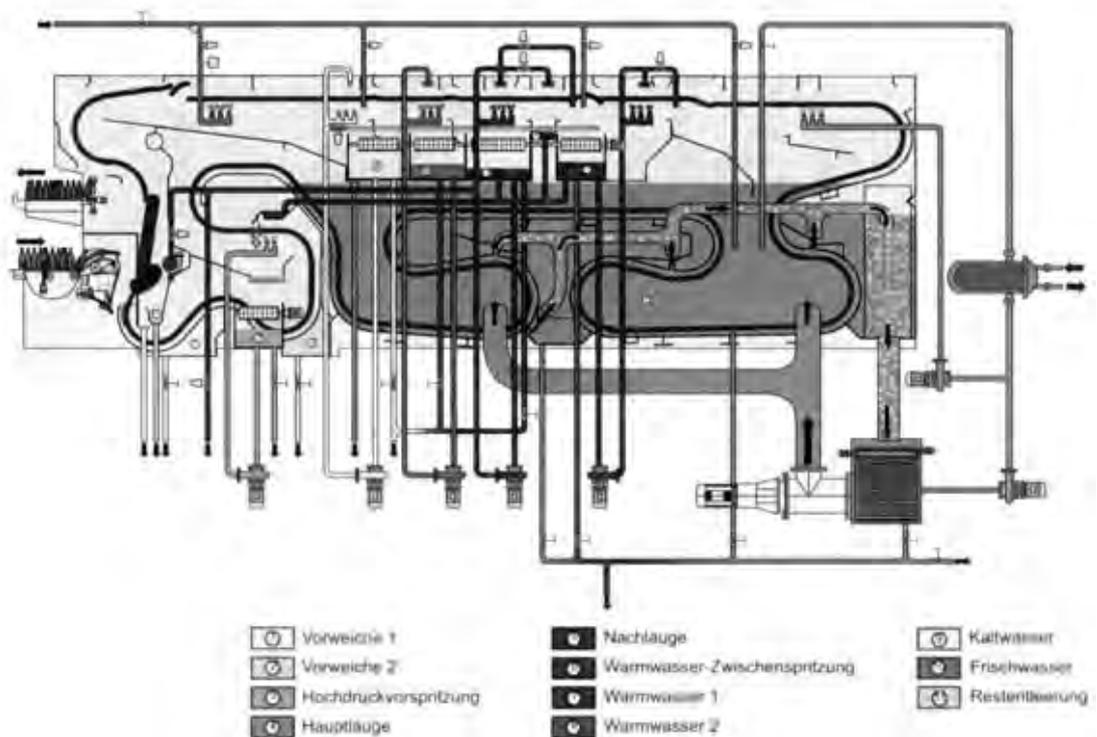


Abbildung 29: Einendmaschine [20]

Eine weitere Unterscheidung kann zwischen Ein- und Mehrlaugenmaschinen durchgeführt werden. Die Reinigungswirkung von Mehrlaugenmaschinen ist, durch den mehrfach wiederholten Prozess Tauchen – Entleeren – Spritzen – Tauchen, im Vergleich zu Maschinen mit nur einem Laugebecken, höher. Die Behandlungszeit kann dadurch um ca. zwei Minuten kürzer ausgelegt werden als bei Einlaugenmaschinen [20].

3.4 Bestehende Analysemethoden zur Bestimmung der Ablösezeit

3.4.1 DIN 16524-6

Entsprechend der Speziellen Technischen Liefer- und Bezugsbedingungen (STLB) für Getränkeflaschen-Etiketten aus Papier, wird die Bestimmung der Ablösezeit von Papieretiketten nach der DIN 16524-6 [25] durchgeführt. Die Norm gilt für die Prüfung der Laugendurchdringung und Ablösezeit von Etiketten aus Papier und metallisiertem Papier für Mehrweg-Getränkeflaschen als ganzes System, bestehend aus Bedruckstoff, Druckfarbenfilm und gegebenenfalls einer Lackierung.

Die Ablösezeit ist definiert, als die Zeit, nach der sich das Etikett von der Petrischale vollständig ablöst. Branchenüblich für Etiketten, gedruckt auf metallisierten Papieren, sind maximal 180 Sekunden.

3.4.2 Kritische Betrachtung der DIN 16524-6

Die Ergebnisse zur Ablösezeit, die mit dieser Untersuchungsmethode gewonnen werden, sind kritisch zu beurteilen. Versuche, bei denen die Ablösezeit von einem nicht metallisierten (Papier 1) und einem metallisierten Papier (Papier 2M), im Rahmen einer Diplomarbeit an der VLB Berlin untersucht wurde, haben gezeigt, dass die nach DIN 16524-6 bestimmte Ablösezeit größeren Schwankungen unterliegt (siehe Abbildung 30). Besonders gravierend waren die Unterschiede bei Papier 2M (rechte Hälfte von Abbildung 30). Der Mittelwert der Ablösezeit für das metallisierte Papier, berechnet aus den Einzelwerten aller drei Prüfer, liegt bei 88 s. Die von den drei Prüfern gemessenen Einzelwerte der Probe streuen jedoch sehr stark und liegen um bis zu 61 Sekunden auseinander. Das entspricht einer Schwankung der Einzelwerte von 69 % um den errechneten Mittelwert. Selbst die Werte eines einzelnen Prüfers können mehr als $\pm 10\%$ um den Mittelwert schwanken, wie die Fehlerbalken verdeutlichen [39].

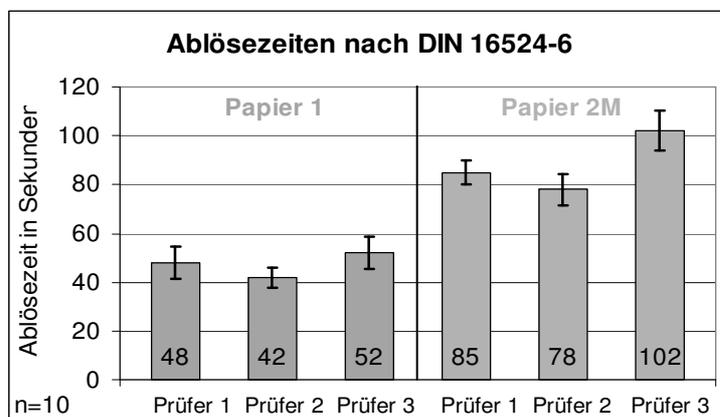


Abbildung 30: Ablösezeit nach DIN 16524-6

Es wird vermutet, dass die Ursachen hierfür in den in der DIN 16524-6 nicht exakt definierten oder von Hand ausgeführten Arbeitsschritten begründet liegt. Diese Arbeitsschritte werden von unterschiedlichen Prüfern in unterschiedlicher Weise ausgeführt und könnten die Ablösezeit entscheidend beeinflussen. Es handelt sich hierbei um die Arbeitsschritte der Beleimung der Etiketten und der anschließenden Fixierung der Etiketten auf Petrischalen aus Glas.

Die DIN 16524-6 schreibt vor, dass der Etikettierklebstoff für die Beleimung mit Hilfe eines 50 µm Rakels auf eine ebene Glasplatte aufgetragen wird. Das zu prüfende Etikett wird mittels einer Pinzette auf den Klebstofffilm aufgelegt und mit der Hand gleichmäßig angedrückt. Danach wird das Etikett, ebenfalls mit einer Pinzette, von der Glasplatte abgenommen und blasenfrei auf die Unterseite einer Petrischale geklebt und 24 Stunden bei Raumtemperatur getrocknet.

Nach DIN 16524-6 ist die Verweildauer des Etiketts auf dem Klebstofffilm nicht definiert. Diese Kontaktzeit zwischen Etikett und Etikettierklebstoff beeinflusst jedoch die Menge an Klebstoff, die am Etikett haften bleibt, da Benetzungsvorgänge und Feuchtigkeitsaufnahme aus dem Klebstoff in das Fasergefüge des Papiers von der Kontaktzeit abhängig sind. Unterschiedliche Kontaktzeiten führen somit zu schwankenden Klebstoffmengen und können dadurch entscheidend das spätere Ablöseverhalten beeinflussen.

Beim „gleichmäßigen Andrücken“ mit der Hand, sowohl auf dem Klebstofffilm, als auch beim anschließenden Fixieren der Etiketten auf Petrischalen, variieren die aufgebrachten Druckkräfte sowohl bei jeder Probe eines Prüfers als auch zwischen verschiedenen Prüfern. Der Druck, mit dem die zwei zu verklebenden Oberflächen aufeinander gepresst werden, ist dabei bestimmend für die Ausbildung der Adhäsionskräfte zwischen Klebstoff und Oberfläche und damit ausschlaggebend für die Stärke der Verklebung und das spätere Ablöseverhalten der Etiketten [3].

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Labore, ist der zu verwendende Etikettierklebstoff. Die DIN 16524-6 schreibt einen neutralen, mit Phenolphthalein versetzten Kaseinklebstoff vor, dessen Bezeichnung im Prüfbericht anzugeben ist und der nicht älter als ein Jahr sein soll. Mit der Zeit verändern Kaseinklebstoffe jedoch ihre Klebeeigenschaften, zum Beispiel durch Feuchtigkeitsverluste. Versuche, dargestellt in Abbildung 31, mit einem zwei Wochen und sechs Monate altem Etikettierklebstoff der gleichen Sorte, haben ergeben, dass sich die Ablösezeit auf das Doppelte erhöhen kann.

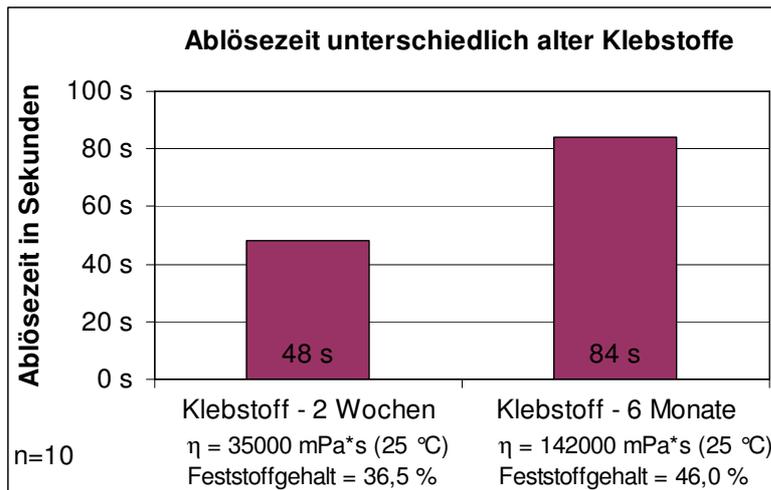


Abbildung 31: Ablösezeit in Abhängigkeit vom Alter des Etikettierklebstoffs

Der nach dem Feuchtigkeitsverlust prozentual höhere Anteil an Feststoff in der aufgetragenen Klebstoffmenge, ruft erhöhte Kohäsionskräfte innerhalb des Etikettierklebstoffs hervor und stärkt infolgedessen die Klebekraft [39].

Keine Berücksichtigung der überlappenden Verklebung in der DIN 16524-6

Die DIN 16524-6 ist zur Beurteilung der Verklebungen zwischen Etiketten aus Papier und Getränkeflaschen aus Glas ausgelegt. Eine Beurteilung von Halsringetiketten mit überlappender Verklebung kann mit der DIN 16524-6 nicht durchgeführt werden. Mögliche Einflüsse auf das Ablöseverhalten, zum Beispiel durch die doppelte Papierstärke an der Überlappung oder durch eine eventuell verstärkte Klebewirkung bei der Verklebung von Papier zu Papier, bleiben unberücksichtigt.

4 Material und Methoden

In diesem Abschnitt werden die Untersuchungsmethoden und die eingesetzten Materialien aufgeführt und beschrieben. Die Lagerung der Etiketten sowie sämtliche Prüfungen an Etiketten, wurden in dem durch die STL B vorgeschriebenen Normalklima von 23 ± 1 °C und 50 ± 2 % rF (relative Luftfeuchtigkeit), nach DIN EN 20187 durchgeführt [12, 13, 27].

4.1 Etiketten

4.1.1 Etiketten – Charge 1

Für die Versuche in sämtlichen Arbeitspaketen, mit Ausnahme von Arbeitspaket 8, wurden als Basispapiere (BP) ein nicht metallisiertes Etikettenpapier (BP1), mit einer Grammatur von 70 g/m^2 , und ein metallisiertes Etikettenpapier (BP2), mit einer Grammatur von 71 g/m^2 , eingesetzt. Die Etiketten wurden im Format $70,00 \text{ mm} * 71,50 \text{ mm}$ geschnitten, was einer Etikettenfläche von $50,05 \text{ cm}^2$ entspricht. Die Faserlaufrichtung verlief entlang der $70,00 \text{ mm}$ Achse.

Die beiden verwendeten Papiersorten wurden so ausgewählt, dass das nicht metallisierte Papier (BP1) annähernd dieselben Eigenschaften besitzt, wie das Grundpapier für das metallisierte Etikett, bevor es metallisiert wurde.

Aus den beiden Basispapieren wurden insgesamt 20 verschiedene Etikettenvarianten gefertigt. Variiert wurden das Druckverfahren (ohne Bedruckung, Offsetdruck, Tiefdruck; Druckfarbe: blau), die Prägung (glatt oder geprägt) und die Lackierung (lackiert oder unlackiert). Die verschiedenen Varianten wurden nach dem Schlüssel in Tabelle 1 gekennzeichnet. Eine Übersicht über alle eingesetzten Varianten ist in Tabelle 2 gegeben.

Beispiele:

- BP1_TD_M0-P0-L0 = Nicht metallisiertes Etikett, im Tiefdruck bedruckt, keine Prägung, keine Lackierung
- BP2_OS_M1-P1-L0 = Metallisiertes Etikett, im Offsetdruck bedruckt, mit Prägung, keine Lackierung

Tabelle 1: Schlüssel für die Kennzeichnung der Versuchsetiketten

Basispapier	BP1 = Papieretikett	BP2 = metallisiertes Papieretikett	
Druckverfahren	KD = Kein Druck	OS = Offsetdruck	TD = Tiefdruck
Metallisierung	M0 = nicht metallisiert		M1 = metallisiert
Prägung	P0 = glatt		P1 = geprägt
Lackierung	L0 = nicht lackiert		L1 = lackiert

Tabelle 2: Übersicht über die eingesetzten Varianten

Variante	Kennzeichnung	Druckverfahren	Basispapier	Prägung	Lackierung
1	BP1_OS_M0-P0-L1	Offsetdruck	BP1 (nicht metallisiert)	glatt	lackiert
2	BP1_OS_M0-P0-L0				unlackiert
3	BP1_OS_M0-P1-L1			geprägt	lackiert
4	BP1_OS_M0-P1-L0				unlackiert
5	BP2_OS_M1-P0-L1		BP2 (metallisiert)	glatt	lackiert
6	BP2_OS_M1-P0-L0				unlackiert
7	BP2_OS_M1-P1-L1			geprägt	lackiert
8	BP2_OS_M1-P1-L0				unlackiert
9	BP1_TD_M0-P0-L1	Tiefdruck	BP1 (nicht metallisiert)	glatt	lackiert
10	BP1_TD_M0-P0-L0				unlackiert
11	BP1_TD_M0-P1-L1			geprägt	lackiert
12	BP1_TD_M0-P1-L0				unlackiert
13	BP2_TD_M1-P0-L1		BP2 (metallisiert)	glatt	lackiert
14	BP2_TD_M1-P0-L0				unlackiert
15	BP2_TD_M1-P1-L1			geprägt	lackiert
16	BP2_TD_M1-P1-L0				unlackiert
17	BP1_KD_M0-P0-L0	Keine Bedruckung	BP1 (nicht metallisiert)	glatt	unlackiert
18	BP1_KD_M0-P1-L0			geprägt	unlackiert
19	BP2_KD_M1-P0-L0		BP2 (metallisiert)	glatt	unlackiert
20	BP2_KD_M1-P1-L0			geprägt	unlackiert

Dynamisches Penetrationsverhalten

Von drei Varianten wurde das dynamische Penetrationsverhalten von entmineralisiertem Wasser durch die Druckseite des Etiketts, mit einem Penetrationsmessgerät vom Typ DPM 33 der emco Elektronische Meß- und Steuerungstechnik GmbH, untersucht. Die Messungen wurden nach den Angaben der Bedienungsanleitung des DPM 33 [15] und mit einem Proben-träger vom Typ 4 durchgeführt. Die Proben wurden mit einem doppelseitigen, lösemittelbe-ständigen Klebeband am Probenträger fixiert. Die Messdauer wurde auf zehn Minuten festge-legt. Je Papiersorte wurden drei Messungen durchgeführt.

Bei der dynamischen Penetrationsmessung wird der Verlauf der Ultraschall-Transmission durch das Etikettenpapier, nach dem Eintauchen in ein Wasserbecken, über eine zuvor defi-nierte Messdauer aufgezeichnet. Mit zunehmender Feuchtigkeitsaufnahme in das Papiergefü-ge nimmt die Ultraschall-Transmission ab. Je schneller Feuchtigkeit in das Papiergefüge ein-dringt, desto steiler ist die Abnahme der Transmissionskurven.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Abbildung 32 dargestellt. Bei BP1_OS_M0-P0-L0 zeigt sich eine relativ schnelle Abnahme der Transmission, die nach rund viereinhalb Minuten einen Wendepunkt erreicht, was darauf hindeutet, dass das Etikett nahezu mit Wasser gesät-tigt ist. Im Vergleich dazu zeigt BP2_OS_M1-P0-L0 auch nach 10 Minuten kaum eine Ände-rung der Transmission. Daraus lässt sich schließen, dass die Oberfläche des Etiketts für Was-ser nahezu undurchdringbar ist. Bei der geprägten Variante BP2_OS_M1-P1-L0 kann hinge-

gen eine Penetration beobachtet werden, die jedoch immer noch wesentlich langsamer verläuft, als dies bei dem nicht metallisierten BP1 der Fall ist.

Eine Messung der Penetration von heißer Reinigungslauge ist mit dieser Methodik nicht möglich, da durch eine chemische Reaktion zwischen Natronlauge und Metallisierung Wasserstoff gebildet wird, der das Ultraschallsignal stark beeinflussen würde. Daher wird für die Messung entmineralisiertes Wasser mit Raumtemperatur verwendet. Es ist anzunehmen, dass die Penetration bei 75 °C wesentlich beschleunigt abläuft, das Verhältnis zwischen den drei untersuchten Papiersorten zueinander jedoch dasselbe bleibt.

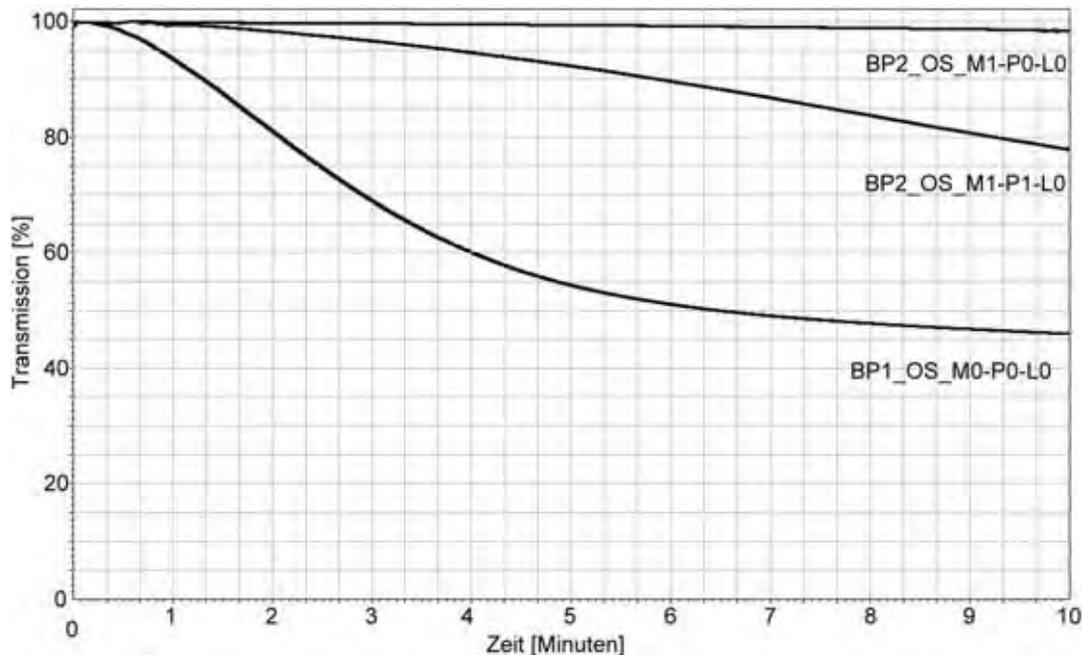


Abbildung 32: Dynamische Penetration durch die bedruckte Etikettenoberfläche

4.1.2 Etiketten – Charge 2

Um einen möglichen Einfluss durch die Alterung der Etikettenpapiere auf die Versuchsergebnisse auszuschließen, wurden für die Versuche in Arbeitspaket 8 erneut Etiketten hergestellt. Hierfür wurden dieselben beiden Papiersorten wie für Charge 1 verwendet (BP3 entspricht BP1 und BP4 entspricht BP2), jedoch wurde die Anzahl der Varianten reduziert und nur jene Typen hergestellt, die ein möglichst breites Spektrum an Ablösezeiten erwarten lassen.

Eine möglichst niedrige Ablösezeit sollte bei dem geprägten, nicht metallisierten Etikett (BP3_OS_M0-P1-L0) gegeben sein. Die höchste Ablösezeit wird voraussichtlich das metallisierte Etikett ohne Prägung (BP4_OS_M1-P0-L0) zeigen. Von diesem metallisierten Etikett wurde auch eine geprägte Variante (BP4_OS_M1-P1-L0) hergestellt, die mit ihrer Ablösezeit zwischen diesen beiden Extremen liegen sollte (siehe Tabelle 3). Die Bedruckung der Etiketten aus Charge 2 erfolgte ausschließlich im Offsetdruck, mit der Farbe hellblau. Eine Lackierung wurde nicht verwendet.

Tabelle 3: Übersicht über die Varianten in Arbeitspaket 8

Variante	Papiersorte	Grammatur	Prägung	Erwartete Ablösezeit
1	BP3_OS_M0-P1-L0	70 g/m ²	geprägt	niedrigste
2	BP4_OS_M1-P1-L0	71 g/m ²	geprägt	mittel
3	BP4_OS_M1-P0-L0	71 g/m ²	glatt	höchste

4.2 Etikettierklebstoffe

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden sowohl Kaseinklebstoffe als auch teilsynthetische und synthetische Etikettierklebstoffe verwendet. Wie bereits in Abschnitt 3.1.2.1 erläutert wurde, gibt es für die Bezeichnung von Etikettierklebstoffen keine einheitliche Nomenklatur und die Grenzen zwischen reinen Kaseinklebstoffen und synthetischen Klebstoffen verlaufen fließend. In Tabelle 4 sind sämtliche, bei den Versuchen eingesetzten Etikettierklebstoffe aufgeführt. ST 50 KF ist ein in der Getränkeindustrie weit verbreiteter Kaseinklebstoff, der sich durch einen hohen Kaseingehalt auszeichnet und dadurch ein relativ breites Anwendungsspektrum abdeckt. Beim ST 50 AF handelt es sich um einen eiswasserfesten Kaseinklebstoff. KE 55 ist ein teilsynthetischer Klebstoff mit hohem Stärkeanteil. Als Vertreter der rein synthetischen Klebstoffe, ohne Kasein-, jedoch mit hohem Stärkeanteil, wurde der ebenfalls eiswasserfeste KE 51 EW verwendet.

Tabelle 4: Verwendete Etikettierklebstoffe

Hersteller	Handelsname	Klebstofftyp
Türmerleim GmbH	ST 50 KF	Kaseinklebstoff
Türmerleim GmbH	ST 50 AF	Kaseinklebstoff (eiswasserfest)
Türmerleim GmbH	KE 55	Teilsynthetischer Klebstoff
Türmerleim GmbH	KE 51 EW	Synthetischer Klebstoff (eiswasserfest)

4.3 Bestimmung der Ablösezeit

Für die Bestimmung der Ablösezeit wurde in diesem Forschungsvorhaben eine angepasste Version der DIN 16524-6 sowie eine als Arbeitsmethode bezeichnete Versuchsanordnung verwendet.

4.3.1 Arbeitspaket 2: Angepasste DIN 16524-6

Um die in Abschnitt 3.4.2 genannten Einflüsse auf die Ablösezeit zu minimieren, wurde einzelne Arbeitsschritte der DIN 16524-6 [25] angepasst.

4.3.1.1 Geräte

- Probenschneider: $A = 50 \text{ cm}^2$
- Rakelauftragsgerät, Gockel KCCL
- Rakel: Nassschichtdicke $50 \mu\text{m}$
- Pinzette
- Petrischalen: Durchmesser 90 mm bis 100 mm (nach DIN 12339)

- Heizplatte mit Thermostat und Magnetrührer
- Becherglas aus hitzebeständigem Glas: Außendurchmesser ca. 170 mm, Fassungsvermögen 5.000 ml
- Magnetrührstab: Durchmesser 8 mm, Länge 40 mm
- Klammern
- Uhrglas: Durchmesser mindestens 180 mm
- Stoppuhr: Genauigkeit ± 1 s

4.3.1.2 Prüfmittel

- ST 50 KF, abgefüllt in eine verschließbare Dosierflasche aus Kunststoff, Mündungsöffnung ca. 5 mm
- 2.000 ml NaOH-Lösung, chemisch rein, $\omega_{\text{NaOH}} = 1$ %, hergestellt unter Verwendung von entmineralisiertem Wasser

4.3.1.3 Probenvorbereitung

Die Etiketten der Charge 1 waren so groß, dass sie nicht direkt auf die Petrischalen geklebt werden konnten, ohne dass die Ecken über den Rand der Petrischalen hinausragten. Aus diesem Grund wurden die Etiketten mit dem Probenschneider in eine passende Form gebracht. Da der Probenschneider eine Kreisfläche von 50 cm^2 abdeckt und die verwendeten Etiketten eine annähernd quadratische Fläche von $50,05 \text{ cm}^2$ aufwiesen (durchgezogener Kreis und vollflächiges Rechteck in Abbildung 33), ergab sich für die ausgeschnittenen Etiketten eine Form, wie sie auf der rechten Seite in Abbildung 33 dargestellt ist. Der Probenschneider wurde mittig auf den Etiketten platziert, die abgeschnittenen Ecken wurden verworfen. Die auf diese Weise präparierten Etiketten hatten eine Fläche von $45,49 \text{ cm}^2$.

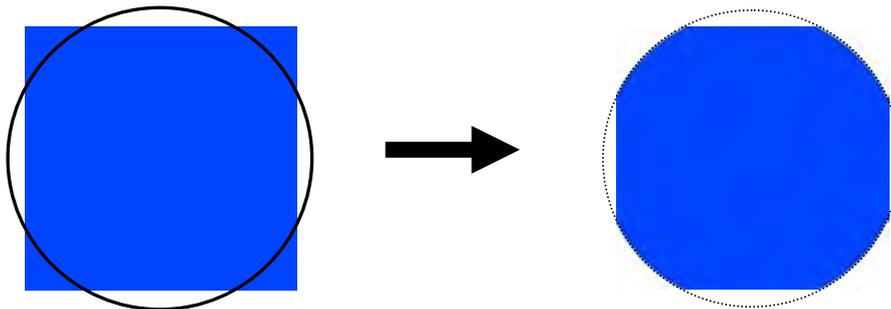


Abbildung 33: Form der ausgeschnittenen Etiketten

4.3.1.4 Durchführung – Etikettierung der Petrischalen

- Aufbringen des Etikettierklebstoffs auf das Beleimungsgerät (Abbildung 34 und Abbildung 35).

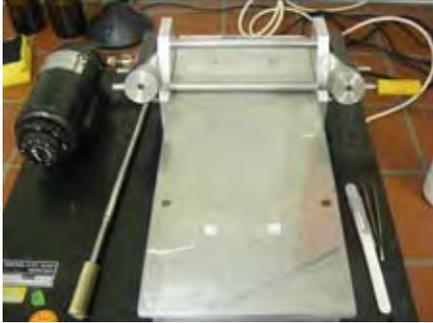


Abbildung 34

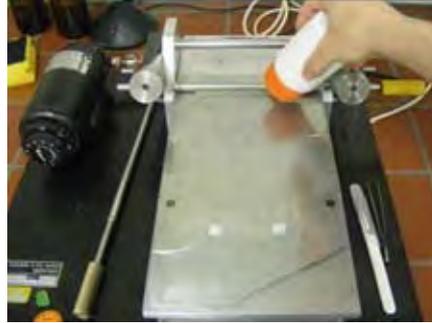


Abbildung 35

- Verteilen des Etikettierklebstoffs auf der Glasscheibe (Abbildung 36), mit einer Vortriebsgeschwindigkeit der Rakel von 6 m/min.



Abbildung 36

- Aufsetzen des Etiketts (Abbildung 37), Abdecken mit einem Blatt Papier und gleichmäßiges Andrücken mit der Hand (Abbildung 38).

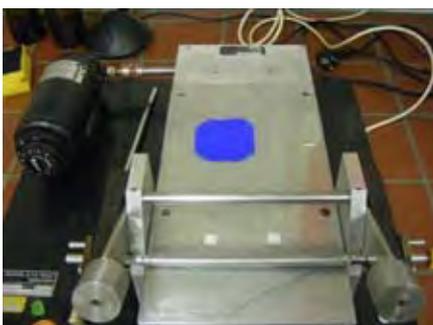


Abbildung 37

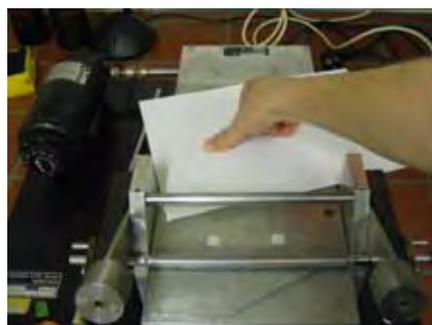


Abbildung 38

- Abziehen des Etiketts von der Glasplatte, im 90° Winkel (Abbildung 39).

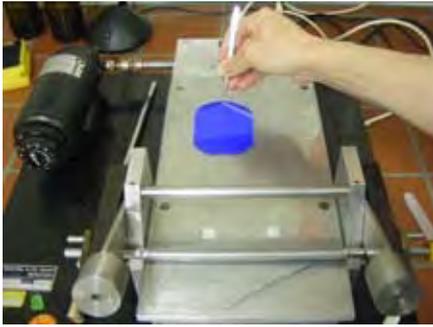


Abbildung 39

- Aufsetzen des Etiketts auf die Petrischale (Abbildung 40) und von Hand blasenfrei andrücken (Abbildung 41).

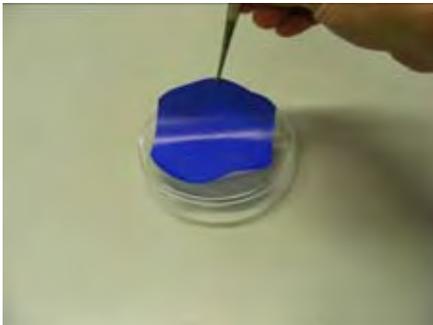


Abbildung 40



Abbildung 41

- Trocknung des Etikettierklebstoffs für mindestens 24 Stunden, bei Normalklima nach DIN EN 20187 [27].

4.3.1.5 Durchführung – Ablösen der Etiketten

- Einfüllen der NaOH-Lösung in das Becherglas.
- Einstellen der Rührerdrehzahl von $250 \pm 50 \text{ min}^{-1}$.
- Erwärmen der NaOH-Lösung auf $75 \pm 2 \text{ °C}$, dabei mit Uhrglas abdecken.
- Die Petrischale wird mit der Probe nach unten auf die NaOH-Lösung gelegt, so dass sie schwimmt \Rightarrow Beginn der Messung, bei erstem Kontakt des Etiketts mit der NaOH-Lösung.
- Die Petrischale wird mit Klammern am Becherglas fixiert, so dass sie etwa mittig auf der NaOH-Lösung schwimmt, sich jedoch nicht mit der rotierenden Flüssigkeit drehen kann.
- Das Etikett hat sich vollständig von der Petrischale gelöst und schwimmt frei in der NaOH-Lösung \Rightarrow Ende der Messung, sobald das Etikett den Kontakt zur Petrischale verloren hat.
- Nach spätestens 20 Einzelprüfungen ist die NaOH-Lösung neu anzusetzen.

4.3.1.6 Auswertung der Ergebnisse

Ausreißertest nach Grubbs [18]

In einer Stichprobe kann es einzelne Messwerte geben, die weiter vom Mittelwert entfernt sind, als die übrigen Messwerte. Der hier beschriebene Grubbs-Test ermittelt diese möglichen Ausreißer nicht starr nach prozentualer Abweichung vom Mittelwert, sondern bezieht die individuelle Streuung der Stichprobe in die Suche nach Ausreißern mit ein.

Beim Grubbs-Test wird für jeden Messwert die Prüfgröße PG berechnet, die den Abstand des Messwertes vom Mittelwert, im Verhältnis zur Standardabweichung beschreibt (Formel 1). Ist die Prüfgröße PG eines Messwertes größer, als der entsprechende Wert in der Grubbs-Tabelle (siehe Tabelle 5), wird er als Ausreißer bezeichnet. Welcher Werte aus der Grubbs-Tabelle herangezogen wird, hängt von der Anzahl n der Einzelmessungen ab. Bei 10 Einzelmessungen und einem Signifikanzniveau von 90 %, darf die Prüfgröße PG beispielsweise nicht größer sein als 2,036, sonst gilt der Messwert als Ausreißer. Gefundene Ausreißer werden aus der Liste der Messwerte entfernt und der Test mit den verbleibenden Werten und $(n - n_{\text{Ausreißer}})$ wiederholt.

Formel 1:
$$PG = \frac{|x_i - \bar{x}|}{s}$$

;PG = Prüfgröße

; x_i = Einzelmesswert

; \bar{x} = Arithmetischer Mittelwert

; s = Standardabweichung

Tabelle 5: Grubbs-Tabelle

n	Signifikanzniveau: 90 %
3	1,148
4	1,425
5	1,602
6	1,729
7	1,828
8	1,909
9	1,977
10	2,036

Berechnung der Ablösezeit

Nach Eliminierung der Ausreißer wird aus den verbleibenden Einzelmessungen einer Versuchsreihe der arithmetische Mittelwert gebildet und die Standardabweichung berechnet.

Der Mittelwert entspricht der Ablösezeit der untersuchten Etiketten.

4.3.2 Arbeitspakete 3 und 4: Arbeitsmethode

Wie in Abschnitt 3.4 erläutert wurde, sind die DIN 16524-6, wie auch deren angepasste Variante, nur bedingt geeignet, um die vorgesehen Untersuchungen durchführen zu können. Aus diesem Grund wurde eine Arbeitsmethode entwickelt, bei der durch den Einsatz einer halbautomatischen Etikettiermaschine, ein Einfluss durch den Prüfer bei der Etikettierung vermieden wird und bei der die Bedingungen während des Ablösens der Etiketten an die realen Vorgän-

ge in einer Flaschenreinigungsmaschine angeglichen werden. Darüber hinaus erlaubt die maschinelle Etikettierung eine Erhöhung der Probenanzahl je Versuchsreihe, bei gleichzeitiger Verringerung des Zeitbedarfs.

Die in den folgenden Abschnitten beschriebene Fassung der Arbeitsmethode stellt die Grundfassung dar. Entsprechend der spezifischen Anforderungen einzelner Arbeitspakete, wurden gegebenenfalls Anpassungen vorgenommen, die dann im Abschnitt Material und Methoden des jeweiligen Arbeitspakets aufgeführt werden.

4.3.2.1 Geräte

- Halbautomatische Etikettiermaschine, LANGGUTH E 98/2
- Infrarot-Thermometer
- Analysenwaage: Genauigkeit ± 1 mg
- Glaszylinder: Höhe ca. 100 mm, Außendurchmesser 67,5 mm
- Heizplatte mit Thermostat und Magnetrührer
- Becherglas aus hitzebeständigem Glas: Außendurchmesser ca. 170 mm, Fassungsvermögen 5.000 ml
- Dreifuß aus V4A Draht: Höhe 30 mm, Durchmesser Draht 3 mm
- Magnetrührstab: Durchmesser 8 mm, Länge 40 mm
- Uhrglas: Durchmesser mindestens 180 mm
- Große und lange Pinzette oder Tiegelzange
- Stoppuhr: Genauigkeit ± 1 s
- Kunststoffeimer
- Einweghandschuhe

4.3.2.2 Prüfmittel

- ST 50 KF
- 3.000 ml NaOH-Lösung, chemisch rein, $\omega_{\text{NaOH}} = 1$ %, hergestellt unter Verwendung von entmineralisiertem Wasser
- Zitronensäure, kristallin, für Haushaltszwecke

4.3.2.3 Fertigung der Glaszylinder

Die Etikettierung erfolgt auf hohlen Glaszylindern. Die zylindrische Form hat den Vorteil, dass die Verdrängung eines Hohlzylinders beim Eintauchen in die Natronlauge wesentlich geringer ist, als die einer vollständigen Flasche. Dies wiederum führt dazu, dass die Rotationsgeschwindigkeit der NaOH-Lösung im Glaszylinder durch das senkrechte Einsetzen des Hohlzylinders kaum beeinflusst wird und eine konstante, laminare Strömung im Becherglas jederzeit erhalten bleibt.

Die Glaszylinder wurden aus dem Körper von NRW-Flaschen, mittels einer Spezialsäge ausgesägt. Handelsübliche Glasflaschen sind mit einer Heiß- und einer Kaltendvergütung ausgestattet (vgl. Abschnitt 3.1.3). Die Kaltendvergütung wird kontinuierlich, mit jedem Waschvorgang abgetragen, bis sie nach mehreren Waschzyklen nicht mehr nachweisbar ist. Mit fortschreitendem Verlust der Kaltendvergütung geht eine Veränderung der Flaschenoberfläche einher, wodurch auch die Verbindung zwischen Etikettierklebstoff und der Flaschenoberfläche unmittelbar beeinflusst wird. Um von vorneherein auszuschließen, dass durch dieses Phänomen das Ablöseverhalten der Papieretiketten beeinflusst wird, wurden ca. 120 Zylinder aus NRW-Flaschen ohne Kaltendvergütung hergestellt. Für Versuche zum Einfluss der Kaltendvergütung wurden darüber hinaus 60 Zylinder aus handelsüblichen NRW-Flaschen hergestellt und mit dem Kürzel „KV“ gekennzeichnet.

Vor der ersten Verwendung wurden die Glaszylinder gereinigt und mit destilliertem Wasser gespült. Anschließend wurden die beiden Flaschennähte auf einer Seite des Zylinders mit weißer, wasserunlöslicher Farbe markiert, um sie beim Einlegen in die Anrollvorrichtung der Etikettiermaschine möglichst schnell so ausrichten zu können, dass die Etiketten zwischen den Flaschennähten platziert werden.

4.3.2.4 Vorbereitung der Etikettierung

Einstellen der Etikettiermaschine LANGGUTH E 98/2

Von der Leimwalze wird eine Streifenbeimung auf die Etiketten übertragen (siehe Abbildung 42). Die Breite des Klebestreifens beträgt 12 mm, die Breite des klebstofffreien Streifens beträgt 3 mm. Die Etikettenanschlagbleche der Etikettiermaschine wurden so positioniert, dass der belemte Bereich am oberen und unteren Ende der Etiketten jeweils gleich groß waren und die maximal mögliche Breite eingenommen haben. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass die Etiketten an ihrer Ober- und Unterkante ausreichend auf den Zylindern fixiert waren. Anschließend wurde die Position der Glaszylinder auf den Auflegewalzen so angepasst, dass die Etiketten ca. 5 mm bis 15 mm über dem unteren Rand des Zylinders etikettiert wurden.



Abbildung 42: Leimwalze für Streifenbeimung

Als Federdruck für das Anrollen der Etiketten wurde der Maximalwert der Etikettiermaschine angewendet. Der Flaschendurchmesser wurde auf 67,5 mm (Durchmesser von NRW- und Long-Neck-Flaschen) eingestellt. Die Etiketteneinzugrollen und -vorschubwalzen wurden so

positioniert, dass die Etiketten einzeln und gerade in die Etikettiermaschine eingezogen wurden.

Beim Einlegen der Etiketten in die Etikettenzuführung war darauf zu achten, dass die Faseraufrichtung der Etiketten quer zur Längsachse der Glaszylinder verlief.

Einfüllen des Etikettierklebstoffs in das Leimbecken mit Leimwalze

Mit einem Holzspatel wurde so viel Etikettierklebstoff in das Leimbecken eingebracht, dass die Leimwalze mindestens 1 cm tief in den Etikettierklebstoff eintauchte.

Start der Etikettiermaschine

Nach dem Start der Etikettiermaschine beginnt die Leimwalze zu rotieren und nimmt dabei Etikettierklebstoff aus dem Leimbecken auf. Überschüssiger Etikettierklebstoff wird vom Leimschaber abgestreift und fließt zurück in das Leimbecken. Bei diesem Kreislauf wird Luft in den Etikettierklebstoff eingetragen, was sich durch eine Aufhellung der Klebstofffarbe zeigt. Gleichzeitig erwärmt sich der Etikettierklebstoff im Leimbecken durch die Energie, die über die Leimwalze und die am Leimschaber auftretenden Scherkräfte auf den Klebstoff übertragen wird.

Abbildung 43 zeigt beispielhaft den Temperaturverlauf von ST 50 KF, gemessen mit einem Infrarot-Thermometer, direkt unterhalb des Leimschabers. Nach einem Ansteigen der Temperatur um rund 6 °C innerhalb von 10 Minuten, steigt die Temperatur ab 28 °C annähernd linear, mit einer Steigung von rund 0,2 °C/min weiter.

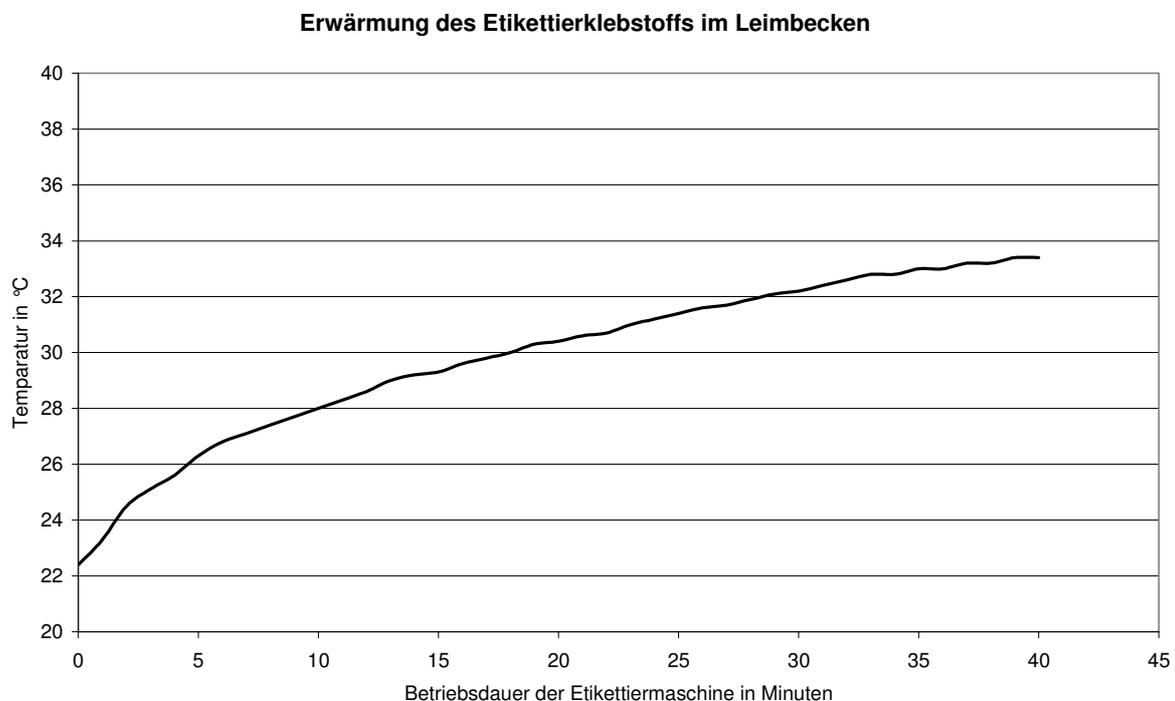


Abbildung 43: Erwärmung des Etikettierklebstoffs im Leimbecken

4.3.2.5 Bestimmung der flächenbezogenen Klebstoffmasse

Mit Ansteigen der Temperatur nimmt die Viskosität von Etikettierklebstoffen stark ab. Die Vermutung liegt nahe, dass sich mit Änderung der rheologischen Eigenschaften auch die flächenbezogene Klebstoffmasse ändert, die auf die Etiketten übertragen wird, selbst wenn die Spaltweite des Leimschabers konstant bleibt.

Aus Abbildung 44 geht hervor, dass im Temperaturbereich von 30 °C bis 32 °C, bei Spaltweiten zwischen 10 µm und 25 µm, keine signifikante Wechselwirkung zwischen Klebstofftemperatur und übertragener Klebstoffmenge besteht. Erst bei einer Spaltweite von 30 µm zieht der Temperaturanstieg auch eine Erhöhung der flächenbezogenen Klebstoffmasse nach sich.

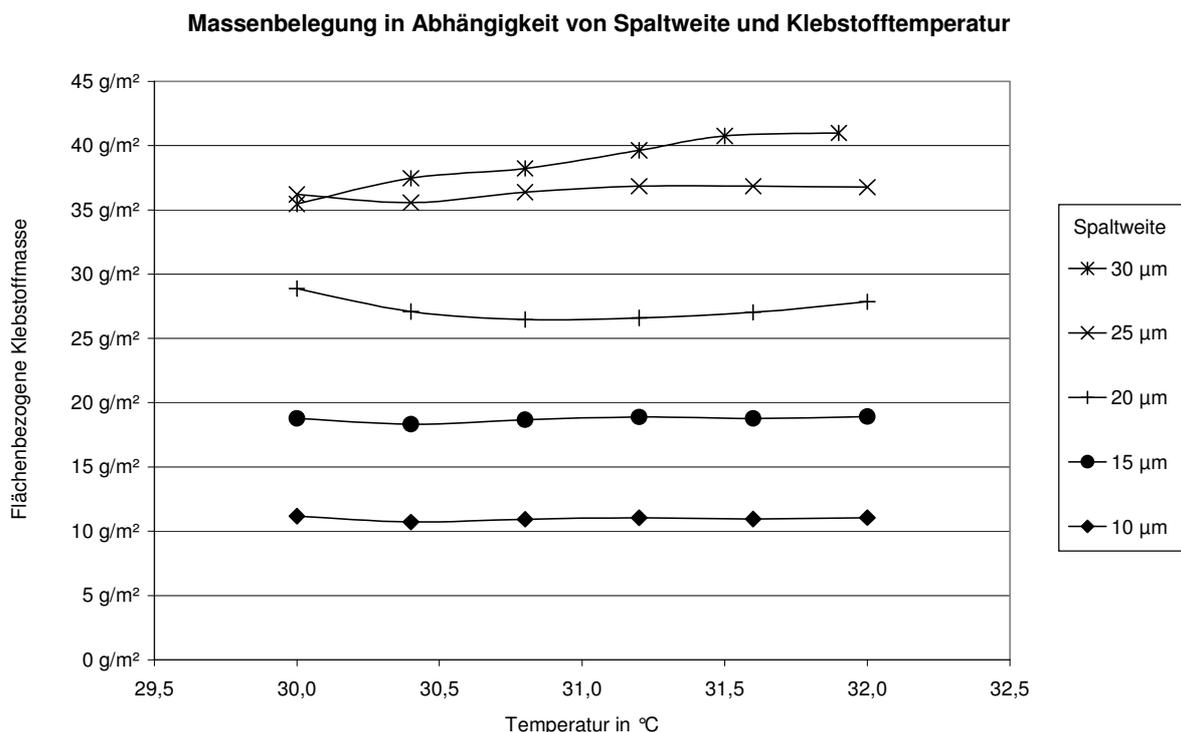


Abbildung 44: Abhängigkeit der Massenbelegung von Spaltweite und Temperatur

Aus diesem Ergebnis lässt sich schließen, dass der Einfluss des Temperaturanstiegs, auf die übertragene Klebstoffmenge während dem Etikettieren der Glaszylinder, bis zu einer Massenbelegung von rund 35 g/m², zu vernachlässigen ist.

Da jedoch bei einer unmittelbar aufeinander folgenden Etikettierung mehrerer Versuchsreihen, nicht bei jeder Versuchsreihe dieselbe Klebstoffmenge benötigt wird, und um gegebenenfalls vorhandene, unbekannte Einflüsse auf die übertragene Klebstoffmenge zu identifizieren, wurde mindestens vor dem ersten und nach dem letzten Etikettiervorgang aufeinander folgender Versuchsreihe die Massenbelegung des Etikettierklebstoffs bestimmt.

Hierfür wurde die Masse eines Etiketts mittels Analysenwaage bestimmt. Das Etikett wurde anschließend mit der Etikettiermaschine beleimt, an der Anrollstation der Etikettiermaschine mit einer Pinzette aufgefangen und sofort, mit der Klebstoffseite nach innen, zusammengefaltet, um den Gewichtsverlust durch Verdunsten von Feuchtigkeit zu minimieren, und erneut

ausgewogen. Auf diese Weise wurden vier weitere Etiketten beklebt und ausgewogen. Die Massenbelegung berechnet sich nach folgender Formel.

$$\text{Formel 2: } M_{(\text{Klebstoff})} = \frac{\sum_{n=1}^k m_{n(\text{Etikett + Klebstoff})} - m_{n(\text{Etikett})}}{k \times A}$$

; $M_{(\text{Klebstoff})}$ = Massenbelegung in g/m^2 ; m = Masse in g

; k = 5 Messungen ; A = Fläche des Etiketts in m^2

Je nach Bedarf, wurde die Bestimmung der flächenbezogenen Klebstoffmasse auch vor und nach einzelnen Versuchsreihen, beziehungsweise jeweils zwischen mehreren Versuchsreihen bestimmt.

Entsprach die gemessene Massenbelegung nicht den jeweiligen Anforderungen, so wurde die Einstellung des Leimschabers entsprechend korrigiert, und die Bestimmung der flächenbezogenen Klebstoffmasse solange wiederholt, bis die gewünschte Klebstoffmenge erreicht war.

4.3.2.6 Durchführung – Etikettierung und Lagerung der Glaszylinder

Nach dem Einstellen der Klebstoffmenge wurden die zuvor vorbereiteten Versuchsetiketten in den entsprechenden Schacht der Etikettiermaschine eingelegt und unverzüglich mit der Etikettierung der bereitgestellten Glaszylinder begonnen. Beim Etikettieren wurde darauf geachtet, dass der Zeitabstand zwischen der Etikettierung von zwei Zylindern rund 10 Sekunden betrug.

Die etikettierten Glaszylinder, wie sie in Abbildung 45 zu sehen sind, wurden anschließend bei Normalklima nach DIN EN 201887 über Nacht gelagert. Die Anzahl n der etikettierten Glaszylinder in den einzelnen Versuchsreihen kann variieren und wird in den Arbeitspaketen daher für jede Versuchsreihe individuell angegeben.



Abbildung 45: Nach der Arbeitsmethode etikettierte Glaszylinder

4.3.2.7 Durchführung – Ablösen der Etiketten

- Einfüllen der NaOH-Lösung in das Becherglas.
- Einstellen der Rührerdrehzahl von $460 \pm 20 \text{ min}^{-1}$.
- Dreifuß einsetzen.
- Erwärmen der NaOH-Lösung auf $75 \pm 1 \text{ °C}$, dabei mit Uhrglas abdecken.
- Der Glaszylinder wird in die NaOH-Lösung getaucht und senkrecht, mit den Markierungen für die Flaschennaht nach oben, mittig auf den Dreifuß gestellt.
⇒ Beginn der Messung: Erster Kontakt des Etiketts mit der NaOH-Lösung.
- Das Etikett hat sich vollständig vom Glaszylinder gelöst und schwimmt frei in der NaOH-Lösung.
⇒ Ende der Messung, sobald das Etikett den Kontakt zum Glaszylinder verloren hat.
- Die NaOH-Lösung ist nach spätestens 20 Einzelmessungen zu ersetzen.

Einer der verwendeten DreifüÙe ist in Abbildung 46 zu sehen. Die DreifüÙe wurden so gestaltet, dass sie den Glaszylinder etwa im Zentrum der rotierenden NaOH-Lösung positionieren und gleichzeitig die laminare Strömung der Lösung nur geringfügig beeinflussen. Der gesamte Versuchsaufbau, jedoch ohne Natronlauge und Uhrglas, ist in Abbildung 47 dargestellt.



Abbildung 46: DreifuÙ

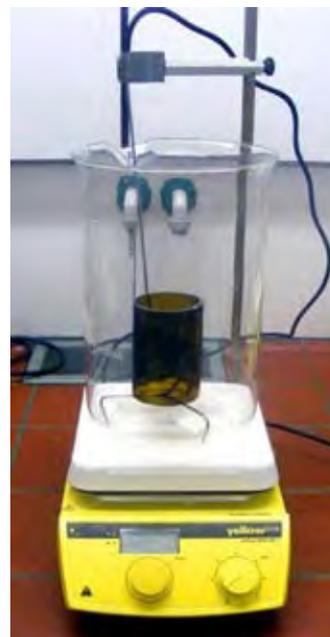


Abbildung 47: Versuchsaufbau

4.3.2.8 Reinigung und Lagerung der Glaszylinder

Unmittelbar nach dem Ablösen des Etiketts wurde dieses aus der NaOH-Lösung entnommen und entsorgt. Der Glaszylinder wird ebenfalls aus der NaOH-Lösung entnommen und in einem Becken, gefüllt mit leicht angesäuertem Leitungswasser, bis zur Endreinigung zwischengelagert. Die Lagerung der Zylinder in leicht saurem Milieu verhindert, dass das Natriumhydroxid nach der unten dargestellten Reaktionsgleichung, unter Aufnahme von Kohlendioxid,

oxid aus der Luft, zu Natriumhydrogencarbonat weiter reagiert und einen manuell nur sehr schwer zu reinigenden, grauen Schleier auf den Glaszylindern hinterlässt.

Reaktionsgleichung: $\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3$

Die Endreinigung der Glaszylinder erfolgte durch händisches Abreiben der Zylinder unter warmem, fließendem Leitungswasser und anschließendem Abspülen mit entmineralisiertem Wasser. Dabei wurden Einweghandschuhe getragen, um eine Beeinflussung der Glasoberfläche zu vermeiden.

4.3.2.9 Auswertung der Ergebnisse

Analog zu Abschnitt 4.3.1.6.

4.3.3 Arbeitspaket 6: Methodenentwicklung zur Modifizierung und Erweiterung der DIN 16524-6

Da die Anschaffung einer halbautomatischen Etikettiermaschine (LANGGUTH E 98/2) für den Routine-Laborbetrieb zu kostenintensiv wäre, sollte eine praktikable und kostengünstige Alternative gefunden werden. Dazu wurden zuerst Vorversuche durchgeführt, bei denen die Beileimung und Etikettierung manuell in zwei Schritten erfolgte.

4.3.3.1 Beileimung über Rakel

Zum einen wurden Beileimungsversuche über ein halbautomatisches Rakel, zum anderen über Handrakel durchgeführt.



Abbildung 48: K 303 Control Coater-Modell 625

Der „K 303 Control Coater-Modell 625“ der Firma Erichsen ist ein elektromotorisch angetriebenes Filmapplicationsgerät zum Beschichten verschiedenster Oberflächen mit einer definierten und gleichmäßigen Auftragsstärke. Die Rakel wird linker- und rechterseits der Beschichtungsfläche an den überstehenden Enden eingespannt und mit definierten Gewichten beschwert. Daraufhin wird sie mit gleichmäßiger Anpresskraft und stufenlos verstellbarer Geschwindigkeit über die $35,0 \times 47,5$ cm große Auftragsfläche mechanisch gezogen. Mit dem Halbautomaten wurde eine 3-lagige Druckunterlage, bestehend aus Soft-, Gummi- und Meli-

nexfolie, geliefert. Nach Auskunft des Herstellers sollte sie die Beschichtungsergebnisse noch verbessern.

Die verwendeten Rakelstäbe bestanden aus einem Stahlkern, welcher mit einem rostfreien Spezialdraht umwickelt war. Aufgrund der verschiedenen Drahtstärken war die Auftragung unterschiedlich dicker Filme möglich.

Tabelle 6: Verwendete Rakel

Stabnummer:	Grifffarbe:	Aufgetragene Nassfilmdicke (in μm):
1	gelb	6
2	rot	12
3	grün	24
4	schwarz	40
5	hornfarben	50
6	orange	60

Um das Verfahren zu vereinfachen und Kosten bei der Gerätebeschaffung zu sparen, wurden alle Beleimungen am Ende nur noch mit Handrakeln durchgeführt. Die mechanische Führung wurde durch eine händische Führung abgelöst, was vergleichbare Resultate lieferte.

4.3.3.2 Glaszylinder

Für die Versuche wurden von einem Glasbläser 100 transparente Glaszylinder ohne Vergütung hergestellt und zurechtgeschnitten, die in etwa den Durchmesser von 0,5-l-Glasflaschen haben sollten. Die Zylinder hatten folgende Maße:

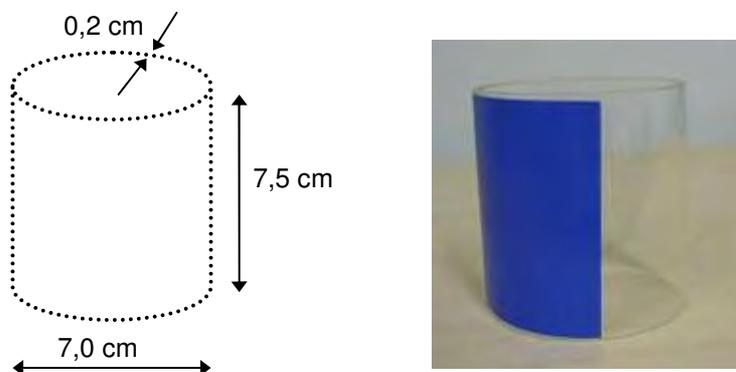


Abbildung 49: Glaszylinder für Vor- und Ringversuche

4.3.3.3 Durchführung – Etikettierung und Lagerung der Glaszylinder

Bei den ersten Versuchen erfolgte die Beleimung und Etikettierung in zwei Schritten:

- a) Beleimung über direkten Rakelauftrag auf die Etiketten
 - b) Etikettierung über Anrollen des Etiketts per Hand auf dem Glaszylinder
- zu a) Beleimung

Zur Fixierung des Etiketts für die Beleimung mit dem K 303 Control Coater-Modell 625 bzw. von Hand wurde zuerst ein einfacher Klebefilm erprobt, welcher parallel den oberen Rand des Etiketts, bezogen auf die Rakelziehrichtung, auf der Unterlage fixierte.

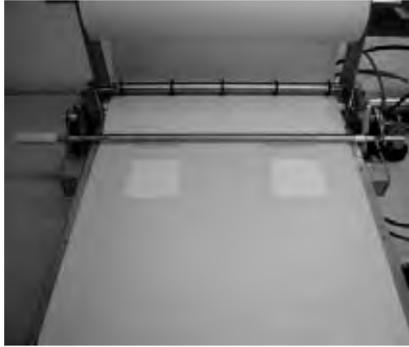


Abbildung 50: Beleimung mit dem „Multicoater“ (a,c,d)

Zu b) Etikettierung

Nach erfolgter Beleimung konnte das Etikett mithilfe einer dünnen Pinzette herausgezogen und auf den Glaszylinder übertragen. Das beleimte Etikett wurde dabei leicht mit der Hand aufgestrichen, bevor der Zylinder von Hand auf einer Gummimatte angedrückt wurde. Dazu wurde der Zylinder dreimal mit leichtem Druck auf der Unterlage um 360 Grad gerollt. Bei der Fixierung mit Klebefilm wurde allerdings am oberen Rand des Papieretiketts ein minimaler Streifen von ca. 1-2 mm Breite von Klebstoff ausgespart. Aus diesem Grund wurde für den späteren Ringversuch (siehe Arbeitspaket 8) eine bessere Methode gesucht.

Als Auftragsoberfläche wurden verschiedene Unterlagen getestet:

- Metallfläche des automatischen Rakelauftraggerätes;
- Zweischichtige Gummiunterlage (Zubehör „Multicoater“);
- Glasplatte.

Über die jeweilige Unterlage wurde stets eine Kunststoffolie als Verschmutzungsschutz gelegt, sowie eine entsprechend fixierte Papierbahn, um die umgebende, mitbeleimte Fläche kostengünstig und ohne viel Aufwand austauschen zu können.

Nach der Beleimung wurden die Glaszylinder im Klimaraum bei 23 ± 1 °C und 50 ± 2 % relativer Luftfeuchte getrocknet.

4.3.3.4 Durchführung – Ablösen der Etiketten

Analog zu Abschnitt 4.3.2.7.

4.3.3.5 Reinigung und Lagerung der Glaszylinder

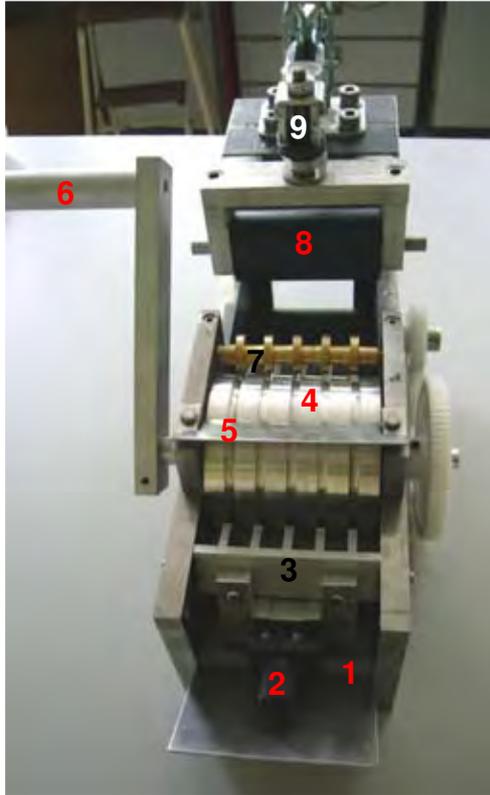
Analog zu Abschnitt 4.3.2.8.

4.3.4 Entwicklung eines Handbeleimungs- und Etikettierapparates

Im Rahmen der Voruntersuchungen in Arbeitspaket 6 wurde versucht, einen kostengünstigen Handbeleimungs- und Etikettierapparat zu entwickeln, der die Vorteile bietet, wie die Etikettiermaschine, die in den Arbeitspaketen 3 und 4 zum Einsatz kam.

4.3.4.1 Konstruktion

Es sollte ein, in der Ausführung und Anwendung möglichst einfach und kostengünstig herzustellender Apparat entworfen werden, welcher Beleimung und Etikettierung eines hohlen Glaszylinders in einem einzigen standardisierten Arbeitsgang automatisiert. Ein solches Modell wurde in der Werkstatt des Fraunhofer-Institutes für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) konstruiert, wobei ein Kostenbetrag von 1000 € nicht überschritten werden durfte.



Bestandteile:

- 1 Leimwanne
- 2 Rakelstellschraube (womit Abstand zur Leimwalze verstellbar)
- 3 Rakeleinheit
- 4 Leimwalze (aus Aluminium)
- 5 Abdeckblech zum Auflegen des Etiketts
- 6 Drehkurbel
- 7 Andrückeinheit: Etikett/Leimwalze
- 8 Gummiandrückwalze: Etikett/Glaszylinder
- 9 Hebelmechanismus zum Anheben der oberen Gummiandrückwalze, um Glaszylinder einsetzen zu können

Abbildung 51: Handbeleimungs- und Etikettierapparat

4.3.4.2 Etikettierversuche

Die Verwirklichung dieser Apparatur barg allerdings einige unvorhergesehene Schwierigkeiten. Das größte Problem stellte die Zähflüssigkeit des Leims dar. In der Praxis wird der Leim, im Falle der Nassetikettierung, auf Temperaturen zwischen 28 und 34 °C erwärmt. Bei diesen Temperaturen nimmt die Viskosität einen deutlich niedrigeren Wert an. Eine Erwärmung war im Rahmen der Kostenvorgaben nicht vorgesehen. Weitere Restriktionen sollen in Bild und Schrift erklärt werden.

Bild a:



Bild b:

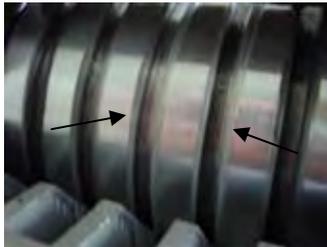


Bild c:



Bild d:



Die eingebaute Kunststoff rakel war weitgehend in der Lage, den zähflüssigen Leim von der Leimwalze zurück in die Leimwanne abzurakeln, jedoch bereiteten die Übergaberillen auf der anderen Seite der Leimwalze erhebliche Probleme. Die Übergaberillen sollten dazu dienen, das Etikett nach erfolgter Beleimung von der Leimwalze abzuheben und auf den Glaszylinder überzuleiten. Sie ragten bündig in die Aussparungsrillen der Leimwalze. Aufgrund der ausgesprochenen Zähigkeit des Etikettierleims wurde beim Abrakeln fortdauernd eine kleine Menge des Leims in die Aussparungen gedrängt, welche auf der anderen Seite der Leimwalze von den Übergaberillen aufgenommen wurde (Bild a).

Bei längerer Betätigung sammelte sich eine gewisse Menge Leim aus demselben Grund auch oberhalb der Rakel an. Dies führte dazu, dass sich an den Rändern der beleimenden Partien der Leimwalze mitgeschleppter Kleber befand (siehe: Bild b). Dieser Mehrauftrag an Kleber war nicht definierbar und hätte die Ergebnisse verfälscht.

Der aus Trägheit mitgeschleppte, auf den Übergaberillen anhaftende Leim führte im weiteren Verlauf dazu, dass das Etikett nicht reibungslos von der Leimwalze auf den Glaszylinder überführt werden konnte. Entweder klebte das Etikett an den Übergaberillen fest und wurde zusammengesoben, oder es gelangte schief auf den Glaszylinder.

Im Bild c ist der Vorgang ohne die Verwendung von Leim dargestellt, wie er hätte funktionieren sollen (Rakeleinheit wurde hier ausgebaut, Blick auf die darunter liegende Leimwanne).

Bei der Herstellung des Apparates wurden verschiedene Metalltypen verwendet. Die Beleimungswalze bestand aus Aluminium, der umgebende Rahmen aus Stahl. Dies hatte zur Folge, dass bei der Benutzung mit der Zeit die weichere Aluminiumwalze spähneweise abgetragen wurde.

Die Andrückeinheit aus Messing hatte einen zu großen Abstand zur Leimwalze, bzw. es fand aufgrund der festen Fixierung im Stahlrahmen keine effektive Anpressung des Etiketts an die Leimwalze statt. Wurde die Apparatur ohne

Bild e:



Etikett im Leerlauf betrieben, so wurde die Einheit selbst, anstatt dem Etikett, mit Leim versehen (siehe: Bild e), welcher im Nachfolgenden auf der Etikettenoberseite aufgebracht wurde, was die später angeordneten Gummiwalzen wiederum unerwünschter Weise mit Leim verklebte.

Die Raketstellschraube konnte nicht präzise genug eingestellt werden.

Die Leimwanne war an den Seiten nicht hoch genug gebogen (siehe: Bild e), sodass die Menge an einzufüllendem Leim klein gehalten werden musste, um ein seitliches Herausfließen zu verhindern.

Die Reinigung der gesamten Apparatur nach Beendigung der Versuche war sehr aufwendig. Aufgrund der massiven Bauweise gestaltete es sich schwierig, von allen Seiten warmes Wasser zur Reinigung durchlaufen zu lassen. Auch konnte das Wasser aus den Fugen nicht restlos wegtrocknen, wodurch die Apparatur bereits nach dreimaligem Reinigen zu korrodieren begann. Ein Zerlegen der Apparatur war möglich, kostete jedoch viel Zeit und Aufwand.

4.3.4.3 Bewertung der Etikettierversuche des Handbeleimungs- und Etikettierapparates und Entwurf eines einfachen Etikettierapparats ohne Beleimung

Aufgrund der gezeigten Schwierigkeiten wurden Verbesserungsmöglichkeiten diskutiert. Diese Diskussionen ergaben, dass die Herstellung eines Handbeleimungs- und Etikettierapparats im Rahmen der finanziellen Vorgabe von 1000 Euro nicht möglich ist.

Deshalb musste das Vorhaben, einen Handetikettierapparat zu entwerfen, welcher Beleimung und Etikettenauftrag unter standardisierten Bedingungen in einem Arbeitsschritt vollbringt, fallen gelassen werden.

Es lässt sich festhalten, dass sich der Apparat als Andrückhilfe des Etiketts an den Glaszylinder bis zuletzt bewährt hat und deshalb die Idee der Etikettierung über Handkurbel in den Entwurf einer neuen Prüfvorschrift aufgenommen wurde. Dazu wurde die in Abbildung 52 dargestellte Etikettiereinheit konstruiert. Folgende konstruktive Änderungen wurden dabei vorgenommen:

- Verwendung leichterer Materialien, vor allem Aluminium,
- Verzicht auf die Beleimungsstation aus Kostengründen,
- Breitere Ausführung, damit auch Glaszylinder mit größeren Etiketten ausgestattet werden können.

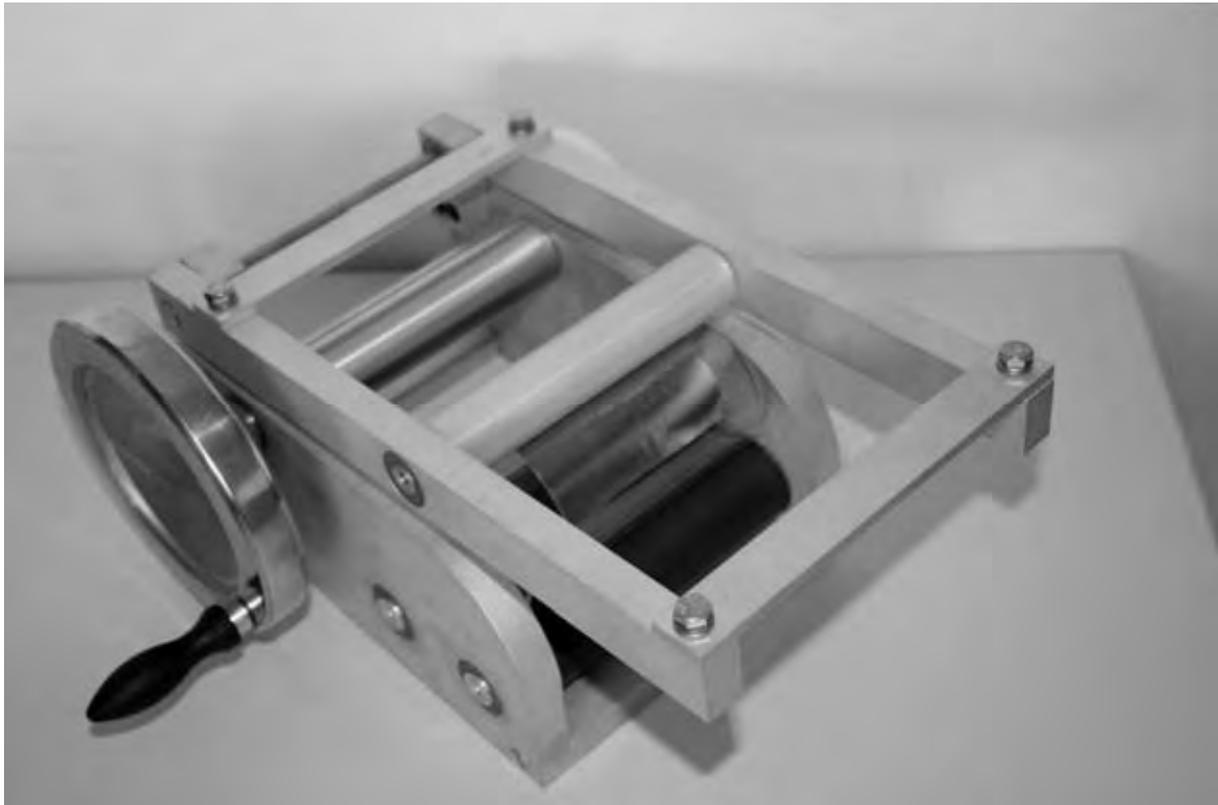


Abbildung 52: Etikettiereinheit mit Handkurbel (ohne Leimauftrag)

4.3.5 Arbeitspaket 6: Voruntersuchungen

Die Versuche in den Arbeitspaketen 3 und 4 wurden nach der Arbeitsmethode aus Abschnitt 4.3.2 durchgeführt. Bei der Arbeitsmethode erfolgte die Etikettierung mit einer halbautomatischen Etikettiermaschine vom Typ LANGGUTH E 98/2. Diese Etikettiermaschine erlaubte die Etikettierung einer hohen Zahl von Glaszylindern, in relativ kurzer Zeit, bei gleichzeitig hoher Reproduzierbarkeit des Etikettierergebnisses.

Für die zu entwickelnde „modifizierte Methode“ ist der Einsatz einer solchen Etikettiermaschine jedoch gänzlich ungeeignet. Zum Einen sind die Anschaffungskosten, im Vergleich zu den Gerätschaften der DIN 16524-6, relativ hoch. Zum Anderen muss für jede Etikettierung das Leimbecken der Maschine ausreichend gefüllt werden. Werden, wie im Laboralltag durchaus üblich, nur wenige Glaszylinder für jeden Versuch etikettiert und sind mehrere Versuche über den Tag verteilt durchzuführen, so würde dies zu einem nicht unerheblichen Klebstoffverbrauch führen. Beides wäre der Akzeptanz für die zu entwickelnde Methode abträglich.

Wie im vorausgegangenen Abschnitt erläutert wurde, sollten die Beleimung und die Etikettierung mittels Rakel und maschinellem Anrollgerät erfolgen. Wie die Beleimung und Etikettierung im Detail durchzuführen sind, wurde durch Vorversuche untersucht, deren Ergebnisse in den folgenden Abschnitten dargestellt werden.

4.3.5.1 Material und Methoden

Mit den Voruntersuchungen wurden der Einfluss der Temperatur, der Verdünnung des Leims mit Wasser, der Leimauftragsmenge, der Unterlage bei Rakel-Beleimung und der Rakelgeschwindigkeit auf die Leimauftragsmenge und die Ablösezeit bestimmt.

Für die Versuche kamen jeweils ein nicht metallisiertes (BP1_OS_M0-P0-L0, kurz SE) und ein metallisiertes Papier (BP2_OS_M1-P0-L0, kurz ME) der Charge 1 zum Einsatz (vgl. Abschnitt 4.1.1). Beide Papiere wurden im Offsetdruck bedruckt und waren nicht geprägt oder lackiert.

Die detaillierte Vorgehensweise bei den Voruntersuchungen ist in Abschnitt 4.3.3 beschrieben.

4.3.5.2 Ergebnisse

4.3.5.2.1 Flächengewichtsbestimmung

Die Leimauftragsmenge pro Etikettenfläche wird in der Praxis aus Kostengründen nach dem Prinzip: „So wenig wie möglich, so viel wie nötig“, geregelt. Sie liegt bei 8 g/m^2 bis 15 g/m^2 , bezogen auf das Nassgewicht. Es stellte sich die Frage, mit welcher Rakel sich eine flächenbezogene Masse von zunächst 15 g/m^2 am ehesten erzielen lässt. In der DIN 16524-6 wird eine $50 \mu\text{m}$ Rakel verwendet.

Die Prüfmethode wurde hauptsächlich mit Türmerleim ST 50 KF durchgeführt, welcher standardmäßig in vielen abfüllenden Betrieben für die Kaltbeimung verwendet wird.

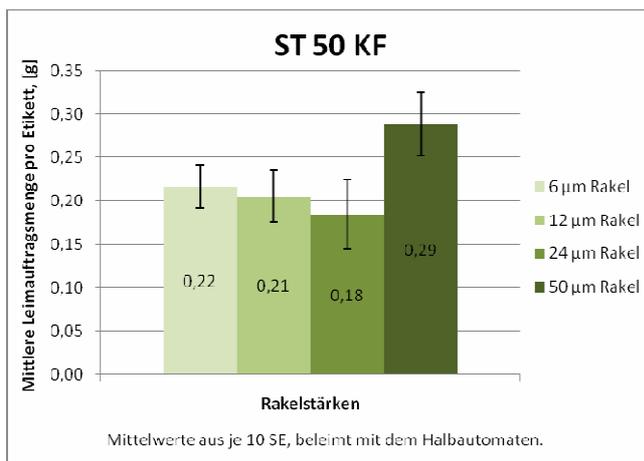


Abbildung 53: Leimauftragsmenge pro Etikett, in Abhängigkeit von der Rakel (SE = BP1_OS_M0-P0-L0)

Bei der Bestimmung der mittleren Leimauftragsmenge mit vier verschiedenen Rakeln unter der Verwendung von ST 50 KF wurde festgestellt, dass die aufgetragene Leimmenge nicht mit den verwendeten Rakelstärken korreliert. Die Rakelstärken verdoppeln sich in Abbildung 53 dreimal von links nach rechts. Die mittleren Leimauftragsmengen jedoch nicht. Im Gegenteil, sie nehmen zunächst ab, bei der $50 \mu\text{m}$ Rakel ist die Auftragsmenge auf einmal wieder erhöht. Die Werte liegen zwischen 36 g/m^2 und 58 g/m^2 . Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen ist, dass er Leim bei Raumtemperatur zu dickflüssig ist, sodass die Rakel auf einem Leimfilm gleitet.

Parallel dazu wurden Ablöseversuche mit zwei der verwendeten Rakel durchgeführt (siehe Abbildung 54).

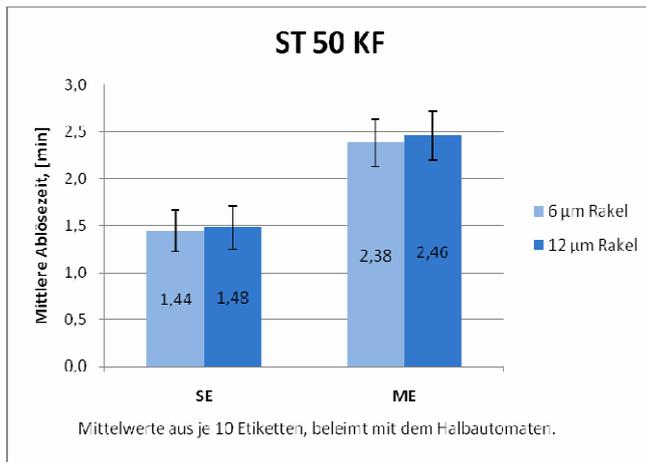


Abbildung 54: Ablösezeit mit unterschiedlichen Rakeln (SE = BP1_OS_M0-P0-L0 / ME = BP2_OS_M1-P0-L0)

Die metallisierten Etiketten (ME) benötigen generell mehr Zeit bis zur vollständigen Ablösung als die Etiketten ohne Metallisierung (SE). Die Variationskoeffizienten sind bei den metallisierten Etiketten ein wenig höher als bei den Etiketten ohne Metallisierung. Wegen des relativ hohen Variationskoeffizienten lassen sich jedoch letztlich keine signifikanten Unterschiede feststellen.

4.3.5.2.2 Flächenbezogene Leimaufragsmenge bei Beleimung mit erwärmtem Leim

In der Praxis wird der Leim vor dem Auftrag auf die Leimpaletten auf Temperaturen zwischen 25 °C und 32 °C erwärmt, damit seine Viskosität abnimmt und er dadurch unter anderem pumpfähig wird. Deshalb wurde der Einfluss einer Erwärmung des Leims auf 40 °C, auf die resultierende Auftragsmenge untersucht. Dazu wurde der Leim in einem Wasserbad temperiert und die Temperatur mit einem Thermometer eingestellt.

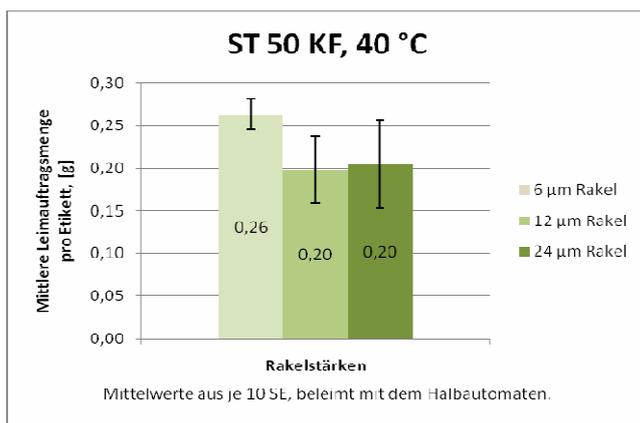


Abbildung 55: Leimaufragsmenge pro Etikett, in Abhängigkeit von der Klebstofftemperatur (nicht metallisiertes Papier (SE = BP1_OS_M0-P0-L0))

Der direkte Vergleich der Ergebnisse (Abbildung 55) mit denen des normal raumtemperierten Leimes (Abbildung 53) lässt keinen großen Unterschied erkennen. Die Werte für die Auftragsmenge pro m² liegen hier zwischen 39,7 g und 52,7 g.

Die angestrebten 15 g/m² konnten weder durch die Verwendung eines Referenzleimes noch durch dessen Viskositätssenkung mittels Erwärmung erreicht werden.

4.3.5.2.3 Flächenbezogene Leimauftragsmenge bei Beleimung mit verdünntem Leim

Zur weiteren Viskositätssenkung wurde im Folgenden mit verdünntem Leim experimentiert. Dieser wurde mit Hilfe eines Thermomixers hergestellt. Es zeigte sich, dass bei einem Verdünnungsverhältnis Wasser/Leim von 1:1 die theoretische Auftragsmenge (definiert durch Rakelstärke) und die tatsächliche Auftragsmenge gut übereinstimmte (Abbildung 56).

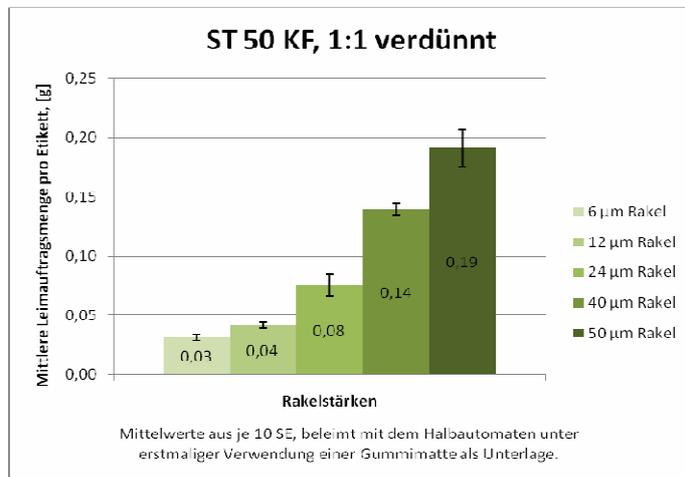


Abbildung 56: Leimauftragsmenge pro Etikett mit verdünntem Klebstoff und nicht metallisiertem Papier (SE = BP1_OS_M0-P0-L0)

Die Ergebnisse zeigen bei verdünntem Etikettierklebstoff einen klaren Zusammenhang zwischen den verwendeten Rakelstärken und der daraus resultierenden mittleren Leimauftragsmenge pro Etikett. Bei der Ermittlung der Leimauftragsmenge pro m^2 darf nun nicht mehr mit dem Faktor 200 gerechnet werden. Wegen der 1:1 Verdünnung wird nun die mittlere Leimauftragsmenge pro Etikett nur noch mal 100 genommen. Damit ergeben sich Leimauftragsmengen zwischen 3 g/m^2 und 19 g/m^2 . Die optimale Rakel zur Erzielung von ca. 15 g/m^2 wäre demnach die 40 µm Rakel.

Auch hierzu wurden parallel Ablöseversuche durchgeführt (Abbildung 57).

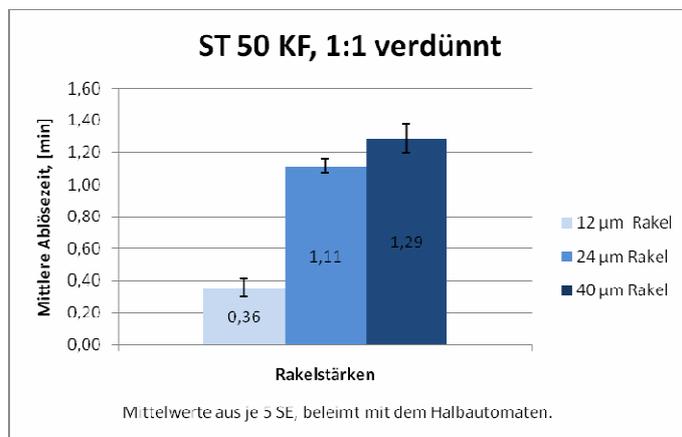


Abbildung 57: Ablösezeit mit unterschiedlichen Rakeln und verdünntem Etikettierklebstoff und nicht metallisiertem Papier (SE = BP1_OS_M0-P0-L0)

Die Ablösezeiten liegen allesamt unter zwei Minuten und sind im Vergleich zum nicht verdünnten ST 50 KF aufgrund des halbierten Klebstoffanteils wesentlich verkürzt.

4.3.5.2.4 Einfluss der Unterlage beim Rakeln auf die Standardabweichung der flächenbezogenen Klebstoffmasse

Um den bisher positiv beobachteten Einfluss der Gummimatte auf den Variationskoeffizienten bei den flächenbezogenen Leimmengen zu untermauern, wurden dazu noch zusätzliche Versuche durchgeführt. Bei einer konstanten Rakelstärke von 50 µm wurden je 20 Etiketten des Typs BP1_OS_M0-P0-L0 (SE) und je 5 des Typs BP2_OS_M1-P0-L0 (ME) ohne bzw. mit Gummimatte als Unterlage mit dem Halbautomaten beleimt.

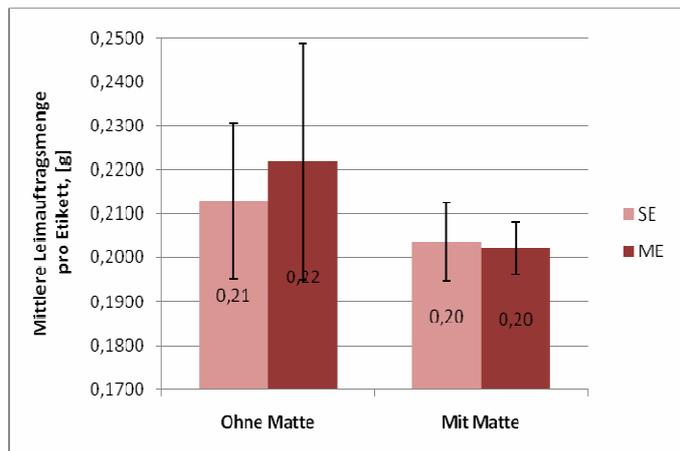


Abbildung 58: Beleimung mit und ohne Gummimatte (SE = BP1_OS_M0-P0-L0 / ME = BP2_OS_M1-P0-L0)

Aus dem Diagramm (Abbildung 58) wird ersichtlich, dass der Variationskoeffizient der mittleren Leimauftragsmenge pro Etikett bei beiden Etikettentypen bei Verwendung der Gummimatte wesentlich kleiner ausfiel. Die Gummimatte erreicht also durch eine kleinere Standardabweichung die genauere Angleichung der Ergebnisse an den Mittelwert. Auch die mittleren flächenbezogenen Auftragsmengen der metallisierten und nicht metallisierten Varianten näherten sich aneinander an. Die Benutzung der Matte wurde daher fortgesetzt. Die flächenbezogene Masse pro m² bei Verwendung der 50 µm Rakel nahm Werte zwischen 20 g und 22 g ein, was die bereits gefundenen Werte bestätigt.

Als dritte Unterlage wurde eine ebene Glasplatte mit der Gummimatte verglichen. Bei konstanter Rakelstärke von 50 µm ergab sich bei einer statistisch abgesicherten Probenanzahl von 50 Stück, dass die Standardabweichung bei Verwendung der Glasplatte noch etwas kleiner ausfällt (Abbildung 59). Dies könnte daran liegen, dass bei Verwendung einer ebenen Glasplatte die Kraft mit der Rakel gleichmäßiger auf der Unterlage verteilt werden kann.

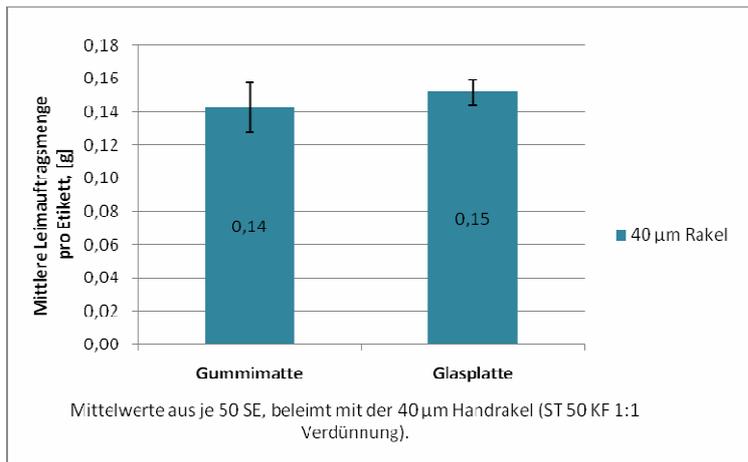


Abbildung 59: Vergleich Gummimatte mit Glasplatte (SE = BP1_OS_M0-P0-L0)

4.3.5.2.5 Einfluss der Rakelgeschwindigkeit auf flächenbezogene Klebstoffmasse

Die Geschwindigkeit mit der die Rakel mechanisch vorwärts bewegt wird, kann beim automatischen Leimauftraggerät stufenlos eingestellt werden. Bei einer konstant bei 50 µm gehaltenen Rakelstärke wurden unter der Verwendung des 1:1 verdünnten Leims Flächengewichtsbestimmungen bei vier verschiedenen Geschwindigkeiten durchgeführt. Das folgende Diagramm zeigt die Ergebnisse.

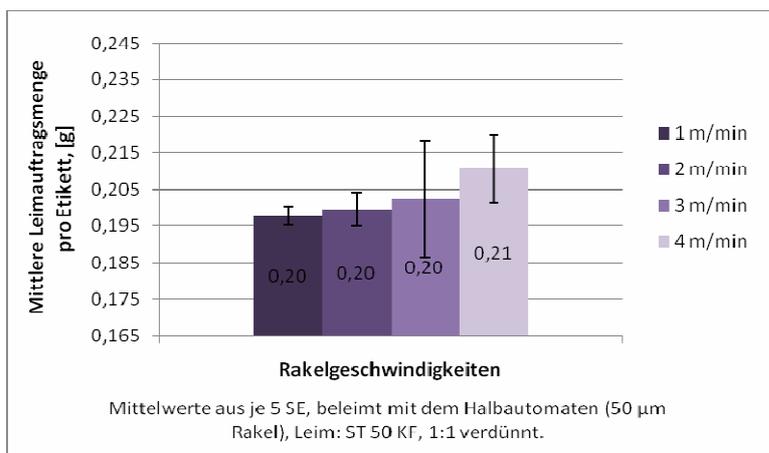


Abbildung 60: Leimauftragsmenge in Abhängigkeit der Rakelgeschwindigkeit

Es zeigt sich eine minimale kontinuierliche Zunahme der mittleren Leimauftragsmenge pro Etikett mit zunehmender Rakelgeschwindigkeit. Dies ist dadurch zu begründen, dass dem hochviskosen Leim bei einer vergleichsweise hohen Geschwindigkeit der Rakel, weniger Zeit bleibt sich in den Drahtzwischenräumen zu verteilen. Die Rakel gleitet dann auf einer Leimschicht dahin und rakelt keine definierte Menge mehr ab. Auch optisch war dies zu beobachten. Bei geringerer Geschwindigkeit war ein feines Rillenmuster auf der Leimschicht des beleimten Etiketts zu erkennen, bei schnellerer Geschwindigkeit war es nur mehr eine homogene Fläche. Die Variationskoeffizienten sind auch hier allesamt sehr klein. Die Auftragsmenge pro m² liegt hier bei Verwendung der 50 µm Rakel zwischen 20 g und 22 g.

4.3.5.2.6 Beleimung mit der Handrakel

Bei späteren Versuchen wurde auf den „Multicoater“ als Beleimungshilfsmittel verzichtet, um den Geräteaufwand für die „modifizierte Methode“ möglichst gering zu halten.

Als Erstes wurde getestet, welchen Einfluss verschiedene Handrakel-Andrückstärken, bei konstant gehaltener Rakelstärke von 50 µm, auf die Leimaufragsmenge pro Etikett haben würden (Abbildung 61).

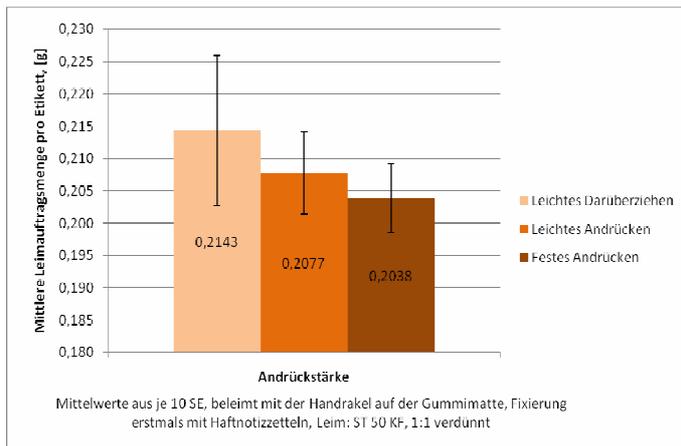


Abbildung 61: Einfluss der Andrückstärken auf die Leimaufragsmenge (SE = BP1_OS_M0-P0-L0)

Die Unterschiede sind bei verdünnten Leim relativ gering. Die Differenz zwischen den mittleren Leimaufragsmengen von leichtem Darüberziehen zu festem Andrücken beträgt 0,0105 g pro Etikett oder 1 g/m². Dieser Unterschied ist zu vernachlässigen. Auch die Variationskoeffizienten sind sehr klein. Vergleicht man dieses Ergebnis mit dem des vorhergehenden Versuches, in welchem noch mit dem Halbautomaten beleimt wurde, so ist die aufgetragene mittlere Leimmenge nur unwesentlich höher.

Um zu testen wie subjektiv die Kraftanwendung ist mit der die Rakel auf die Oberfläche gedrückt wird, wurde der Versuch mit drei Personen, einem Mann (Person 1) und zwei Frauen (Person 2 und Person 3), wiederholt. Ihnen wurde gesagt, sie sollen die Rakel mit „mittlerer Andrückkraft“ ziehen (siehe Abbildung 62).

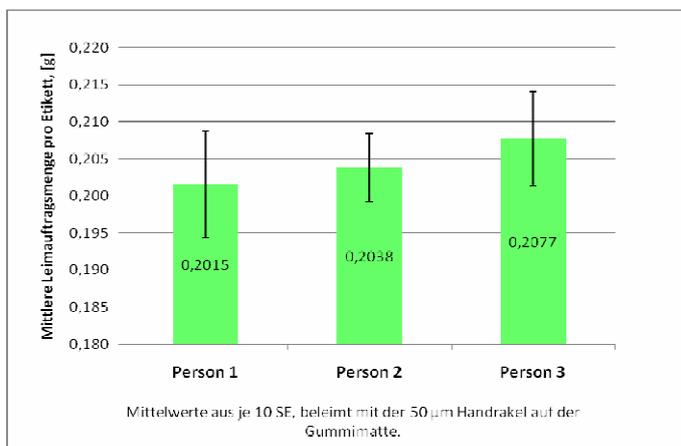


Abbildung 62: Leimaufragsmengen bei verschiedenen Prüfern

Es wird ersichtlich, dass sich die Leimauftragsmengen pro Etikett, trotz der unterschiedlichen Prüfer in nicht nennenswertem Umfang voneinander unterscheiden, wenn der Leim 1:1 mit Wasser verdünnt wird. Dies wäre eine Voraussetzung für die Nutzung der Handrakel in der zu entwickelnden Methode.

Noch einmal wurde überprüft, wieviel Gramm des 1:1 verdünnten Leims mit den einzelnen Rakeln bei mittlerer Andrückkraft im Durchschnitt auf das Etikett aufgebracht werden.

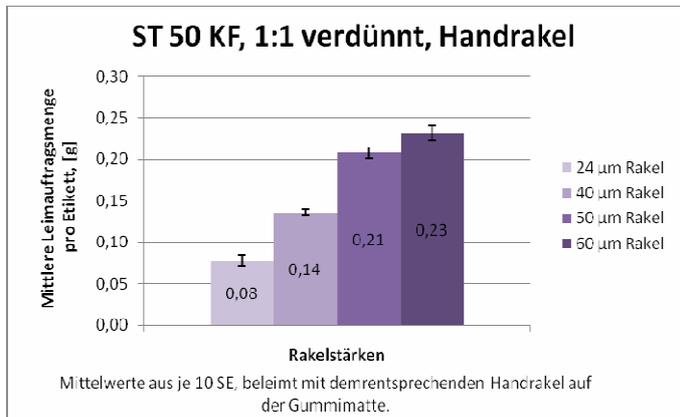


Abbildung 63: Leimauftragsmenge mit verdünntem Klebstoff und verschiedener Rakel

Die Ergebnisse mit dem Handrakel (Abbildung 63) decken sich mit jenen, die bei der Beleimung mit dem Halbautomaten (siehe Abbildung 56) gefunden wurden. Die optimale Rakel für einen quadratmeter-bezogenen Leimauftrag von ca. 15 g wäre für den 1:1 verdünnten Leim abermals die 40 µm Rakel.

Auch die dazu parallel durchgeführten Ablöseversuche sollen auf ihre Stimmigkeit überprüft werden. Der Vollständigkeit halber und zur Beobachtung gewisser Trends wurden Ablöseversuche weiterhin mit allen Rakeln durchgeführt (Abbildung 64).

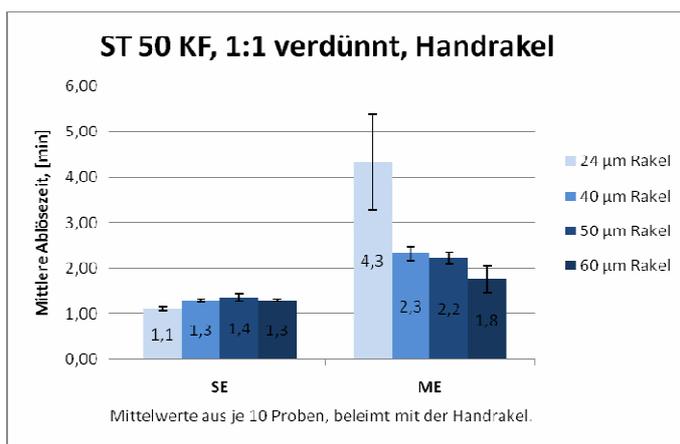


Abbildung 64: Ablösezeiten mit verdünntem Klebstoff und Handrakeln (SE = BP1_OS_M0-P0-L0 / ME = BP2_OS_M1-P0-L0)

Der bisherig beobachtete Trend bewahrheitet sich auch hier wieder: Die verwendete Rakelstärke, hat bei den nicht metallisierten Etiketten kaum Einfluss auf die Ablösezeiten. Allerdings erhöht sich die Ablösezeit metallisierter Etiketten, je weniger Leim aufgetragen wird. Der auffällig hohe Wert mit der ebenso großen Abweichung bei den metallisierten

Etiketten unter Beleimung mit der 24 µm Rakel deckt sich mit der Erkenntnis, dass der Laugenangriff bei metallisierten Etiketten zum großen Teil lateral erfolgt.

4.3.5.2.7 Test auf Normalverteilung

Die Normalverteilung $N(\mu, \sigma^2)$ oder auch Gauß'sche Verteilung ist die wohl bedeutendste statistische Verteilung. Ihr zugrunde liegt der zentrale Grenzwertsatz, wonach die Summe einer großen Zahl von unabhängigen, identisch verteilten Zufallsvariablen annähernd normalverteilt ist. Je größer dabei der Stichprobenumfang n , desto besser ist die Annäherung.

Die meisten statistischen Tests können nur auf Stichproben normalverteilter Grundgesamtheiten angewandt werden. Deshalb ist die Grundvoraussetzung vieler statistischer Auswertungen, die Durchführung des χ^2 -Anpassungstests. Dabei wird getestet ob eine vorliegende Stichprobe aus einer normalverteilten Grundgesamtheit stammt, oder nicht und ob dies auf einem bestimmten Signifikanzniveau begründbar ist.

Es wurden folgende Versuchsergebnisse auf ihre Normalverteilung hin überprüft:

- Flächenbezogene Leimauftragsmenge
 - Beleimt mit der 50 µm Rakel mit Gummimatte als Unterlage (60 Proben)
 - Beleimt mit der 40 µm Rakel mit Gummimatte als Unterlage (60 Proben)
 - Beleimt mit der 40 µm Rakel mit Glasplatte als Unterlage (50 Proben)
- Die Ablösezeit von nicht metallisierten Etiketten (SE = BP1_OS_M0-P0-L0), beleimt mit der 50 µm Rakel mit Gummimatte als Unterlage (60 Proben)

Bei den verwendeten Daten handelt es sich ausschließlich um metrische Daten.

Der kleinste mögliche Wert für χ^2 ist Null, nämlich dann, wenn alle Abweichungen gleich Null sind, die beobachteten also mit den erwarteten Häufigkeiten perfekt übereinstimmen. Wenn also die empirisch beobachtete Häufigkeitsverteilung perfekt mit der übereinstimmt, die bei Gültigkeit der Nullhypothese zu erwarten ist.

Mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes Excel wurden die Daten auf die Bewahrheitung ihrer Nullhypothese getestet. Die gefundene Prüfgröße wurde jeweils mit dem, aus einer Tabelle bestimmten, kritischen Wert (unter Berücksichtigung des Freiheitsgrades und des gewählten Signifikanzniveaus von 0,05) verglichen.

Ebenso ist es möglich mithilfe der CHIVERT-Funktion in Excel, die zur Prüfgröße gehörige Wahrscheinlichkeit zu ermitteln. Ist sie größer als das gewählte Signifikanzniveau, so kann die Nullhypothese angenommen werden, da so bewiesen wurde, dass die Prüfgröße im Annahmereich liegt.

Ein Screenshot (Abbildung 65) eines erstellten Excel Datenblattes soll die Vorgehensweise noch einmal verdeutlichen.

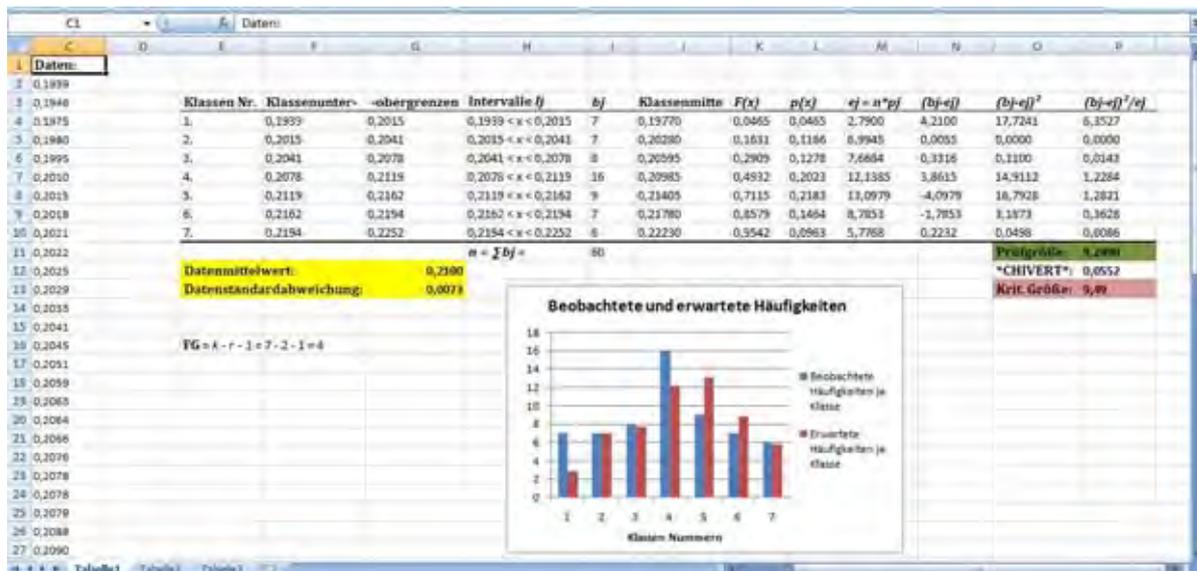


Abbildung 65: Screenshot Test auf Normalverteilung

Für die anderen zu überprüfenden Daten seien die Größen in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Vergleich mit Nullhypothese

Freiheitsgrade:	Ermittelte Prüfgröße:	Wahrscheinlichkeit der Prüfgröße:	Abgelesene kritische Größe:	Standardabweichung der untersuchten Daten	Annahme oder Ablehnung der Nullhypothese:
1. Flächenbezogene Leimauftragsmenge					
1.1 Beleimt mit der 50 µm Raket mit Gummimatte als Unterlage (Probenumfang: 60)					
4	9,249	0,0552	9,49	0,0073	Annahme
1.2 Beleimt mit der 40 µm Raket mit Gummimatte als Unterlage (Stichprobenumfang: 60)					
4	44,7295	$4,5 \cdot 10^{-9}$	9,49	0,0142	Ablehnung
1.3 Beleimt mit der 40 µm Raket mit Glasplatte als Unterlage (Stichprobenumfang: 50)					
4	7,4727	0,1129	9,49	0,0077	Annahme
2. Die Ablösezeit von Etiketten des Typs (SE = BP1_OS_M0-P0-L0), beleimt mit der 50 µm Raket mit Gummimatte als Unterlage (Stichprobenumfang: 60)					
4	11,0434	0,0261	9,49	0,0954	Ablehnung

Es ergab sich eine Annahme der Nullhypothese in zwei Fällen. Diese Daten sind für weitere statistische Tests verwendbar.

4.4 Flaschenreinigungsmaschine der VLB Berlin

Die Flaschenreinigungsmaschine „Innoclean 3-105 EE“ der Firma KHS, ist eine Einendmaschine mit einem Laugebecken und drei nebeneinander liegenden Flaschenkörben pro Korbreihe. Abbildung 66 zeigt die Flaschenreinigungsmaschine in der Vorderansicht, mit geöffneten Becken und entferntem Spritzschutz im Technikum der VLB Berlin.



Abbildung 66: Innoclean 3-105 EE

Funktionsweise der Innoclean 3-105 EE

Die Innoclean 3-105 EE ist eine getaktete Maschine, bei der die Transportkette mit den Flaschenkörben nach Ablauf der eingestellten Taktzeit um einen Korbreihe weiter transportiert wird.

Nach der Flaschenaufgabe (siehe Abbildung 67, Nr. 1) werden die Flaschen in den Körben zunächst zur Vorweiche (Nr. 2.1) transportiert. Die Vorweiche wird zu Beginn mit Wasser gefüllt und im laufenden Betrieb aus einem Überlauf in der Spritzzone 2 (Nr. 5.1) gespeist. Nach Verlassen der Vorlage wird die Flascheninnenseite mit Flüssigkeit aus der Vorweiche ausgespritzt (Nr. 2.2).

Die Flaschen werden anschließend zum Laugebecken transportiert und für vier Maschinentakte in die beheizbare Reinigungslauge getaucht (Nr. 3.1), bevor sie bei Behandlungsstation Nr. 3.2 für zwei Takte mit Reinigungslauge umströmt werden (Düsendruck ca. 1,2 bar). Anschließend liegen die Flaschen für weitere zwei Maschinentakte in der Lauge (Nr. 3.3). Kurz nachdem die Flaschen die Lauge verlassen, wird die Innenwand der Flaschen mit der Lauge ausgespritzt (3.4) (siehe auch Detailaufnahmen in Abbildung 68).

Nach einer Abtropfstrecke folgen vier Spritzzonen sowie drei Überswallstationen, die aus 40 Liter Vorlagebehältern gespeist werden. Die Zonen 1 (Nr. 4.1 und 4.2) und 2 (Nr. 5.1 und 5.2) dienen als Zwischenlauge, um den Hauptteil der verschleppten Lauge von den Flaschen abzuspielen. Der Überlauf aus Spritzzone 2 (bei Nr. 5.1) wird in die Vorlage abgeführt. In den Zonen 3 (Nr. 6.1 und 6.2) und 4 (Nr. 7) erfolgt das Klarspülen der Flaschen, die mit einer Frischwasserspritzung (Nr. 8) abgeschlossen wird, bevor die gereinigten Flaschen am Austrag (Nr. 9) abgegeben werden.

Abgelöste Etiketten werden in Rückhaltesieben aufgefangen, die vor den jeweiligen Umwälzpumpen des Laugebeckens und der vier Spritzzonen installiert sind.

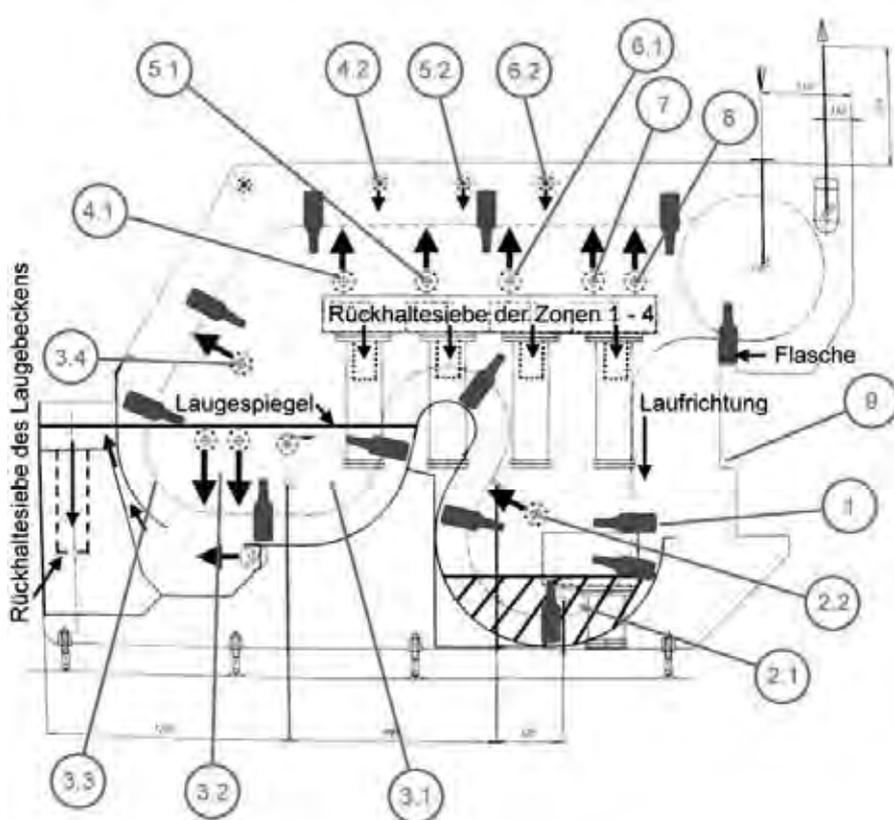


Abbildung 67: Schematische Darstellung Innoclean 3-105 EE

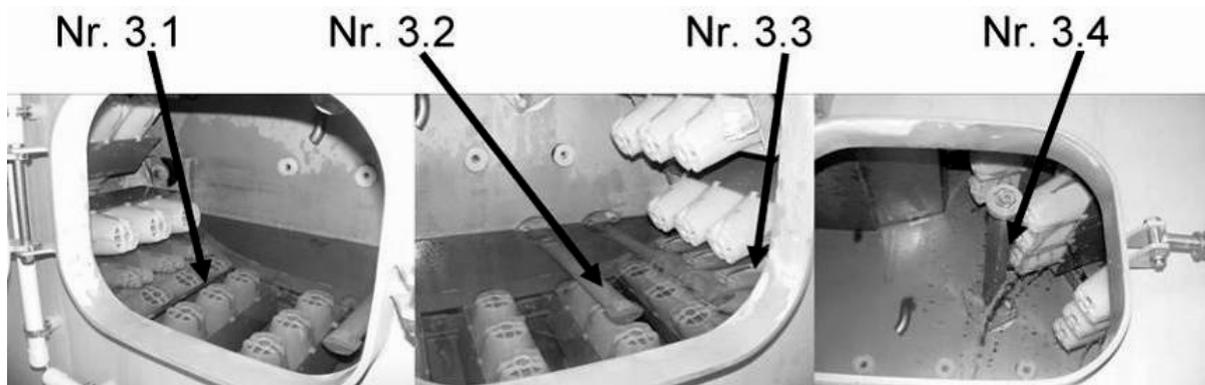


Abbildung 68: Detailaufnahmen des Laugebeckens

Die verschiedenen Taktzeiten werden über die Programmwahl der Flaschenreinigungsmaschine gesteuert. Tabelle 8 enthält eine Übersicht über die sieben möglichen Programme sowie über die Anzahl der Takte, die in jede Behandlungsstation durchlaufen werden. Aus dieser Taktzahl und der Behandlungszeit ergibt sich die Verweilzeit der Flaschen in der jeweiligen Behandlungsstation.

Tabelle 8: Programme Innoclean 3-105 EE

Programm	Behandlungszeit	Behandlungsstationen							
		Flaschen-Aufgabe	Vorweiche (Nr. 2.1)	Einwirkzone mit Spritzung (Nr. 2.2)	Laugebecken tauchen (Nr. 3.1)	Laugebecken spülen (Nr. 3.2)	Laugebecken tauchen (Nr. 3.3)	Einwirkzone mit Spritzung (Nr. 3.4)	Spritzung Zone 1 (Nr. 4.1)
		2 Takte	4 Takte	8 Takte	4 Takte	2 Takte	2 Takte	7 Takte	1 Takte
Nr. 1	27 s/Takt	54 s	108 s	216 s	108 s	54 s	54 s	189 s	27 s
Nr. 2	40 s/Takt	80 s	160 s	320 s	160 s	80 s	80 s	280 s	40 s
Nr. 3	53 s/Takt	106 s	212 s	424 s	212 s	106 s	106 s	371 s	53 s
Nr. 4	67 s/Takt	134 s	268 s	536 s	268 s	134 s	134 s	469 s	67 s
Nr. 5	80 s/Takt	160 s	320 s	640 s	320 s	160 s	160 s	560 s	80 s
Nr. 6	93 s/Takt	186 s	372 s	744 s	372 s	186 s	186 s	651 s	93 s
Nr. 7	64 s/Takt	128 s	256 s	512 s	256 s	128 s	128 s	448 s	64 s

Programm	Behandlungszeit	Behandlungsstationen							Gesamtdauer
		Schwalmung Zone 1 (Nr. 4.2)	Spritzung Zone 2 (Nr. 5.1)	Schwalmung Zone 2 (Nr. 5.2)	Spritzung Zone 3 (Nr. 6.1)	Schwalmung Zone 3 (Nr. 6.2)	Spritzung Zone 7 (Nr. 7)	Frischwasserspritzung	
		1 Takte	1 Takte	1 Takte	1 Takte	1 Takte	1 Takte	1 Takte	
Nr. 1	27 s/Takt	27 s	27 s	27 s	27 s	27 s	27 s	27 s	16:39 Min
Nr. 2	40 s/Takt	40 s	40 s	40 s	40 s	40 s	40 s	40 s	24:40 Min
Nr. 3	53 s/Takt	53 s	53 s	53 s	53 s	53 s	53 s	53 s	32:41 Min
Nr. 4	67 s/Takt	67 s	67 s	67 s	67 s	67 s	67 s	67 s	41:19 Min
Nr. 5	80 s/Takt	80 s	80 s	80 s	80 s	80 s	80 s	80 s	49:20 Min
Nr. 6	93 s/Takt	93 s	93 s	93 s	93 s	93 s	93 s	93 s	57:21 Min
Nr. 7	64 s/Takt	64 s	64 s	64 s	64 s	64 s	64 s	64 s	39:28 Min

Die Temperatur der Reinigungslauge wird über einen mit Sattdampf beaufschlagten Wärmetauscher, in Verbindung mit einem geregelten Dampfventil gesteuert. Bei einer eingestellten Laugentemperatur von 80 °C ergibt sich nach einer Betriebsdauer von etwa zwei Stunden das in Abbildung 69 dargestellte Temperaturprofil, aufgenommen mit einem Miniatur-Datenlogger (PicoVacq PT) in einer Dummy-Flasche.

Temperaturprofil der Flaschenreinigungsmaschine Innoclean 3-105 EE

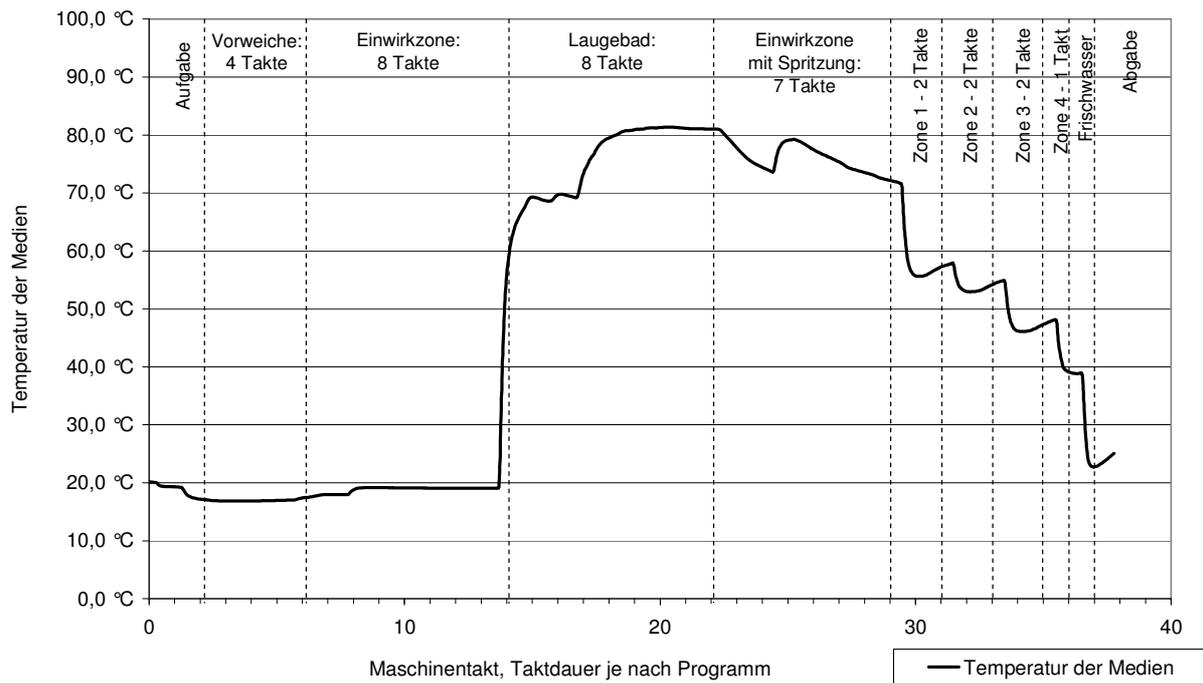


Abbildung 69: Temperaturprofil Innoclean 3-105 EE

5 Ergebnisse

In den folgenden Abschnitten werden die in den einzelnen Arbeitspaketen (AP) erzielten Ergebnisse ausführlich dargestellt und der Zielsetzung des jeweiligen Arbeitspakets gegenübergestellt.

5.1 Arbeitspaket 1 – Aufnahme des Ist-Zustandes in Abfüllbetrieben

5.1.1 Zielstellung

Das Ziel dieses Arbeitspaketes bestand darin, eine Datensammlung über die in Abfüllbetrieben zur Flaschenreinigung eingesetzten Maschinen und Reinigungsparametern zu erstellen.

5.1.2 Ergebnisse

In Tabelle 9 sind die für das Ablöseverhalten von Papieretiketten in Flaschenreinigungsmaschinen relevanten Ergebnisse der durchgeführten Erhebung aufgeführt. Ausschlaggebend für die Festlegung der Versuchsparameter in den weiteren Versuchen sind jeweils der Mittelwert aus allen 19 untersuchten Flaschenreinigungsmaschinen sowie die Extremwerte, als Ober- und Untergrenze.

Tabelle 9: Reinigungsparameter von Flaschenreinigungsmaschinen

Parameter		Mittelwert:	Kleinster Wert:	Größter Wert:	n:
Bauart der Flaschenreinigungsmaschine:	Flaschenzellen pro Hub	35	14	74	22
	Ausbringung [Fl/h]	43.500	10.000	100.000	22
	Frischwasserverbrauch [ml/Fl]	235	110	517	21
	Zulauftemperatur [°C]	21	18	22	3
	Abgabtemperatur [°C]	31	30	34	3
Temperaturen in den Zonen der Flaschenreinigungsmaschine:	Hochdruckvorspritzung [°C]	33,5	28,7	41,8	5
	1. Vorweiche [°C]	35,7	28,2	52,8	14
	2. Vorweiche [°C]	38,6	29,2	54,2	7
	Vorspritzung [°C]	41,5	33,6	54,0	8
	Rekuperations-Spritzung [°C]	48,5	47,1	49,9	2
	Vorlauge [°C]	49,0	45,5	52,5	2
	Lauge 1 [°C]	77,7	55,4	85,6	23
	Lauge 2 [°C]	76,0	55,1	82,5	6
	Lauge 3 [°C]	67,4	56,1	79,7	4
	Lauge 4 [°C]	67,9	67,9	67,9	1
	Haupt-Lauge *	81,3	77,8	85,6	22
	Nachlauge [°C]	68,8	53,3	78,5	23
	Warmwasser 1 [°C]	57,3	41,4	77,1	23
	Warmwasser 2 [°C]	47,8	29,0	81,8	22
	Kaltwasser [°C]	36,2	19,6	84,0	23
Frischwasser [°C]	17,7	8,0	95,0	23	

Parameter		Mittelwert:	Kleinster Wert:	Größter Wert:	n:
Konzentration der Natronlauge ω_{NaOH} :	Lauge 1 [%]	1,56	1,24	1,89	4
	Lauge 2 [%]	1,63	1,39	1,87	3
	Lauge 3 [%]	1,72	1,53	1,90	2
	Lauge 4 [%]	1,81	1,81	1,81	1
	Haupt-Lauge *	1,66	1,55	1,90	4
Natriumkarbonat-konzentration $\omega_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$:	Lauge 1 [%]	0,52	0,23	0,88	4
	Lauge 2 [%]	0,58	0,25	1,08	3
	Lauge 3 [%]	0,26	0,14	0,38	2
	Lauge 4 [%]	0,29	0,29	0,29	1
pH-Wert:	Hochdruckvorspritzung	11,74	11,26	12,25	5
	1. Vorweiche	11,04	9,31	12,40	14
	2. Vorweiche	10,52	9,78	11,77	7
	Vorspritzung	11,60	10,58	12,24	8
	Rekuperations-Spritzung	11,62	11,46	11,78	2
	Nachlauge	11,32	10,90	11,60	11
	Warmwasser 1	10,14	8,80	11,10	23
	Warmwasser 2	9,23	8,30	10,60	22
	Kaltwasser	8,56	7,18	10,10	23
Frischwasser	7,42	6,50	7,91	21	
Leitwert:	Hochdruckvorspritzung [mS/cm]	2,58	2,10	3,34	3
	1. Vorweiche [mS/cm]	3,20	1,32	8,55	12
	2. Vorweiche [mS/cm]	2,63	1,32	6,66	7
	Vorspritzung [mS/cm]	4,85	2,88	9,64	6
	Rekuperations-Spritzung [mS/cm]	6,81	5,84	7,78	2
	Vorlauge [mS/cm]	9,26	8,85	9,66	2
	Lauge 1 [mS/cm]	86,59	57,60	107,30	12
	Lauge 2 [mS/cm]	91,35	81,00	107,70	4
	Lauge 3 [mS/cm]	87,48	72,00	106,40	4
	Lauge 4 [mS/cm]	92,60	92,60	92,60	1
	Nachlauge [mS/cm]	19,96	6,92	66,20	12
	Warmwasser 1 [mS/cm]	1,41	0,49	2,70	12
	Warmwasser 2 [mS/cm]	0,80	0,25	1,58	11
	Kaltwasser [mS/cm]	0,65	0,21	1,12	12
Frischwasser [mS/cm]	0,50	0,17	0,81	12	
CSB**:	Hochdruckvorspritzung [mg/l]	1602	1602	1602	1
	1. Vorweiche [mg/l]	2894	554	8216	5
	2. Vorweiche [mg/l]	3330	1108	7212	3
	Vorspritzung [mg/l]	860	410	1524	4
	Reku-Spritzung [mg/l]	558	395	720	2
	Vorlauge [mg/l]	1958	1658	2258	2
	Lauge 1 [mg/l]	4892	2580	6740	6
	Lauge 2 [mg/l]	4013	2515	6505	3
Lauge 3 [mg/l]	3717	1750	5860	3	

Parameter	Mittelwert:	Kleinster Wert:	Größter Wert:	n:
Lauge 4 [mg/l]	0	0	0	0
Nachlauge [mg/l]	822	360	1442	6
Warmwasser 1 [mg/l]	110	46	197	6
Warmwasser 2 [mg/l]	50	23	110	6
Kaltwasser [mg/l]	27	4	56	6
Frischwasser [mg/l]	0	0	0	0

* Hauptlaugebad ist das Laugebad mit der jeweils höchsten Temperatur / höchsten Laugenkonzentration aller in der Flaschenreinigungsmaschine vorhandenen Laugebäder. Die Flaschenreinigungsmaschinen für PET-Flaschen wurden dabei nicht berücksichtigt.

** CSB = Chemischer Sauerstoffbedarf

Anmerkung: Die Anzahl untersuchter Flaschenreinigungsmaschinen n kann > 19 sein, da einige der Maschinen zum Teil mehrfach überprüft wurden.

5.1.3 Bewertung

Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnis

Für die Festlegung von Versuchsparametern in den folgenden Arbeitspaketen war es notwendig, Informationen über die in Abfüllbetrieben zur Flaschenreinigung eingesetzten Maschinen und deren Betriebs- und Reinigungsparametern zu sammeln. Dieses Ziel wurde mit der durchgeführten Erhebung und der Zusammenfassung der Ergebnisse in einer Datensammlung (Tabelle 9) erreicht.

5.2 Arbeitspaket 2 – Einfluss des Etikettenaufbaus

5.2.1 Zielstellung

Der Zweck dieses Arbeitspaketes war es, die Auswirkungen der einzelnen Verarbeitungsstufen, bei der Herstellung von Getränkeflaschenetiketten aus Papier, auf die Ablösezeit der Etiketten zu untersuchen.

Hier wurde das Ablöseverhalten von Etiketten, in Abhängigkeit vom Druckverfahren, einer Prägung und/oder Lackierung sowie der Metallisierung erforscht.

5.2.2 Material und Methoden

Im Forschungsantrag war vorgesehen, zusätzlich zu den Auswirkungen der Verarbeitungsschritte bei der Bedruckung, auch die Verarbeitungsstufen bei der Papierherstellung auf deren Einfluss auf die Ablösezeit zu untersuchen. Als Grundlage für die Bewertung des Ablöseverhaltens sollte die Zeit bestimmt werden, in der 80 % der Etiketten durch das Laugebad einer Flaschenreinigungsmaschine abgelöst werden.

Beim ersten Treffen des Projektbegleitenden Ausschusses, am 15. November 2007, im Rahmen der Brau Beviale 2007 in Nürnberg, wurden jedoch von den Ausschussmitgliedern zwei

Änderungen gegenüber der im Forschungsantrag beschriebenen Vorgehensweise in den Arbeitspaketen 2 bis 4 angeregt:

- 1) Die Bewertung des Ablöseverhaltens anhand einer 80%igen Etikettenablösung in einer Flaschenreinigungsmaschine wurde vom Ausschuss als zu ungenau erachtet, da bei einer Flaschenreinigungsmaschine der Vorgang der Etikettenablösung nicht direkt beobachtet werden könne.

Auf die Durchführung der in den Arbeitspaketen 2, 3 und 4 geplanten Ablöseversuche in einer Flaschenreinigungsmaschine sollte daher zugunsten von Ablöseversuchen im Labormaßstab verzichtet werden. Laborversuche hätten den Vorteil, dass der Ablösevorgang unmittelbar beobachtet und der Ablösezeitpunkt der Etiketten somit exakt ermittelt werden kann.

- 2) Die Untersuchung einzelner Papiervorstufen wurde vom projektbegleitenden Ausschuss als nicht durchführbar erachtet. Die einzelnen Arbeitsschritte in den bei der Papierherstellung eingesetzten Maschinen seien so eng aufeinander abgestimmt, dass einzelne Arbeitsschritte nicht beliebig zu- oder abgeschaltet werden könnten (vgl. Abschnitt 3.1.1.3). Ein Versuchspapier, das zum Beispiel ausschließlich aus Rohpapier bestünde, würde mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit bei der Herstellung noch in der Papiermaschine reißen und lange Stillstandszeiten der Papiermaschine nach sich ziehen.

Auf die Versuche mit verschiedenen Papiervorstufen sollte daher verzichtet werden. Stattdessen wurde vom projektbegleitenden Ausschuss vorgeschlagen zwei Papiersorten einzusetzen, eine metallisierte und eine nicht metallisierte Sorte, bei denen das nicht metallisierte Papier annähernd dieselben Eigenschaften besitzt, wie das Grundpapier, das bei der metallisierten Sorte zum Einsatz kommt. Auf diese Weise wäre es dennoch möglich, zumindest den Einfluss der Metallisierung auf das Ablöseverhalten zu bewerten.

Die Vorschläge des projektbegleitenden Ausschusses wurden bei der weiteren Versuchsplanung berücksichtigt und die Materialien und Methoden entsprechend angepasst. Eine Übersicht über die eingesetzten Etiketten ist in Abschnitt 4.1.1 gegeben. Es wurden ausschließlich Etiketten eingesetzt, die im Tiefdruck oder im Offsetdruckverfahren hergestellt wurden. Auf die Untersuchung von Etiketten mit Flexodruck wurde verzichtet, da der Flexodruck überwiegend bei Folienetiketten zur Anwendung kommt und bei Papier eine eher untergeordnete Rolle spielt (vgl. Abschnitt 3.1.1.8).

Die Ablösezeiten in Arbeitspaket 2 wurden nach der in Abschnitt 4.3.1 beschriebenen, angepassten DIN 16524-6 bestimmt. Die bei den folgenden Arbeitspaketen verwendete Arbeitsmethode (siehe Abschnitt 4.3.2) wurde parallel zu den Untersuchungen in Arbeitspaket 2 entwickelt und stand zu diesem Zeitpunkt des Forschungsvorhabens noch nicht zur Verfügung. Wie in Abschnitt 3.4.2 ausgeführt wurde, wird angenommen, dass die DIN 16524-6 nur unzureichend geeignet ist, um die reale Ablösezeit von Etiketten in Flaschenreinigungsmaschinen zu bestimmen. Da es sich hier jedoch ausschließlich um vergleichende Untersuchungen handelte, bei denen es vor allem auf konstante und wiederholbare Versuchsparameter ankam, konnte dennoch die angepasste Version der DIN 16524-6 verwendet werden. Die Ergebnisse erlau-

ben zumindest eine qualitative Bewertung der einzelnen Verarbeitungsstufen in Bezug auf die Ablösezeit der Etiketten.

5.2.3 Ergebnisse

Durch die Bestimmung und den Vergleich von Ablösezeiten verschiedenster Etikettenvarianten konnte der Einfluss des Etikettenaufbaus bestimmt werden. Der Schlüssel für die Kennzeichnung der Versuchsetiketten in den folgenden Abbildungen ist in Abschnitt 4.1.1 gegeben.

5.2.3.1 Einfluss des Druckverfahrens

Bei nicht metallisierten Papieretiketten

Der Vergleich der in Abbildung 70, in Feld ① dargestellten Ablösezeiten zeigt, dass Papieretiketten die im Offsetdruck hergestellt wurden, eine signifikant höhere Ablösezeit aufweisen, als im Tiefdruck hergestellte Etiketten. Bei geprägten (Feld ③) und/oder lackierten Etiketten (Felder ④ und ②) erhöht sich die Differenz der Ablösezeit zwischen beiden Druckverfahren nochmals.

Bei metallisierte Papieretiketten

Die Ablösezeiten zwischen Offsetdruck und Tiefdruck unterscheiden sich bei metallisierten Etiketten nicht wesentlich (siehe Abbildung 71, Feld ①). Bei geprägten (Feld ③) und/oder lackierten Etiketten (Felder ② und ④) erhöht sich die Ablösezeit beim Offsetdruck allerdings wieder gegenüber dem Tiefdruck.

Die Ablösezeiten im Feld ① der Abbildung 70 und Abbildung 71 zeigen darüber hinaus, dass beide Druckverfahren zu einer Erhöhung der Ablösezeit gegenüber einem unbedruckten Etikett führen. Unabhängig, ob es sich um ein metallisiertes oder ein nicht metallisiertes Etikett handelt.

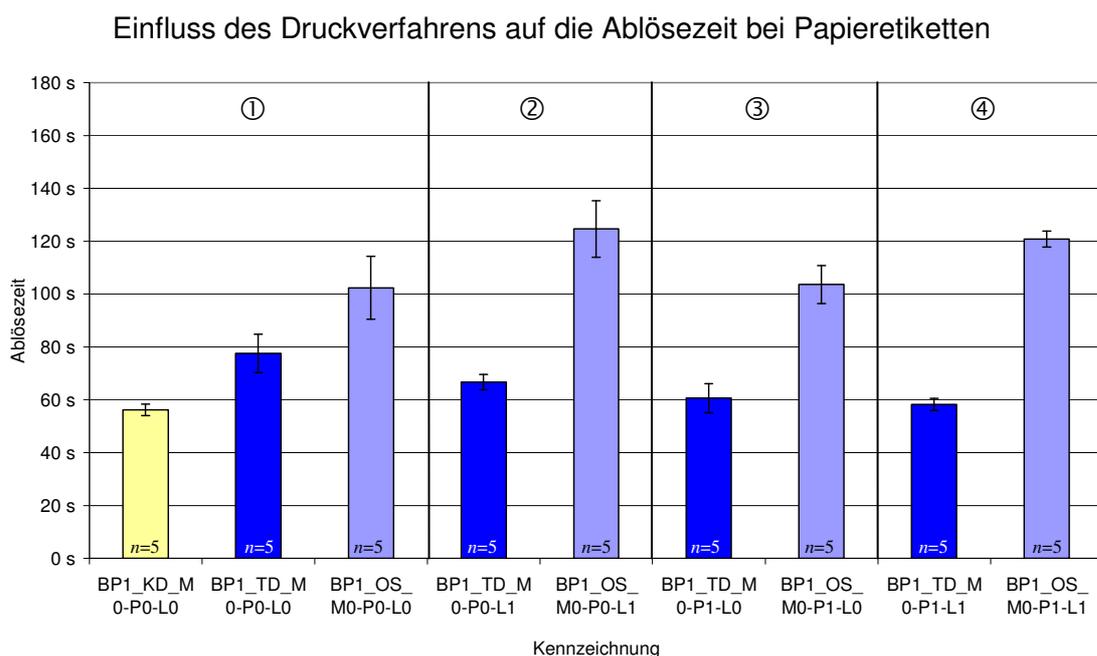


Abbildung 70: Einfluss des Druckverfahrens bei Papieretiketten

Einfluss des Druckverfahrens auf die Ablösezeit bei metallisierten Papieretiketten

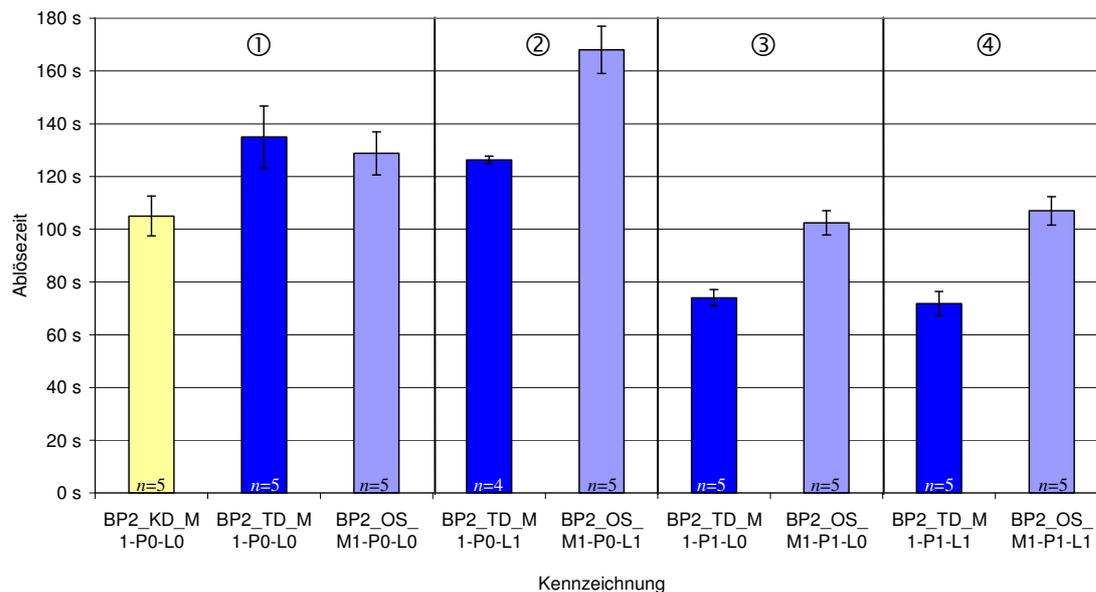


Abbildung 71: Einfluss des Druckverfahrens bei metallisierten Papieretiketten

Diskussion

Wie im Abschnitt 3.3.1 erläutert wurde, werden die Etiketten dadurch von den Flaschen gelöst, dass die Lauge den Etikettierklebstoff auflöst und so die Verbindung zwischen Flasche und Etikett trennt.

Für beide Druckverfahren gilt, dass sie die benötigte Zeit zum Ablösen eines Etiketts erhöhen (Feld ① in Abbildung 70 und Abbildung 71). Dies liegt daran, dass die getrocknete Druckfarbe, unabhängig vom Druckverfahren, auf der Etikettenoberfläche eine weitere, wenn auch sehr dünne Barriere darstellt, die von der Lauge, bei der Penetration durch die Etikettenoberfläche, zusätzlich überwunden werden muss, bevor sie den Etikettierklebstoff auflösen und die Etiketten von den Flaschen ablösen kann.

Die Unterschiede zwischen den Druckverfahren, die bei nicht metallisierten Papieren deutlich zu erkennen sind (Abbildung 70, Feld ①), erklären sich durch die verwendeten Farben. Während beim Tiefdruck lösemittelhaltige Druckfarben Verwendung finden, kommen im Offsetdruck fetthaltige und daher hydrophobe Druckfarben zum Einsatz. Es liegt die Vermutung nahe, dass durch die wasserabweisenden Eigenschaften der Offsetdruckfarbe die Laugenpenetration durch die Etikettenoberfläche verzögert wird und daher die Lauge mehr Zeit benötigt, um den Etikettierklebstoff zu erreichen, ihn aufzulösen und schließlich das Etikett abzulösen.

Bei den metallisierten Etiketten ist dieser Unterschied zunächst nicht signifikant (Abbildung 71, Feld ①). Eine Erklärung hierfür ist, dass durch die Metallisierung bereits eine Barriere für die Laugenpenetration vorhanden ist, welche die Auswirkungen der unterschiedlichen Druckfarbentypen bei weitem überlagert. Sobald jedoch durch eine Prägung die Barrierewirkung der Metallisierung geschwächt wird (Abbildung 71, Feld ③ und ④) oder durch Lackieren der Etiketten eine zusätzliche Farbschicht aufgebracht wird (Abbildung 71, Feld ② und ④), treten die Unterschiede in der Ablösezeit durch das Druckverfahren wieder deutlich hervor.

5.2.3.2 Einfluss einer Metallisierung

Die beiden verwendeten Papiersorten wurden so ausgewählt, dass charakteristische Eigenschaften des metallisierten Papiers, wie zum Beispiel die Zusammensetzung der Papierleimung, annähernd den Eigenschaften des nicht metallisierten Papiers entsprechen würden, wenn die Metallisierung entfernt werden könnte.

Der Vergleich der Ablösezeiten zwischen dem unbedruckten, nicht metallisierten Papier BP1_KD (Abbildung 70, Feld ①) und dem unbedruckten, metallisierten Papier BP2_KD (Abbildung 71, Feld ①) zeigt eine Erhöhung der Ablösezeit um über 40 Sekunden beim metallisierten Papier.

Diskussion

Diese höhere Ablösezeit kann, auf Grund der Papierauswahl, ausschließlich auf die Metallisierung, mit ihren zusätzlichen Schichten zurückgeführt werden.

Wie bereits beschrieben, egalisiert eine Metallisierung den Einfluss des Druckverfahrens. Erst durch eine Prägung und/oder Lackierung treten die Unterschiede zwischen den Druckverfahren wieder zu Tage.

5.2.3.3 Einfluss einer Lackierung

Bei der Bedruckung von Etiketten kann eine Lackierung unter anderem verwendet werden, um den Glanz bei nicht metallisierten Etiketten zu erhöhen. Lack wird jedoch auch an Stellen eingesetzt, an denen das Weiß des Etikettenpapiers im Dekor zum Vorschein kommen soll. Der Lack übernimmt damit die Funktion einer pigmentfreien Farbe. Dies hat den Vorteil, dass sich das Etikett bei Kontakt mit Feuchtigkeit, zum Beispiel durch Schwitzwasser oder durch die Feuchtigkeit im Etikettierklebstoff, gleichmäßiger ausdehnt [38].

Bei nicht metallisierten Papieretiketten

Bei Papieretiketten, die im Offsetdruck bedruckt wurden, führt eine Lackierung zu einer signifikant höheren Ablösezeit von rund 20 Sekunden, wie aus Abbildung 72 hervorgeht. Bei im Tiefdruck bedruckten Papieretiketten wird die Ablösezeit dagegen nicht durch eine Lackierung beeinflusst. Eine Prägung hat bei den nicht metallisierten Etiketten bei beiden Druckverfahren keinen Einfluss auf die Ablösezeit.

Bei metallisierte Papieretiketten

Abbildung 73 belegt, dass bei metallisierten Papieretiketten die im Offsetdruck bedruckt wurden eine zusätzliche Lackierung ebenfalls zu einer signifikant höheren Ablösezeit führt, die jedoch durch den Einsatz einer Prägung des Papiers vollständig aufgehoben wird. Metallisierte Papieretiketten mit Tiefdruck werden durch eine Lackierung gar nicht erst in ihrer Ablösezeit beeinflusst.

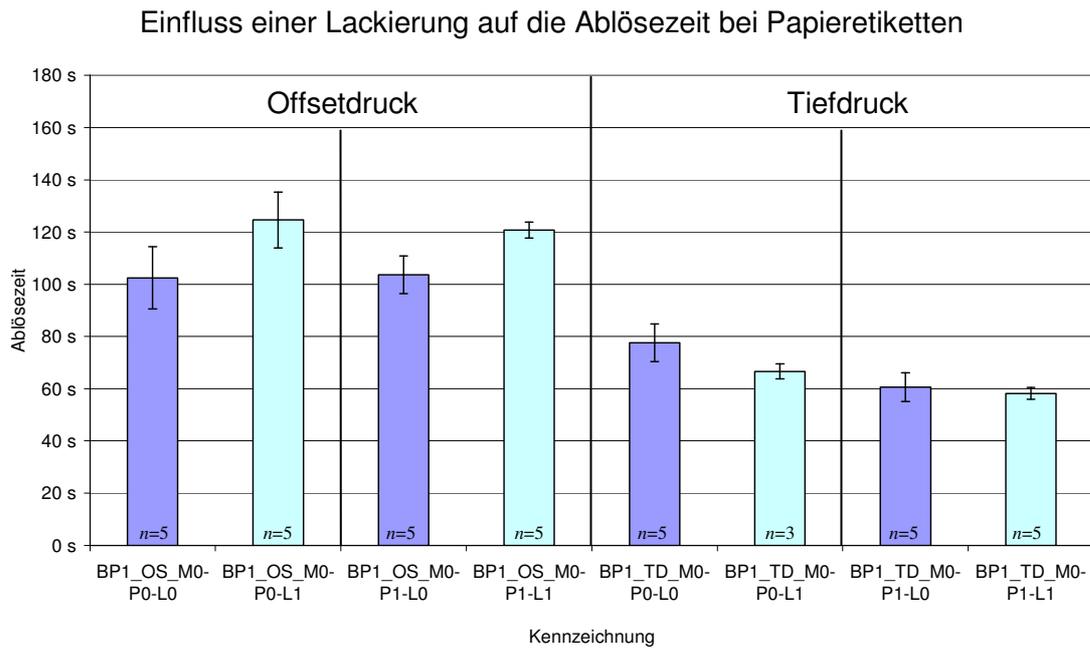


Abbildung 72: Einfluss einer Lackierung bei Papieretiketten

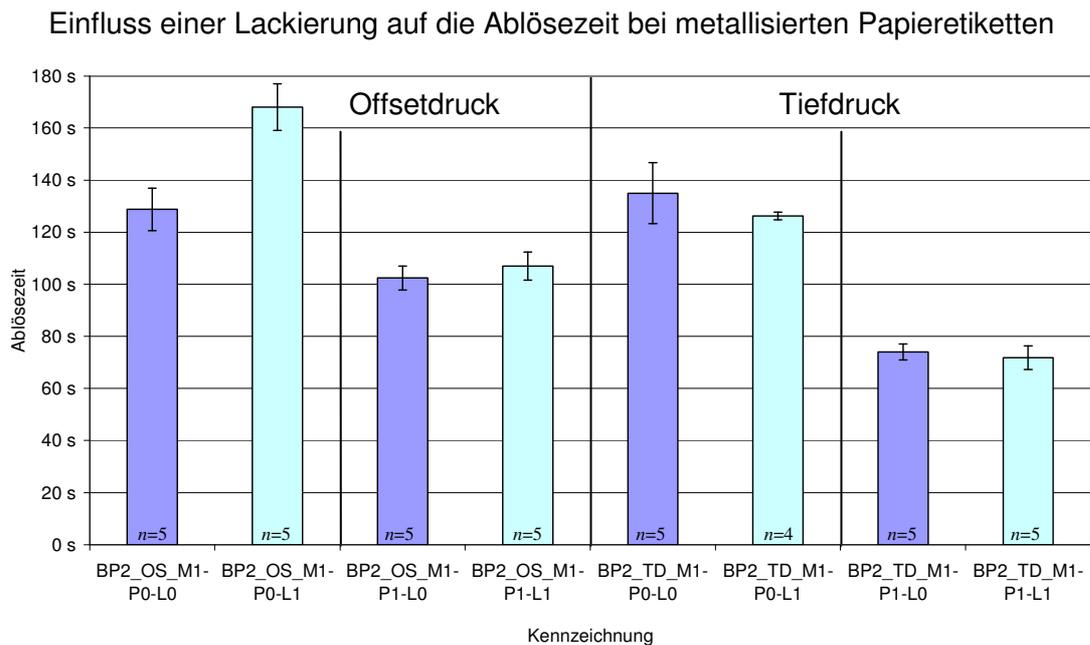


Abbildung 73: Einfluss einer Lackierung bei metallisierten Papieretiketten

Diskussion

Die Unterschiede in der Ablösezeit zwischen lackierten und nicht lackierten Etiketten im Offsetdruck werden vermutlich wiederum durch die hydrophoben Eigenschaften der Offsetdruckfarbe hervorgerufen. Während beim Tiefdruck eine zusätzliche Lackschicht (Farbe ohne Pigment) keinen weiteren Einfluss auf die Laugendurchdringung ausübt, führt die zusätzliche hydrophobe Lackschicht beim Offsetdruck zu einer weiteren Erhöhung der Barrierewirkung und somit zu einer höheren Ablösezeit, im Vergleich zum unlackierten Etikett.

5.2.3.4 Einfluss einer Prägung

Bei nicht metallisierten Papieretiketten

Aus den in Abbildung 74 wiedergegebenen Ablösezeiten lässt sich schließen, dass eine Prägung bei nicht metallisierten Etiketten keinen signifikanten Einfluss auf die Ablösezeit hat.

Bei metallisierte Papieretiketten

Bei allen untersuchten Varianten der metallisierten Etiketten konnte beobachtet werden, dass eine Prägung stets zu einer deutlichen Reduzierung der Ablösezeit führt (siehe Abbildung 75).

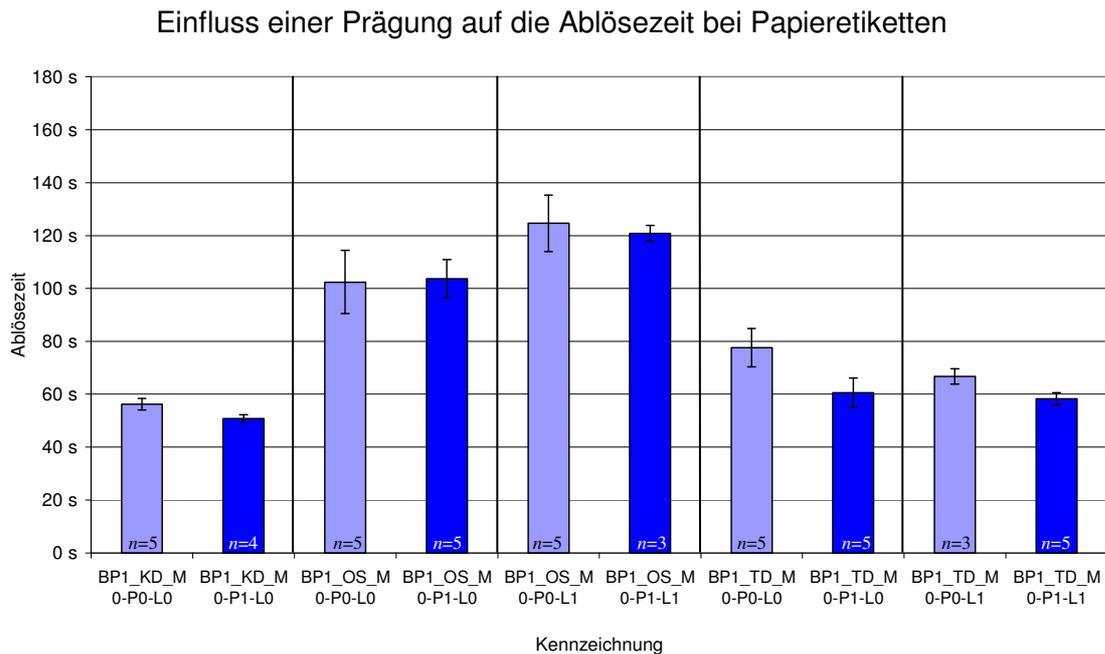


Abbildung 74: Einfluss einer Prägung bei Papieretiketten

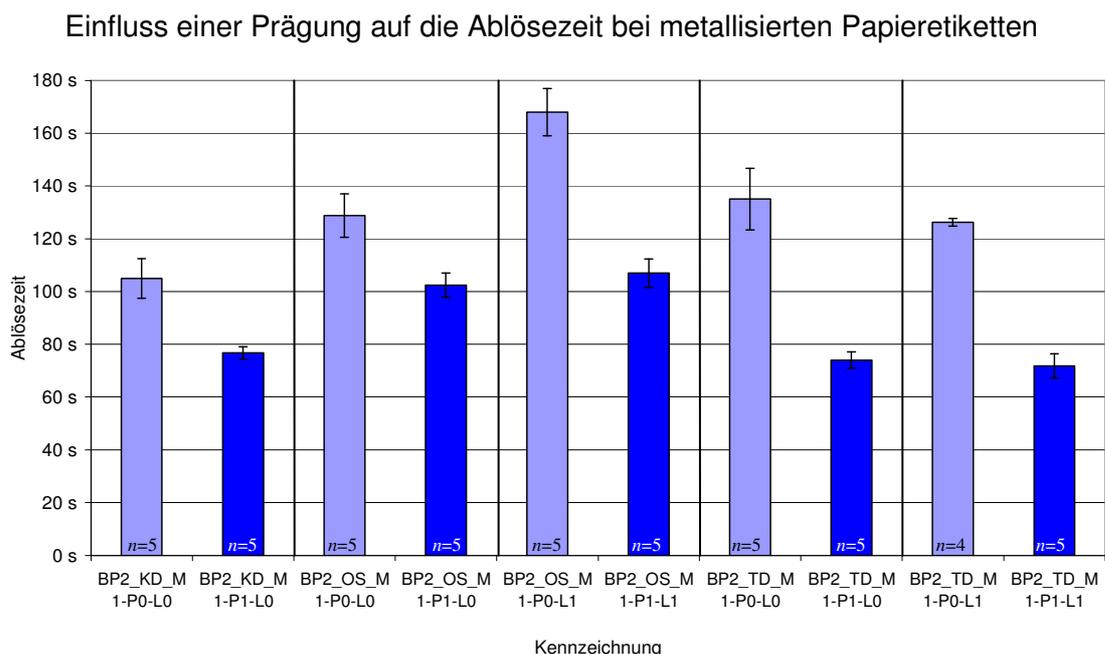


Abbildung 75: Einfluss einer Prägung bei metallisierten Papieretiketten

Diskussion

Eine Erklärung für dieses Phänomen ergibt sich aus dem unterschiedlichen Aufbau nicht metallisierter und metallisierter Etiketten und den Auswirkungen einer Prägung auf diesen Aufbau. Bei nicht metallisierten Etiketten bildet lediglich der Papierstrich eine Barrierschicht die überwunden werden muss, bevor die Lauge in das Rohpapier eindringen und das Etikett penetrieren kann. Eine Prägung des Papierstriches beeinflusst die Laugenpenetration und die damit verbundene Ablösezeit daher nur unwesentlich.

Bei metallisierten Etiketten wird deren Oberfläche zusätzlich durch den Vorlack, die Aluminiumschicht und einen Primer versiegelt (vgl. Abschnitt 3.1.1.2). Mit der Prägung wird diese zusätzliche Versiegelung der metallisierten Etikettentypen aufgebrochen und somit für die Lauge durchlässiger. Bei den untersuchten Papiersorten geht dies soweit, dass die Unterschiede bei den Ablösezeiten zwischen nicht metallisierten (BP1) und metallisierten Etiketten (BP2) durch die Prägung nahezu aufgehoben werden (siehe Pfeile in Abbildung 76).

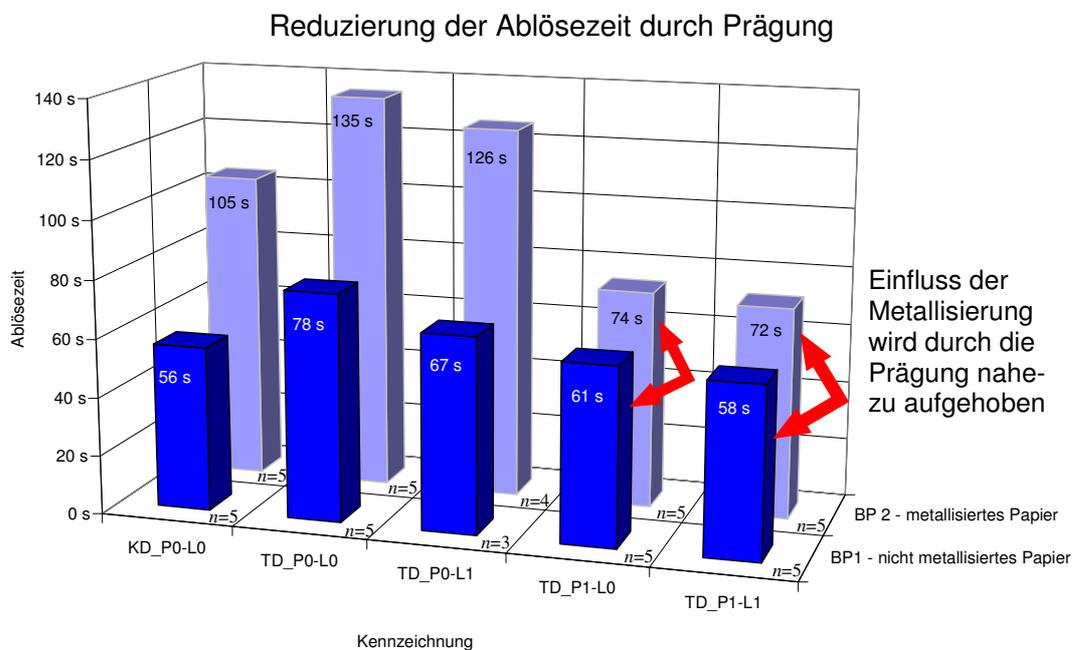


Abbildung 76: Reduzierung der Ablösezeit durch Prägung der Papiere

5.2.4 Bewertung

Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnis

Die Kenntnis, wie sich die am weitesten verbreiteten Druckverfahren und eine gegebenenfalls vorhandene Metallisierung auf das Ablöseverhalten von Etiketten auswirkt, ist eine der Grundvoraussetzungen für die Auswahl geeigneter Etikettenpapiere für die Etikettierung von Glas-Mehrwegflaschen. Das Ziel, die Auswirkungen der einzelnen Verarbeitungsstufen bei der Bedruckung von Getränkeflaschenetiketten aus Papier, auf die Ablösezeit der Etiketten qualitativ zu beschreiben, konnte mit den durchgeführten Ablöseversuche realisiert werden.

5.3 Arbeitspaket 3 – Einfluss der Reinigungsparameter und Additive

5.3.1 Zielstellung

Mit diesem Arbeitspaket sollte eine Bewertung der gängigen Reinigungsparameter und Zusätze in Flaschenreinigungsmaschinen, bezogen auf das Ablöseverhalten von Papieretiketten, durchgeführt werden.

Zu diesem Zweck wurden die Laugenparameter Temperatur und Konzentration variiert sowie die Auswirkungen eines Tensids in zwei verschiedenen Konzentrationen untersucht. Auf Anregung des Projektbegleitenden Ausschusses (1. Treffen: 15. November 2007, Brau Bevale, Nürnberg) wurde zusätzlich der Einfluss der Laugenbelastung durch abgelöste Etiketten und Klebstoff simuliert.

5.3.2 Material und Methoden

Um die Anzahl der Versuche in einem beherrschbaren Umfang zu halten, wurde für dieses und die folgenden Arbeitspakete die Auswahl der untersuchten Etikettenpapiere auf jeweils einen Vertreter der nicht metallisierten und metallisierten Papiere begrenzt:

- Nicht metallisiertes Papier: BP1_OS_M0-P0-L0
- Metallisiertes Papier: BP2_OS_M1-P0-L0

Bei der Auswahl war ausschlaggebend, dass im Offsetdruck gefertigte Etiketten zur Anwendung kamen, da diese Druckverfahren eine höhere Ablösezeit verursacht als das Tiefdruckverfahren (vgl. Abschnitt 5.2.3.1). Gleichzeitig sollten das Papier und das damit verbundene Ablöseverhalten möglichst nicht durch die zusätzlichen Einflüsse einer Prägung oder Lackierung verändert werden.

Die Ablösezeiten wurden in diesem Arbeitspaket mit der in Abschnitt 4.3.2 beschriebenen Arbeitsmethode bestimmt. Die jeweils variablen Versuchsparameter und sämtliche, von der beschriebenen Arbeitsmethode abweichenden Einstellungen, werden in der folgenden Auflistung stichpunktartig aufgeführt:

Abschnitt 5.3.3.1, Einfluss der Laugentemperatur:

- Variabler Versuchsparameter: Laugetemperatur 50 °C bis 90 °C
- Flächenbezogenen Klebstoffmasse: 25 g/m²
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

Abschnitt 5.3.3.2, Einfluss der Laugenkonzentration

- Variabler Versuchsparameter: Laugenkonzentration $\omega_{(\text{NaOH})} = 0,5 \%$ bis 2,0 %
- Flächenbezogenen Klebstoffmasse: 24 g/m²
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

Abschnitt 5.3.3.3, Einfluss der Laugenbelastung

- Variabler Versuchsparameter: Laugeverschmutzung mit Etiketten und Klebstoff

Die Laugeverschmutzung wurde durch das 10-minütige Auslaugen von n Etiketten in 75 °C heißer NaOH-Lösung beziehungsweise der Zugabe von 30 g Etikettierklebstoff ST 50 KF simuliert. Dies entspricht der Menge Etikettierklebstoff von 250 Etiketten der Charge 1, bei einer Flächenbezogenen Klebstoffmasse von 24 g/m².

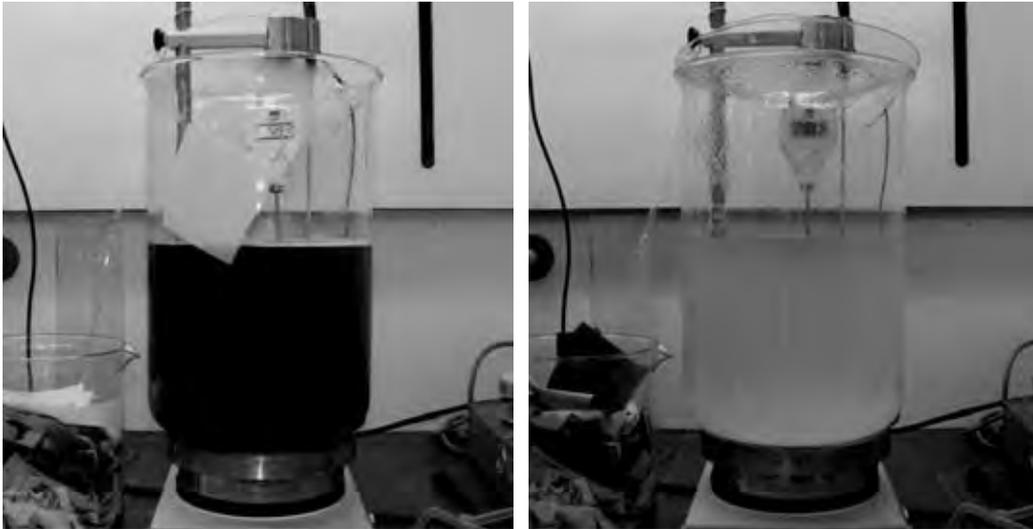


Abbildung 77: NaOH-Lösung nach Auslaugen von 40 Etiketten (links) und nach Zugabe von 30 g Etikettierklebstoff (rechts)

Zur Bestimmung der Laugenverschmutzung wurden der Leitwert und der chemische Sauerstoffbedarf ermittelt. Als zusätzliche Laugenparameter wurden die Laugenkonzentration (ω_{NaOH}) und der pH-Wert bestimmt. Sämtliche Messungen wurden jeweils nach der Bestimmung der Ablösezeit durchgeführt. Die ausgelagten Etiketten wurden vor der Bestimmung der Ablösezeit entfernt.

Die Versuchsparameter der in Abbildung 81 und Abbildung 82 gezeigten Ergebnisse können der folgenden Zusammenstellung entnommen werden:

- Blindwert: NaOH-Lösung neu angesetzt, keine Verschmutzung
 - Versuch 1: NaOH-Lösung aus Blindwert, Ablösen von n Etiketten
 - Versuch 2: NaOH-Lösung neu angesetzt, Auslaugen von 50 Etiketten, Ablösezeit von n Etiketten
 - Versuch 3: NaOH-Lösung neu angesetzt, Auslaugen von 100 Etiketten, Ablösezeit von n Etiketten
 - Versuch 4: NaOH-Lösung, neu angesetzt, 30 g Klebstoff zudosiert, Ablösezeit von n Etiketten
 - Versuch 5: NaOH-Lösung aus Versuch 4, Auslaugen von 40 Etiketten, Ablösezeit von n Etiketten
- Flächenbezogenen Klebstoffmasse: 23 g/m²

- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

Abschnitt 5.3.3.4, Einfluss von Tensiden

- Variabler Versuchsparameter: $\omega_{\text{Tensid}} = 0,0 \%$ (Blindwert), 0,1 % und 0,2 %, Handelsname: Sopura MIX 250 BPRD 43
- Flächenbezogenen Klebstoffmasse: 24 g/m²
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

5.3.3 Ergebnisse

5.3.3.1 Einfluss der Laugentemperatur

Wie in Abbildung 78 gezeigt, besteht bei beiden untersuchten Papiersorten eine nahezu lineare Abhängigkeit der Ablösezeit von der Laugentemperatur. Dies trifft vor allem in dem für Flaschenreinigungsmaschinen relevanten Temperaturbereich zwischen 60 °C und 80 °C zu, wie das im Diagramm dargestellte Bestimmtheitsmaß (R^2) belegt. Dabei gilt, je höher die Laugentemperatur, desto geringer ist die Ablösezeit.

Zwischen den Papiersorten bestehen jedoch nicht unerhebliche Unterschiede. Die Ablösezeit des nicht metallisierten Papiers BP1 reagiert mit einer Abnahme von rund vier Sekunden pro Grad Celsius Temperaturanstieg. Im Vergleich dazu nimmt die Ablösezeit beim metallisierten Papier (BP2) nur um ca. 2,5 Sekunden pro Grad Celsius Temperaturanstieg der Lauge ab.

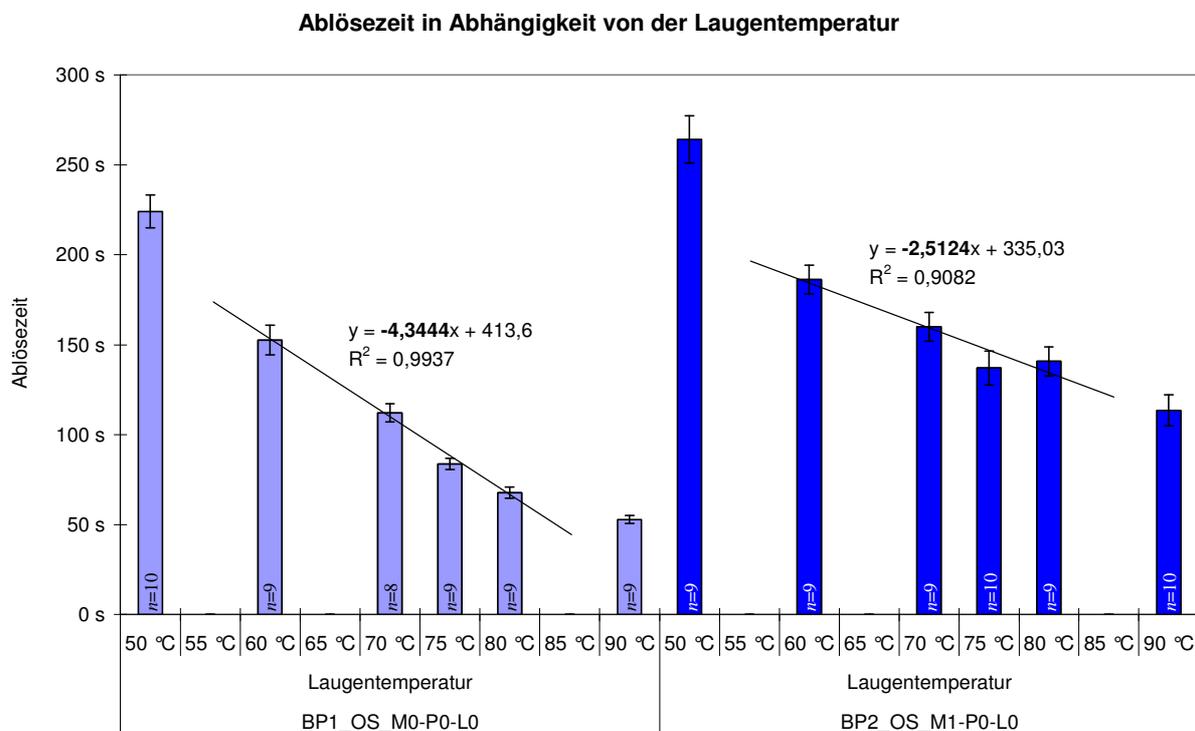


Abbildung 78: Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugentemperatur

Diskussion

Die Untersuchungsergebnisse belegen eindeutig den Einfluss der Temperatur auf das Ablöseverhalten. Ausgehend von 81,3 °C, der durchschnittlichen Laugentemperatur der untersuchten Flaschenreinigungsmaschinen (vgl. Tabelle 9, S. 68), beträgt die Differenz zur niedrigsten Laugentemperatur 3,5 °C und zur höchsten gemessenen Laugentemperatur 4,3 °C. Daraus errechnet sich für das nicht metallisierte Papier BP1 eine Erhöhung der Ablösezeit von rund 15 Sekunden, bei Absenkung der Temperatur auf die niedrigste gemessene Laugentemperatur, respektive eine Reduzierung der Ablösezeit um 18 Sekunden bei Erhöhung der Laugentemperatur auf den Maximalwert aus Tabelle 9. Für das metallisierte Papier BP2 sind die Auswirkungen mit 9 Sekunden beziehungsweise 11 Sekunden dagegen geringer.

Vor dem Hintergrund, dass metallisierte Etiketten, mit ihren höheren Ablösezeiten gegenüber nicht metallisierten Etiketten, bei der Etikettenablösung meist kritischer sind, erscheint die Erhöhung der Laugentemperatur, als Parameter für die Optimierung der Etikettenablösung, nur in Ausnahmefällen geeignet zu sein. Im Zusammenspiel mit anderen Prozessparametern kann die Laugentemperatur jedoch durchaus als ein Baustein einer optimierten Etikettenablösung betrachtet werden.

Dieses Ergebnis umgelegt auf die DIN 16524-6 bedeutet, dass bei einer vorgeschriebenen Laugentemperatur von 75 °C und mit einer erlaubten Temperaturschwankung von ± 2 °C, für das Etikett BP1_OS_Mo-P0-L0 rechnerisch eine Differenz von rund 21 Sekunden zwischen der Minimal- und Maximaltemperatur möglich ist, ohne dass die Grenzen der Norm verletzt würden. Für die zu entwickelnde Methode folgt daraus, dass zur Verbesserung der Reproduzier- und Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse die erlaubte Temperaturschwankung auf das technisch unvermeidbare Maß reduziert werden sollte.

5.3.3.2 Einfluss der Laugenkonzentration

Die Konzentration der Natronlauge hatte bei den durchgeführten Untersuchungen zumeist keinen signifikanten Einfluss auf die Zeit, die zum Ablösen der Etiketten benötigt wurde. Lediglich bei dem nicht metallisierten Papieretikett BP1 stieg die Ablösezeit unterhalb einer Konzentration von 1,0 % messbar an (siehe Abbildung 79).

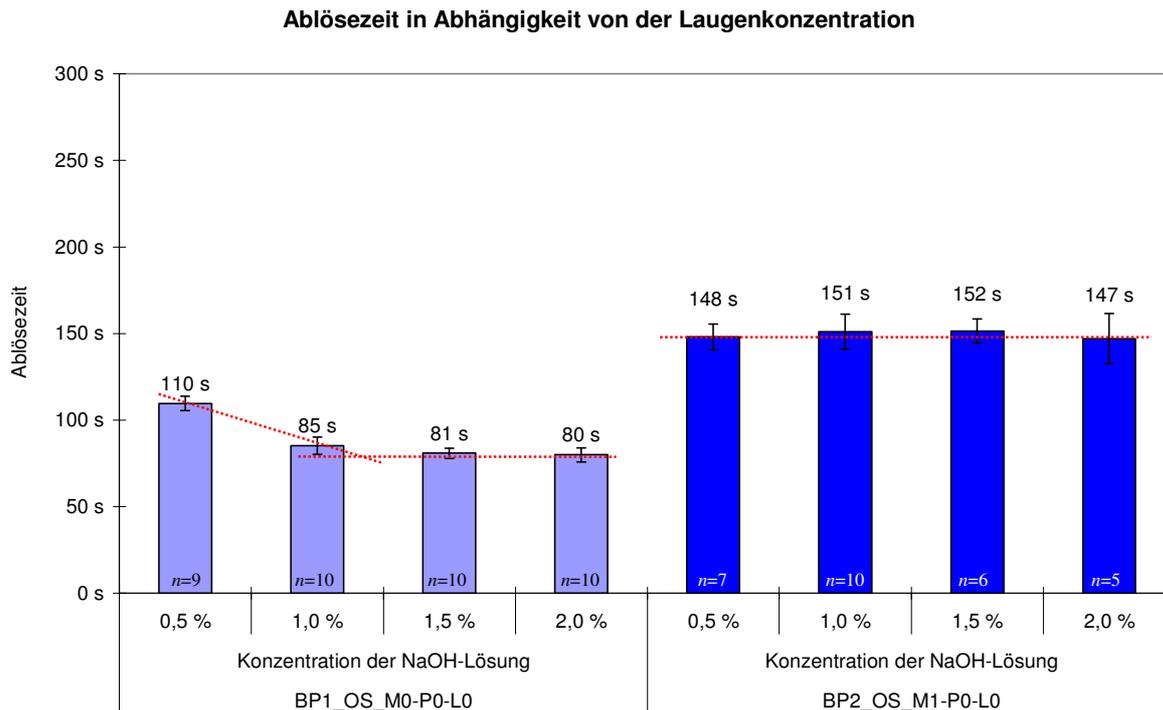


Abbildung 79: Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugenkonzentration

Diskussion

In Anbetracht der Tatsache, dass bei den untersuchten Flaschenreinigungsmaschinen die niedrigste gemessene Laugenkonzentration in den Laugebädern einen Wert von $\omega_{\text{NaOH}} = 1,55 \%$ hatte, scheint eine Erhöhung der Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugekonzentration nur bei einer Fehlfunktion der Natronlauge dosage vorstellbar. Des Weiteren lässt sich anhand der hier untersuchten Etiketten darauf schließen, dass durch eine Erhöhung der Laugenkonzentration keine Reduzierung der Ablösezeit zu erreichen ist.

Für die Optimierung des Ablöseverhaltens von Papieretiketten ist die Konzentration der Natronlauge, innerhalb der branchenüblichen Grenzen, nicht entscheidend. Für die bestehende DIN 16524-6 und die zu entwickelnden Methoden bedeuten die Ergebnisse, dass das Verdunsten von Flüssigkeit während der Messungen und die damit verbundene Aufkonzentrierung der Lauge vernachlässigt werden können.

5.3.3.3 Einfluss der Laugenbelastung

Abbildung 80 zeigt den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) der NaOH-Lösung, in Abhängigkeit der Anzahl ausgelagter Etiketten. Die annähernd lineare Zunahme des CSB lässt darauf schließen, dass mit einer steigenden Anzahl abgelöster Etiketten in einer Flaschenreinigungsmaschine auch die Verschmutzung der Lauge weiter zunehmen wird.

Der Leitwert (Leitw.) der NaOH-Lösung (siehe Abbildung 81 und Abbildung 82) nimmt durch die Verunreinigung ebenfalls zu, bleibt dann jedoch unabhängig von der Menge der eingebrachten Verschmutzung annähernd konstant.

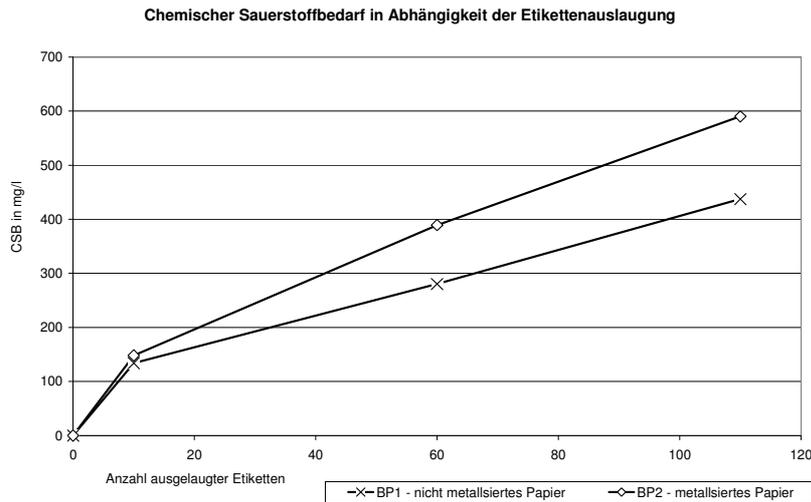


Abbildung 80: Chemischer Sauerstoffbedarf in Abhängigkeit der Etikettenauslaugung

Die Verschmutzung der Lauge durch ausgelaugte Etiketten führt dazu, dass sich die Ablösezeit sowohl für nicht metallisierte (BP1) als auch für metallisierte Etiketten (BP2) geringfügig erhöht (siehe Abbildung 81 und Abbildung 82, Versuch 1 im Vergleich mit den Versuchen 2 und 3).

Die Anreicherung der Natronlauge, durch abgelösten Etikettierklebstoff (Versuch 4, in Abbildung 81 und Abbildung 82), führt ebenfalls zu einer begrenzten Erhöhung der Ablösezeit bei beiden untersuchten Papiersorten.

Die Kombination von ausgelaugten Etiketten und aufgelöstem Etikettierklebstoff, wie sie in Flaschenreinigungsmaschinen auftritt, führte erwartungsgemäß zur ausgeprägtesten Erhöhung der Ablösezeit (Versuch 5, in Abbildung 81 und Abbildung 82).

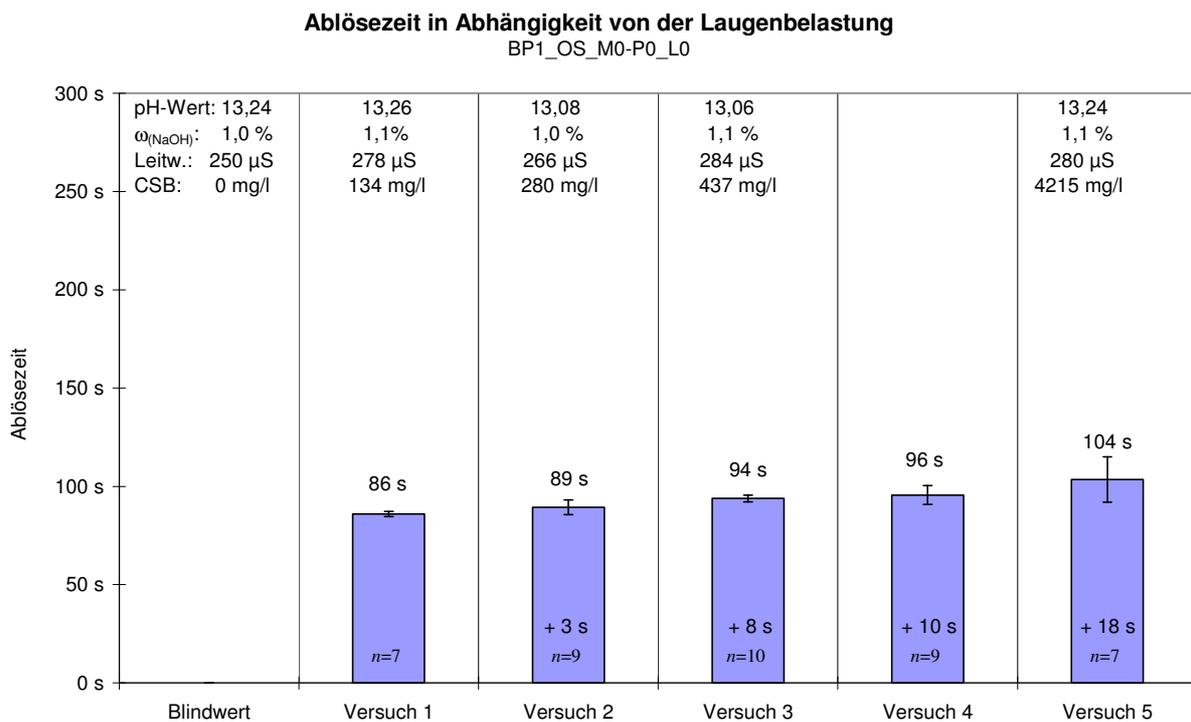


Abbildung 81: BP1 – Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugenbelastung

Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugenbelastung

BP2_OS_M1-P0_L0

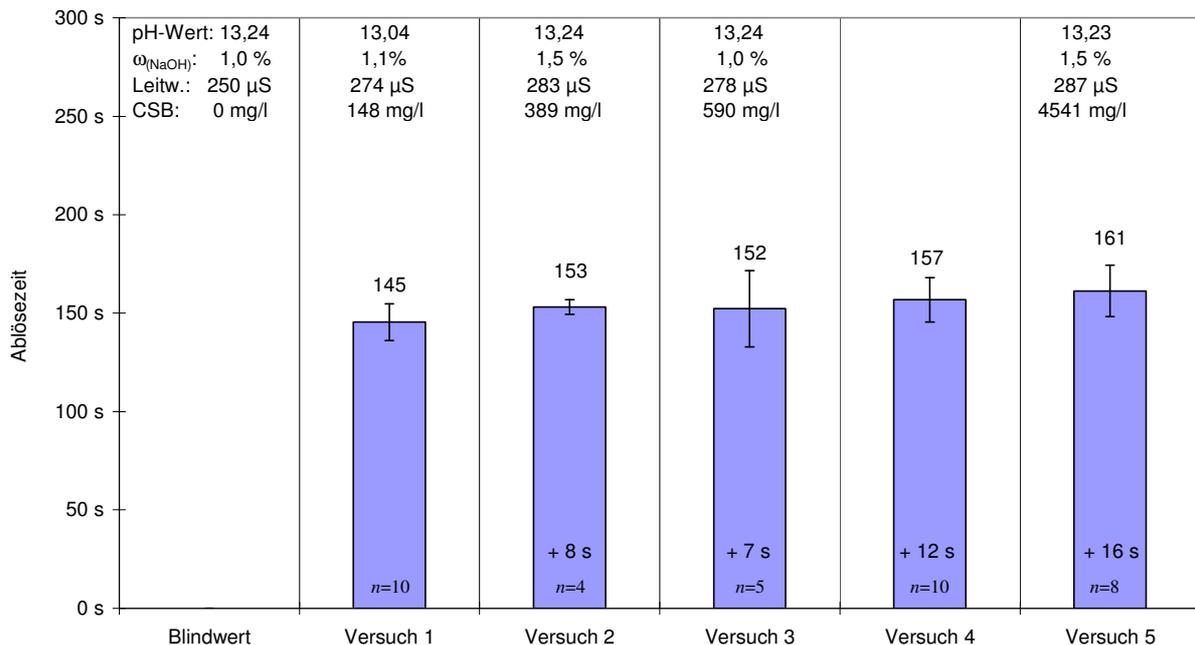


Abbildung 82: BP2 – Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugenbelastung

Diskussion

Die Untersuchung hat gezeigt, dass sich die Ablösezeiten durch die Verschmutzung der Reinigungslauge erhöhen. Bei Absolutwerten von 18 Sekunden beim nicht metallisierten BP1 und 16 Sekunden beim metallisierten BP2 wären die Folgen für den Gesamtprozess Etikettenablösung jedoch zu vernachlässigen.

Die durch die Verunreinigung erzeugten CSB-Werte in Versuch 5, entsprachen in etwa den durchschnittlichen CSB-Werten, die in Flaschenreinigungsmaschinen gemessen wurden (vgl. Tabelle 9, S. 68). Es wird daher angenommen, dass sich die Größenordnung der ermittelten Werte auch auf die Ablösezeiten in Flaschenreinigungsmaschinen übertragen lässt.

Für die zu entwickelnden Methoden folgt daraus, dass an der Vorgabe der DIN 16524-6, die Lauge nach spätestens 20 Einzelprüfungen zu verwerfen, festgehalten wird.

5.3.3.4 Einfluss von Tensiden

Zur Bestimmung des Einflusses von Tensiden, wurde die Ablösezeit des nicht metallisierten Papiers BP1 und des metallisierten Papiers BP2 zunächst in einer NaOH-Lösung ohne Additiv und anschließend in Natronlauge mit einer Tensidkonzentration von $\omega_{\text{Tensid}} = 0,1 \%$ und $0,2 \%$ bestimmt.

Wie aus Abbildung 83 hervorgeht, führt der Einsatz des Tensids bei dem nicht metallisierten Etikett BP1 in keiner der beiden Konzentrationen zu einer signifikanten Änderung der Ablösezeit. Bei dem metallisierten Papier führte der Einsatz der Tenside zu einer deutlichen Erhöhung der Ablösezeit.

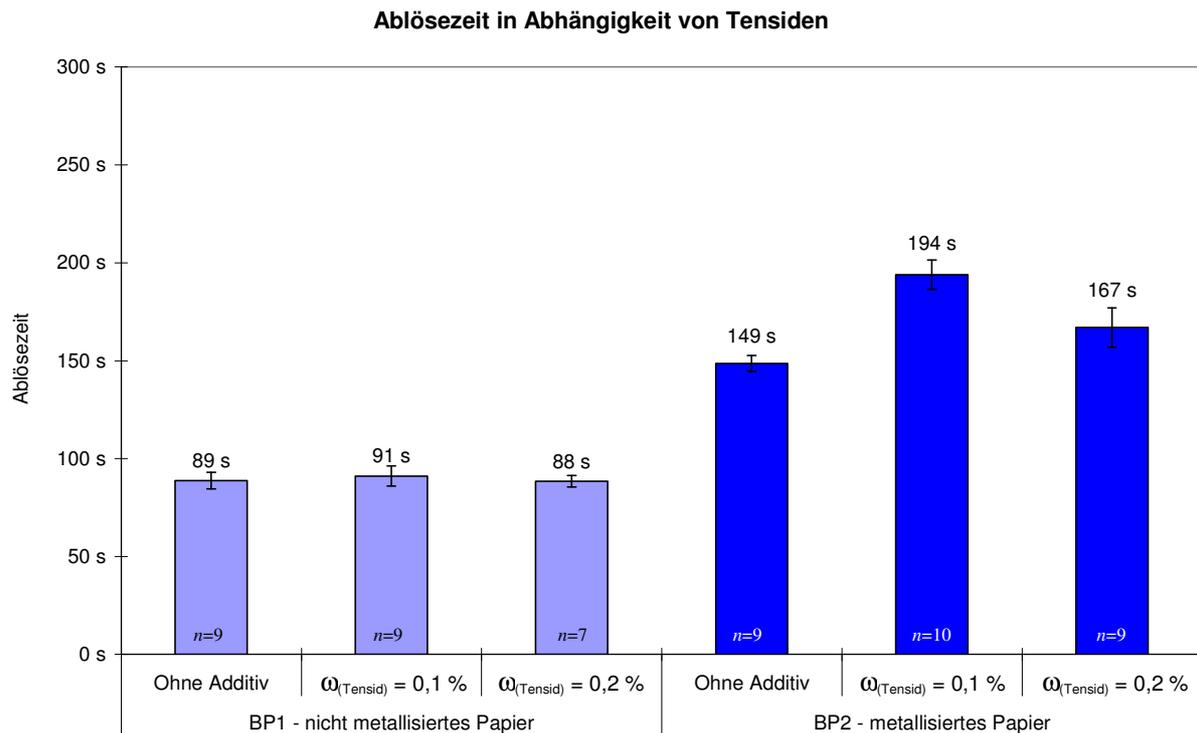


Abbildung 83: Einfluss eines Tensids auf die Ablösezeit

Diskussion

Bei dem hier untersuchten, metallisierten Etikettenpapier, hatte das eingesetzte Tensid, entgegen der Erwartungen, zu einer deutlichen Erhöhung der Ablösezeit geführt. Dieses Ergebnis wurde mit dem Projektbegleitenden Ausschuss diskutiert, eine Erklärung für dieses Phänomen konnte jedoch nicht gefunden werden.

5.3.4 Bewertung

Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnis

Die Erkenntnisse aus Arbeitspaket 2 werden durch die hier erzielten Ergebnisse ergänzt. Das Ziel, eine Bewertung der gebräuchlichen Waschparameter und Zusätze in Flaschenreinigungsmaschinen, bezogen auf das Ablöseverhalten von Papieretiketten, vorzunehmen, konnte mit den in diesem Arbeitspaketen durchgeführten Untersuchungen umgesetzt werden.

5.4 Arbeitspaket 4 – Einfluss der Etikettierklebstoffe

5.4.1 Zielstellung

Die Intention dieses Arbeitspaketes bestand darin, eine Bewertung am Markt erhältlicher Klebstofftypen, in Bezug auf das Ablöseverhalten von Papieretiketten vorzunehmen.

Um dieses Ziel umzusetzen, wurde vom Projektbegleitenden Ausschuss (2. Treffen: 29. Mai 2008, VLB Berlin, Berlin) vorgeschlagen, die Untersuchungen mit einem in der Getränkeindustrie weit verbreiteten Kaseinklebstoff sowie eiswasserfesten, teil- und vollsynthetischen

Etikettierklebstoffen (siehe Abschnitt 4.2, S. 37) durchzuführen. Auf diese Weise konnte die gesamte Bandbreite der eingesetzten Etikettierklebstoffe abgedeckt werden.

Zusätzlich zur geplanten Untersuchung verschiedener Klebstoffsorten, wurden der Effekt der Klebedauer und die Variation der Klebstoffmenge getestet sowie, auf Vorschlag des Projektbegleitenden Ausschusses, der Einfluss der Kaltendvergütung von Flaschen (1. Treffen: 15. November 2007, Brau Bevale, Nürnberg) und die Auswirkungen einer forcierten Lagerung des Etikettierklebstoffs (3. Treffen: 13. November 2008, Brau Bevale, Nürnberg).

5.4.2 Material und Methoden

Wie bei den Versuchen im vorausgegangenen Arbeitspaket, wurden die Auswahl der untersuchten Etikettenpapiere auf jeweils einen Vertreter der nicht metallisierten und metallisierten Papiere begrenzt:

- Nicht metallisiertes Papier: BP1_OS_M0-P0-L0
- Metallisiertes Papier: BP2_OS_M1-P0-L0

Die Ablösezeiten wurden nach der Arbeitsmethode (siehe Abschnitt 4.3.2) bestimmt. Die jeweils variablen Versuchsparameter und sämtliche, von der beschriebenen Arbeitsmethode abweichenden Einstellungen, werden in der folgenden Auflistung stichpunktartig aufgeführt:

Abschnitt 5.4.3.1, Vergleich von Etikettierklebstoffen:

- Variabler Versuchsparameter: Vier verschiedene Klebstoffsorten, die Zuordnung der Sorten ist Tabelle 4, auf Seite 37 zu entnehmen
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

Abschnitt 5.4.3.2.1, Ablösezeit in Abhängigkeit von flächenbezogener Klebstoffmasse und Papiersorte:

- Variable Versuchsparameter: Klebstoffmenge
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

Abschnitt 5.4.3.2.2; Ablösezeit in Abhängigkeit von Klebstoffmenge und Lackierung:

- Variable Versuchsparameter: Klebstoffmenge und Papiersorte BP1_OS_M0-P0-L1
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

Abschnitt 5.4.3.2.3, Ablösezeit in Abhängigkeit von Klebstoffmenge und Prägung:

- Variable Versuchsparameter: Klebstoffmenge und Papiersorte BP2_OS_M1-P1-L0
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

Abschnitt 5.4.3.2.5, Ablösezeit in Abhängigkeit von Klebstoffmenge und Klebstoffsorte:

- Variabler Versuchsparameter: Klebstoffmenge und Klebstoffsorte KE 51 EW

Abschnitt 5.4.3.3, Einfluss der Beileimungsform:

- Variabler Versuchsparameter: Klebstoffauftrag nach Arbeitsmethode (Streifenbeileimung), nach DIN16524-6 (vollflächige Beileimung mit 50 µm Raket) und nach „modifizierter Methode (vollflächige Beileimung mit 10 µm Raket)

Für Klebstoffauftrag nach Arbeitsmethode:

- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

Für Klebstoffauftrag nach DIN 16524-6:

- Klebstoffauftrag erfolgt nach DIN 16524-6, die beileimten Etiketten wurden auf Glaszylinder geklebt und mit der Etikettiermaschine angerollt. Die Ablösung erfolgte nach Arbeitsmethode.
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

Abschnitt 5.4.3.4, Einfluss der Dauer der Verklebung

- Variabler Versuchsparameter: Dauer der Verklebung
- Flächenbezogenen Klebstoffmasse: 15 g/m²
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹
- Abbildung 97 – Diagramm 2: Um den Einfluss der Klebstoffmenge auf die gemessenen Ablösezeiten so gering wie möglich zu halten beziehungsweise, um eine schleichende Veränderungen der Klebstoffmenge beim Etikettieren der insgesamt 30 Glaszylinder zu kompensieren, wurden die etikettierten Glaszylinder der Reihenfolge ihrer Etikettierung nach in nummerierten Kästen gelagert. Am jeweiligen Ablösetag wurden die Glaszylinder nach der in Tabelle 10 angegebenen Entnahmematrix für den Ablöseversuch entnommen. Auf diese Weise konnte sichergestellt werden, dass die Glaszylinder an jedem Ablösetag gleichmäßig über den gesamten Etikettiervorgang verteilt waren.

Tabelle 10: Entnahmematrix

Dauer der Verklebung:	Glaszylinder Nummer:
1. Tag	1. – 7. – 13. – 19. – 25.
10. Tag	2. – 8. – 14. – 20. – 26.
15. Tag	3. – 9. – 15. – 21. – 27.
21. Tag	4. – 10. – 16. – 22. – 28.
25. Tag	5. – 11. – 17. – 23. – 29.
35. Tag	6. – 12. – 18. – 24. – 30.

Abschnitt 5.4.3.5, Einfluss der Klebstofflagerung:

- Variabler Versuchsparameter: Lagerung des Etikettierklebstoffs

Zu einem Zeitpunkt $t_{(\text{Lagerdauer})} = 0$ Tage, wurden aus einer Charge Etikettierklebstoff (ST 50 KF) rund ein Kilogramm Klebstoff entnommen und in einem Glasbehälter gasdicht verschlossen. Der Glasbehälter mit Klebstoff wurde für 55 Tage im Trockenschrank, bei 40 °C eingelagert. Der Rest der Charge wurde wieder verschlossen und im Originalbehälter, bei einer Raumtemperatur von ca. 20 °C bis 23 °C, ebenfalls 55 Tage gelagert.

- Flächenbezogenen Klebstoffmasse: 15 g/m²

Abschnitt 5.4.3.6, Einfluss der Kaltendvergütung:

- Variabler Versuchsparameter: Glaszylindern mit Kaltendvergütung
- Dreifuß aus Glas: Höhe ca. 50 mm, Durchmesser Glas ca. 8 mm
- Rührerdrehzahl: 550 min⁻¹

5.4.3 Ergebnisse

5.4.3.1 Vergleich von Etikettierklebstoffen

Die Ablösezeiten der vier untersuchten Klebstoffe sind in Abbildung 84 dargestellt. Die Etikettierklebstoffe unterscheiden sich signifikant in ihren Ablösezeiten. Die Unterschiede zwischen den Klebstoffsorten sind jedoch bei dem nicht metallisierten Papier BP1 weniger ausgeprägt, als dies beim metallisierten Papier BP2 der Fall ist. Der Kaseinklebstoff ST 50 KF weist von allen untersuchten Klebstoffen die niedrigste Ablösezeit auf, während die höchsten Ablösezeiten beim eiswasserfesten, synthetischen Klebstoff KE 51 EW gestoppt wurden. Der Kaseinklebstoff ST 50 AF und der teilsynthetische Klebstoff KE 55 liegen mit ihren Ablösezeiten zwischen diesen beiden Klebstoffen.

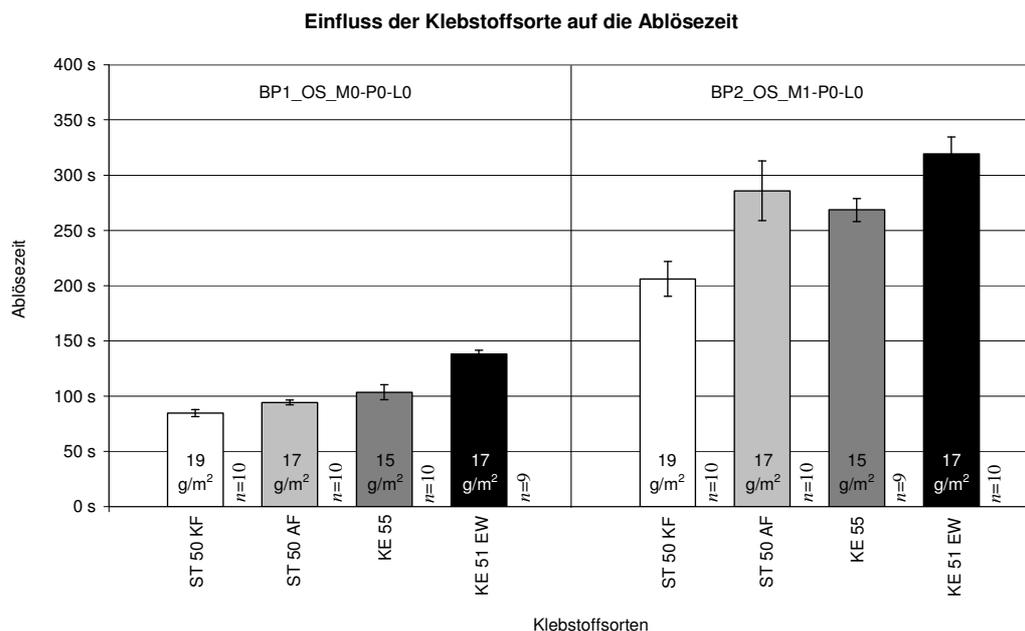


Abbildung 84: Einfluss der Klebstoffsorte auf die Ablösezeit

Diskussion

Wie erwartet, führt die Verwendung verschiedener Etikettierklebstoffe zu Unterschieden in den Ablösezeiten. Dies liegt vornehmlich an der unterschiedlichen Zusammensetzung der Klebstoffe und dem damit verbundenen Einsatzzweck, für den der jeweilige Etikettierklebstoff konzipiert wurde.

Ein Klebstoff mit einem sehr breiten Einsatzprofil, wie der ST 50 KF, der auf unterschiedlichsten Etikettiermaschinen, unter den verschiedensten Rahmenbedingungen der Abfüllbetriebe und mit einer großen Vielfalt von Papiersorten ein einwandfreies Etikettierergebnis liefern soll, wird in seiner Komposition so gestaltet sein, dass er auch in den Flaschenreinigungsmaschinen der Mehrheit der Abfüllbetriebe eingesetzt werden kann.

Klebstoffe mit einzelnen herausragenden Eigenschaften, wie zum Beispiel der Eiswasserfestigkeit des KE 51 EW, werden dagegen für spezifische Aufgabe eingesetzt. Die Verbesserung eines Merkmals führt jedoch meist dazu, dass bei anderen Eigenschaften des Klebstoffes Kompromisse eingegangen werden müssen. Im Falle der Eiswasserfestigkeit, also einer erhöhten Widerstandskraft des Klebstoffs gegen das Auflösen in kaltem Wasser, wird sich zwangsläufig auch die Widerstandskraft gegen das Auflösen in heißer Reinigungslauge erhöhen.

An dieser Stelle kann somit zwar eine Aussage darüber getroffen werden, welcher der untersuchten Klebstoff besser oder schlechter geeignet ist, um ein problemloses Ablösen von Etiketten in einer Flaschenreinigungsmaschine zu gewährleisten. Eine solche isolierte Betrachtung ist jedoch keinesfalls zweckmäßig, da sie die anderen wesentlichen Aspekte bei der Auswahl des Etikettierklebstoffs völlig außer Acht lässt. Gleichwohl ist das Wissen um die individuellen Ablöseeigenschaften eines jeden Klebstoffs entscheidend, für die Zusammenstellung geeigneter Komponenten der Flaschenausstattung. Nur wenn das spezifische Ablöseverhalten der einzelnen Elemente bekannt ist, lässt sich verhindern, dass sich negative Eigenschaften einzelner Komponenten überlagern und potenzieren und letztlich zu Problemen bei der Flaschenreinigung führen.

Für die Praxis lässt sich aus den Ergebnissen folgern, dass der Wechsel der Klebstoffsorte das Verhalten der etikettierten Flaschen bei der Flaschenreinigung wesentlich verändern kann und daher vor einem solchen Wechsel, dessen Eignung bei den im Abfüllbetrieb herrschenden Gegebenheiten getestet werden sollte.

Für die zu entwickelnde Methode bedeutet dies, dass die Festlegung eines verbindlichen Etikettierklebstoffs eine Grundvoraussetzung für die Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse darstellt. In den STLB für Etiketten und der DIN 16524-6 wird eine solche Festlegung nicht getroffen, es soll lediglich der verwendete Etikettierklebstoff im Prüfbericht angegeben werden. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist bei verschiedenen Etikettierklebstoffen jedoch auch in Kenntnis der Klebstoffsorte nicht gegeben.

5.4.3.2 Einfluss der Klebstoffmenge

Der Einfluss der Klebstoffmenge auf die Ablösezeit des nicht metallisierten Papiers BP1 und des metallisierten Papiers BP2, wurde in Abhängigkeit von der Klebstoffsorte, der Prägung

und Lackierung der Etiketten sowie der Art des Klebstoffauftrags (vollflächige- oder Steifenbeimung) untersucht. Sämtliche Ergebnisse sind in Abbildung 85 zusammengefasst.

Bei den durchgezogenen Linien handelt es sich um Trendlinien, die anhand der ermittelten Werte erstellt wurden. Bei den gestrichelten Linien handelt es sich um Annahmen, die den vermuteten Verlauf der Kurven widerspiegeln sollen. Die einzelnen Kurven werden in den folgenden Abschnitten nochmals gesondert aufgeführt und diskutiert.

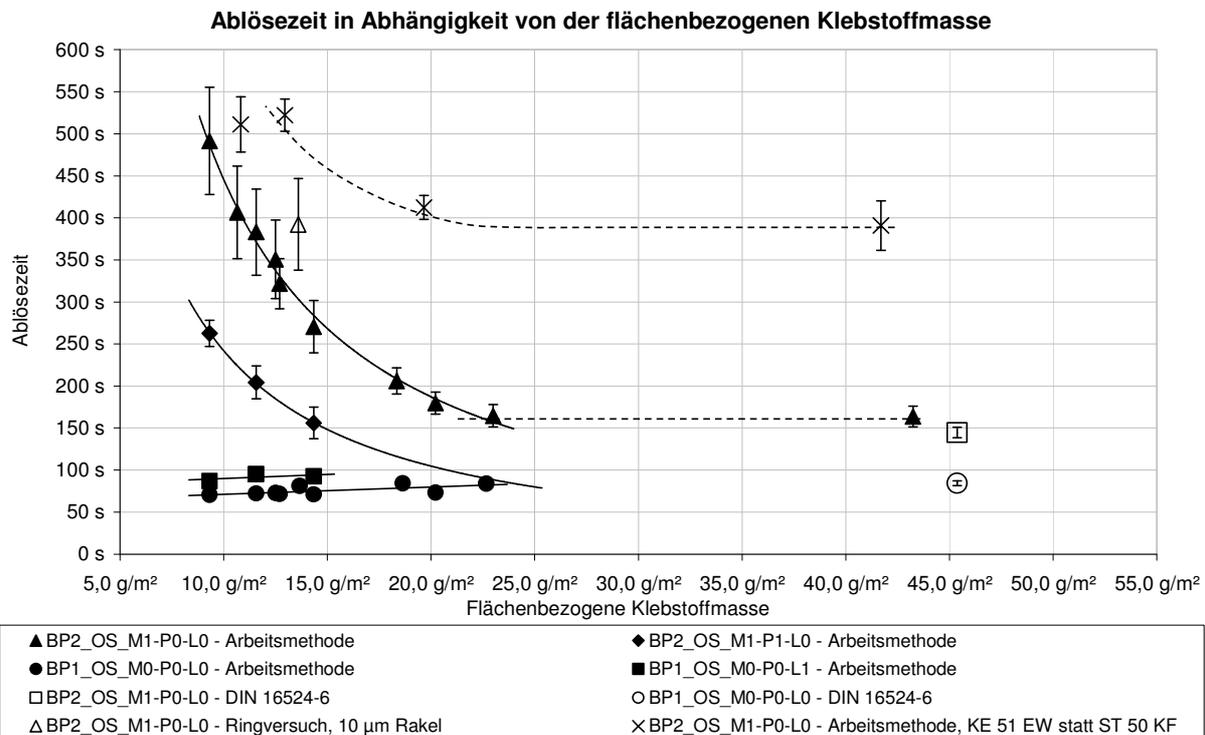


Abbildung 85: Ablösezeit in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Klebstoffmasse

5.4.3.2.1 Ablösezeit in Abhängigkeit von flächenbezogener Klebstoffmasse und Papiersorte

Die in Abbildung 86 dargestellten Kurven zeigen die Ablösezeit der beiden untersuchten Papiersorten, in Abhängigkeit von der Klebstoffmenge. Die Kurvenverläufe unterscheiden sich dabei grundlegend.

Bei dem nicht metallisierten Papier BP1, führte eine stufenweise Reduzierung der Massenbelegung des Etikettierklebstoffs von rund 23 g/m² auf ca. 10 g/m² zu einer moderaten Reduzierung der Ablösezeit von 84 s auf 71 s.

Das Ablöseverhalten des metallisierten Papiers BP2 unterscheidet sich fundamental vom Verhalten des nicht metallisierten Papiers. Die stufenweise Reduktion der Massenbelegung von 23 g/m² auf 10 g/m², führte bei diesem Etikett zu einem scheinbar hyperbel-artigen Ansteigen der Ablösezeit, von 2:45 Minuten (165 s) auf über acht Minuten (492 s). Ab einer Massenbelegung von 23 g/m² führt die Erhöhung der Klebstoffmenge zu keiner nennenswerten Veränderung der Ablösezeit, wie ein Vergleich der beiden Ablösezeiten von 23 g/m² mit 165 s und 43 g/m² mit 164 s zeigt.

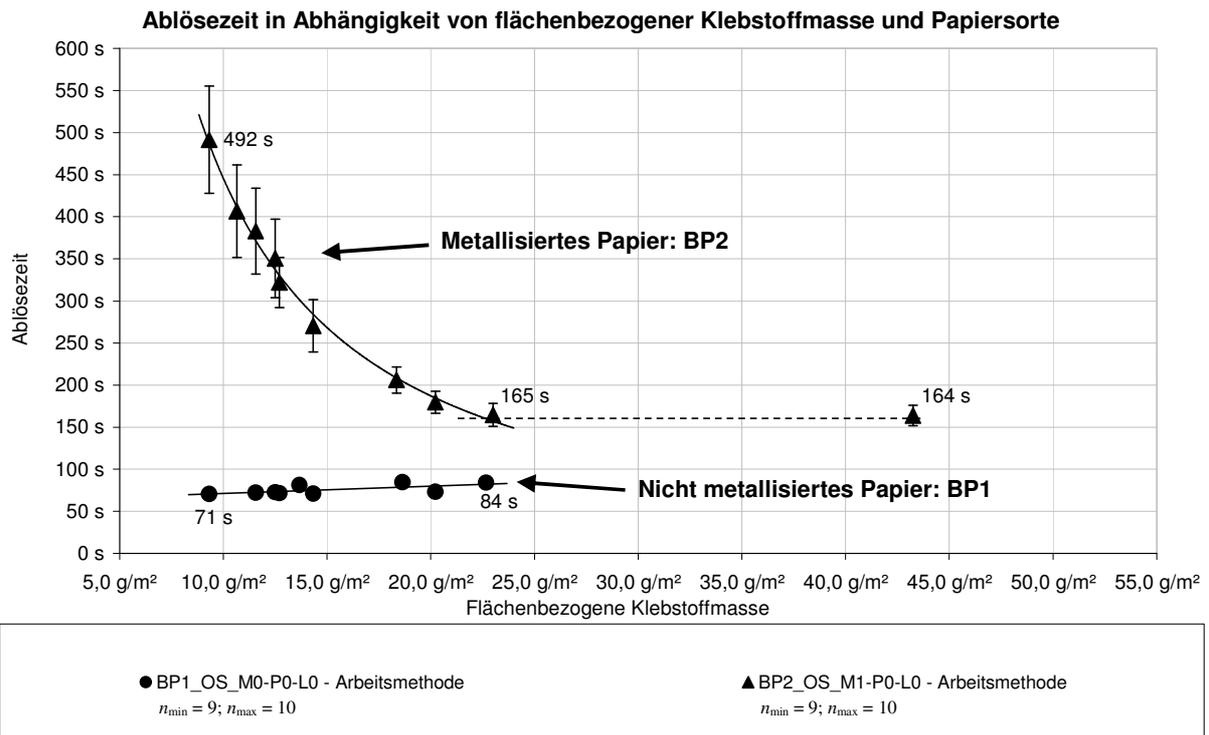


Abbildung 86: Ablösezeit in Abhängigkeit von flächenbezogener Klebstoffmasse und Papiersorte

Das Ablöseverhalten des nicht metallisierten Papiers, konnte nach dem von [20] beschriebenen Modell zur Etikettenablösung (vgl. Abschnitt 3.3.1, S. 28) erwartet werden. Die Lauge löst den Klebstoff zunächst von der Seite her an, penetriert jedoch gleichzeitig durch das Etikett und löst den Klebstoff an der Kontaktfläche zwischen Etikett und Klebstoff auf, sobald die Laugenpenetration die Rückseite des Etiketts erreicht hat (schematische Darstellung in Abbildung 87). Da die Penetration des nicht metallisierten Papiers BP1 im Vergleich zu den metallisierten Papieren relativ schnell voranschreitet (vgl. Abschnitt 4.1.1), überwiegt bei BP1 die Ablösung der Kontaktfläche durch die penetrierte Lauge vor der seitlichen Laugenpenetration. Daraus folgt, dass der gesamte Ablösevorgang nahezu unabhängig von der Schichtdicke des Klebstofffilms ist. Ein gewisser Einfluss auf die Ablösezeit war dennoch feststellbar und wurde von der Etikettiermaschine, bei der Reduzierung des Klebstofffilms auf der Leimwalze hervorgerufen. Je dünner der Klebstofffilm eingestellt wurde, desto geringer war die Anzahl der Kontaktpunkte zwischen Etikettenrückseite und Klebstoff und somit, in gewissen Grenzen, die Verbindung zwischen Etikett und Klebstoff. Dies war visuell, durch die zunehmende Häufung feiner, klebstofffreier Steifen im Klebstofffilm bei Reduzierung des Klebstoffauftrages, zu erkennen.

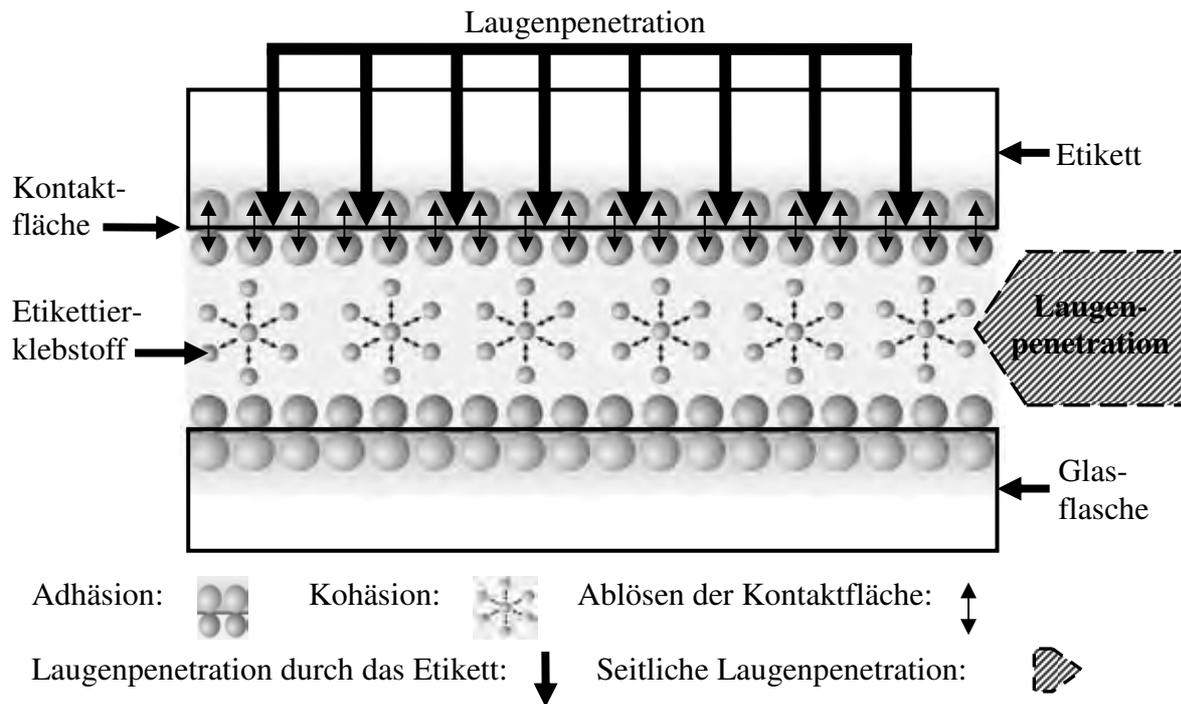


Abbildung 87: Ablösung der Kontaktfläche nach der Laugenpenetration [37]

Eine Erklärung für das scheinbar widersprüchliche Verhalten beim metallisierten Papier BP2 – weniger Klebstoff führt zu höherer Ablösezeit – kann ebenfalls aus dem Modell abgeleitet werden. Hierfür muss das Modell jedoch um den Einfluss der Schichtdicke des Etikettklebstoffs auf die Geschwindigkeit der seitlichen Penetration der Lauge erweitert werden.

Wie beim nicht metallisierten Papier BP1, löst die Lauge den Klebstoff zunächst von der Seite her an und beginnt gleichzeitig das Etikett zu durchdringen. Da jedoch, durch den Aufbau des metallisierten Etiketts mit seinen zusätzlichen Schichten, die Penetration wesentlich langsamer verläuft (vgl. Abschnitt 4.1.1) und gegenüber entmineralisiertem Wasser bei Raumtemperatur auch nach 10 Minuten kaum eine Penetration feststellbar war, wird der überwiegende Teil der Etikettenablösung von der seitlichen Laugenpenetration in die Klebstoffschicht bewerkstelligt. Bei der seitlichen Penetration übt jedoch die Schichtdicke des Etikettklebstoffs einen maßgeblichen Einfluss auf die Geschwindigkeit aus, mit der die Lauge in die Klebstoffschicht eindringen kann. Je dünner die Klebstoffschicht wird, desto geringer wird die Angriffsfläche des Klebstoffs gegenüber der Lauge, wodurch die Penetration der Lauge in den Etikettklebstoff gehemmt wird. Dies soll, durch die unterschiedliche Größe der Penetrationspfeile, in Abbildung 88 verdeutlicht werden.

Bei kontinuierlicher Erhöhung der Schichtdicke, durch Anhebung der Massenbelegung, wird ab einer bestimmten Dicke des Klebstoffs eine Dimension erreicht, bei der eine weitere Steigerung keine Erhöhung der Penetrationsgeschwindigkeit mehr bewirkt. Bei dem Papier BP2 scheint diese Grenze ab einer flächenbezogenen Klebstoffmenge von 23 g/m^2 erreicht zu sein, wodurch sich der parallele Verlauf von Ablösekurve zu Abszisse, zwischen 23 g/m^2 und 43 g/m^2 erklärt.

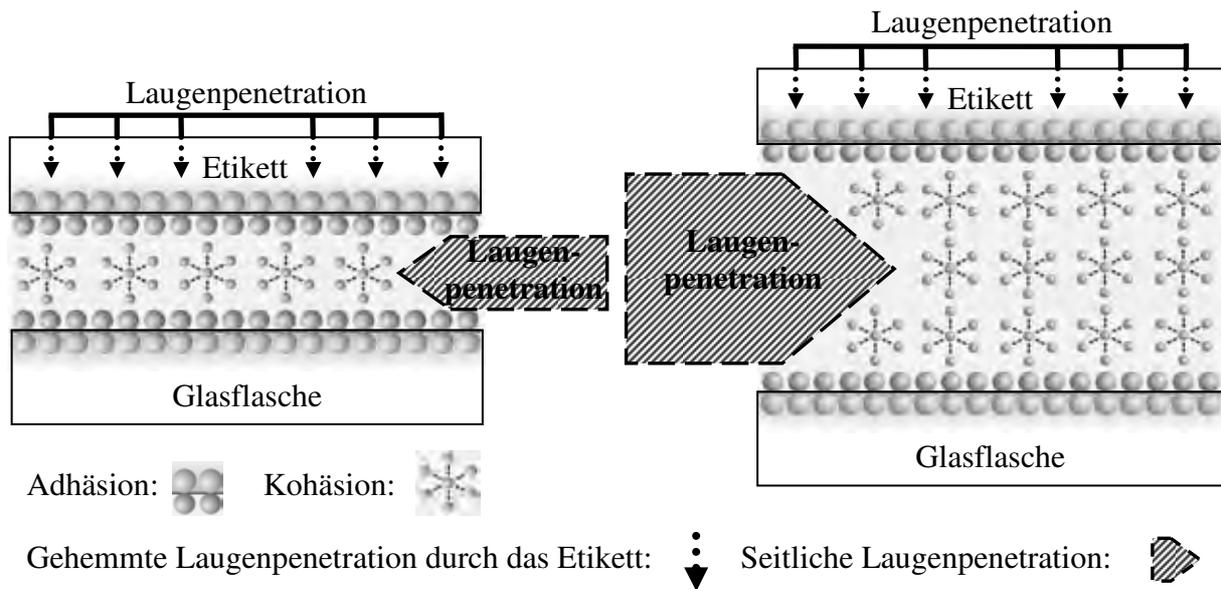


Abbildung 88: Erweitertes Modell: Laugenpenetration in Abhängigkeit der Schichtdicke [37]

5.4.3.2.2 Ablösezeit in Abhängigkeit von Klebstoffmenge und Lackierung

Diese Annahmen werden durch weitere Versuchsergebnisse bestätigt. Nach dem Modell würde eine Lackierung des nicht metallisierten Papiers BP1, die wie eine zusätzliche Farbschicht wirkt, den Widerstand des Etiketts gegen die Laugenpenetration geringfügig erhöhen. In der Folge müsste sich eine moderate Erhöhung der Ablösezeit einstellen, die jedoch weiterhin von der Laugenpenetration durch das Etikett beherrscht wird und nicht von der Massenbelegung des Etikettierklebstoffs abhängig ist. Dieses postulierte Verhalten findet sich in Abbildung 89 wieder. Die Ablösezeit des lackierten Etiketts BP1_OS_M0-P0-L0 ist gegenüber der nicht lackierten Variante um rund 20 Sekunden erhöht, bei nahezu parallelem Verlauf der Kurven.

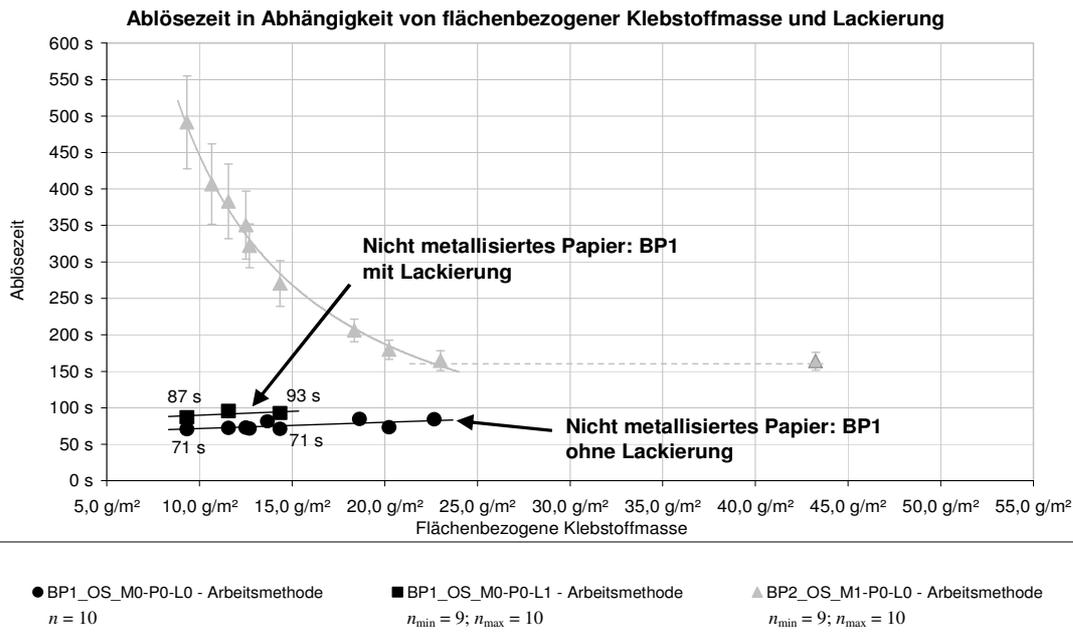


Abbildung 89: Ablösezeit in Abhängigkeit von flächenbezogener Klebstoffmasse und Lackierung

5.4.3.2.3 Ablösezeit in Abhängigkeit von Klebstoffmenge und Prägung

Nach dem erweiterten Modell würde sich eine Prägung des metallisierten Etiketts BP2 ebenfalls auf die Ablösezeit auswirken. Durch eine Prägung werden die Deckschichten des metallisierten Papiers aufgebrochen und die Laugenpenetration, über die damit verbundene partielle Öffnung der Oberfläche, erhöht. Dies findet sich auch in den Penetrationskurven wieder (vgl. Abschnitt 4.1.1), bei der durch eine Prägung des BP2 eine deutliche Zunahme der Penetration, gegenüber dem ungeprägten Variante, erreicht wurde. Die Wirkung geht jedoch nicht so weit, dass sich die Penetrationskurve des metallisierten Papiers BP2 an die des nicht metallisierten Papiers BP1 annähern würde. Im Diagramm (siehe Abbildung 90) zeigt sich, dass bei gleicher Massenbelegung des Etikettierklebstoffs, durch die Prägung die Ablösezeiten um etwa die Hälfte, von rund acht (492 s) auf vier Minuten (263 s) beziehungsweise von viereinhalb (271 s) auf zweieinhalb Minuten (156 s), reduziert wurden. Dass die seitliche Penetration der Klebstoffschicht jedoch immer noch einen hohen Einfluss auf die resultierende Ablösezeit ausübt, obwohl die Penetration durch das Etikett zugenommen hat, zeigt sich darin, dass mit abnehmender Massenbelegung die Ablösezeit des geprägten, metallisierten Papiers weiterhin überproportional ansteigt. Im Vergleich zur Kurve des nicht geprägten Papiers verläuft dieser Anstieg jedoch erkennbar flacher.

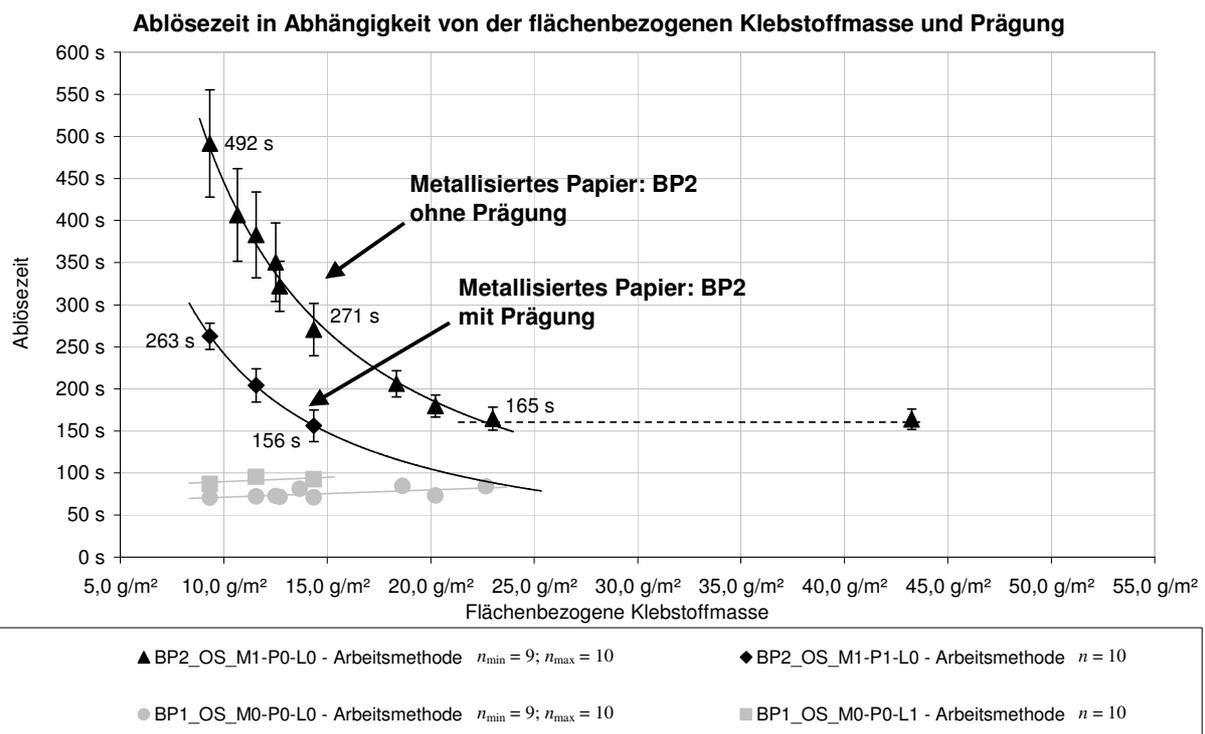


Abbildung 90: Ablösezeit in Abhängigkeit von der flächenbezogene Klebstoffmasse und Prägung

5.4.3.2.4 Einfluss von Etikettenfläche und Kantenlänge

Um die Gültigkeit des in Abschnitt 5.4.3.2.1 erweiterte Modells der Etikettenablösung zu prüfen, wurde vom Projektbegleitenden Ausschusses (3. Treffen: 13. November 2008, Brau Beviale, Nürnberg) angeregt, den Einfluss der Etikettenfläche und der Kantenlänge auf die Ablösezeit zu untersuchen.

Hierfür wurden aus den Etikettenbögen der Charge 2 (vgl. Abschnitt 4.1.2), Etiketten in drei verschiedenen Größen, mit einem Papierschneider ausgeschnitten. Die Kantenlängen der quadratischen Etiketten betragen fünf, sieben und neun Zentimeter. Daraus ergibt sich jeweils eine Etikettenfläche von 25 cm^2 , 49 cm^2 und 81 cm^2 . Die Strecke, die die Reinigungslauge bei ausschließlich seitlicher Penetration in die Klebstoffschicht, bis zum vollständigen Ablösen des Etiketts zurücklegen muss, entspricht der Strecke von der Außenkante des Etiketts die senkrecht auf die jeweils parallele zur Außenkante verlaufende Mittelachse trifft. Somit ist die maximal zu durchdringende Strecke gleich der halben Kantenlänge (siehe Abbildung 91).

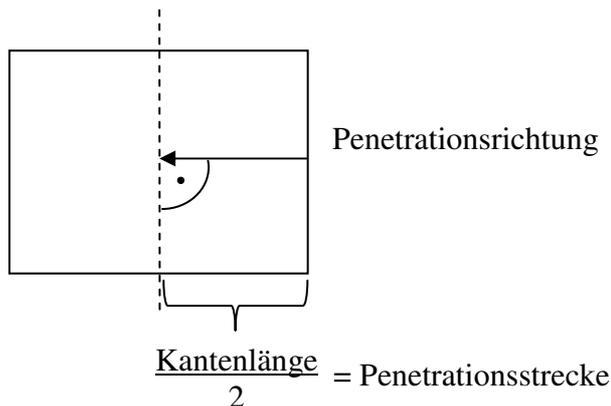


Abbildung 91: Penetrationsstrecke bei seitlicher Laugenpenetration

Wenn das erweiterte Modell zutrifft, wäre die Ablösezeit eines Etiketts, das vorwiegend über die Penetration der Lauge durch die Etikettenfläche abgelöst wird, unabhängig von der Größe der Etikettenfläche, da die Penetration der Lauge zeitgleich über die gesamte Fläche erfolgt und der Kontakt zwischen Etikett und Klebstoff parallel, an allen Punkten der Kontaktfläche, aufgelöst wird. Eine Abhängigkeit von der Kantenlänge wäre nach dem Modell ebenfalls nicht gegeben, da angenommen wird, dass die Auflösung des Klebstoffs an der Kontaktfläche erfolgt, bevor die seitliche Penetration durch den Klebstoff das Zentrum des Etiketts erreicht und ihrerseits das Etikett ablösen würde.

⇒ Vorhersage nach dem Modell: Die nicht metallisierten Etiketten BP3_OS_M0-P1-L0 werden dieselbe Ablösezeit aufweisen, unabhängig von Fläche oder Kantenlänge.

Bei Etiketten, deren Oberflächenbeschaffenheit eine Penetration der Lauge durch die Etikettenfläche nahezu unterdrückt und bei dem die Etikettenablösung überwiegend von der seitlichen Penetration der Lauge durch die Klebstoffschicht vonstatten geht, ist ebenfalls nicht mit einer Abhängigkeit der Ablösezeit von der Etikettenfläche zu rechnen, da die Penetration durch das Etikett, wie oben beschrieben wurde, nicht von der Fläche abhängig ist.

Bei ausschließlich seitlicher Penetration müsste sich jedoch nach dem Modell eine Abhängigkeit von der Kantenlänge zeigen, da mit steigender Kantenlänge auch die Penetrationsstrecke größer wird. Die Kantenlängen wurden für diesen Versuch so gewählt, dass sie zwischen dem kleinsten, dem mittleren und dem größten Etikett jeweils linear, um 2 cm zunimmt. Dementsprechend nimmt die Penetrationsstrecke zwischen den drei gewählten Formaten, ebenfalls linear, um jeweils 1 cm zu. Bei der Etikettenfläche sind die Zuwächse zwischen den drei For-

maten nicht linear sondern ansteigend, wie aus Tabelle 11 hervorgeht. Ursache hierfür ist, dass Änderungen der Kantenlänge quadratisch in die Flächenänderung eingehen.

⇒ Vorhersage nach dem Modell: Die Ablösezeit der glatten, metallisierten Etiketten BP4_OS_M1-P0-L0 wird mit linear zunehmender Kantenlänge ebenfalls linear ansteigen.

Tabelle 11: Zunahme von Penetrationsstrecke und Etikettenfläche

Etikettengröße	Klein	Mittel	Groß	Zunahme
Kantenlänge	5 cm	7 cm	9 cm	
Differenz	2 cm		2 cm	⇒ linear
Penetrationsstrecke	2.5 cm	3.5 cm	4,5 cm	
Differenz	1 cm		1 cm	⇒ linear
Etikettenfläche	25 cm ²	49 cm ²	81 cm ²	
Differenz	24 cm ²		32 cm ²	⇒ ansteigend

Für den Ablöseversuch wurden die Etiketten BP3_OS_M0-P1-L0 und BP4_OS_M1-P0-L0 aus Charge 2 ausgewählt. BP3 ist aus demselben Basispapier gefertigt wie BP1, dessen Penetrationskurve gegen entmineralisiertes Wasser relativ steil abnimmt (vgl. 4.1.1). Aufgrund der zusätzlichen Prägung sollte bei BP3 die Penetration jedoch nochmals geringfügig erhöht sein. Es kann somit bei BP3_OS_M0-P1-L0 davon ausgegangen werden, dass die Etikettenablösung vornehmlich über die Penetration der Lauge durch die Etikettenfläche stattfindet.

Das Penetrationsverhalten vom nicht geprägten, metallisierten Etikett BP4_OS_M1-P0-L0 wird weitgehend mit dem Penetrationsverhalten von BP2_OS_M1-P0-L0 übereinstimmen, da sich diese Etiketten lediglich in der Druckfarbe unterscheiden. Bei BP4_OS_M1-P0-L0 kann somit davon ausgegangen werden, dass die Penetration der Lauge durch die Etikettenfläche stark gehemmt ist und die Etikettenablösung überwiegend durch die seitliche Laugenpenetration erreicht wird.

Die Ergebnisse des Ablöseversuchs, dargestellt in Abbildung 92, bestätigen die Annahmen des Modells zu 100 %. Die Ablösezeiten der Etiketten des Papiers BP3_OS_M0-P1-L0 bleiben, trotz steigender Kantenlänge und Etikettenfläche, konstant. Bei BP4_OS_M1-P0-L0 steigt die Ablösezeit linear an, wodurch die Abhängigkeit von der Kantenlänge bestätigt wird.

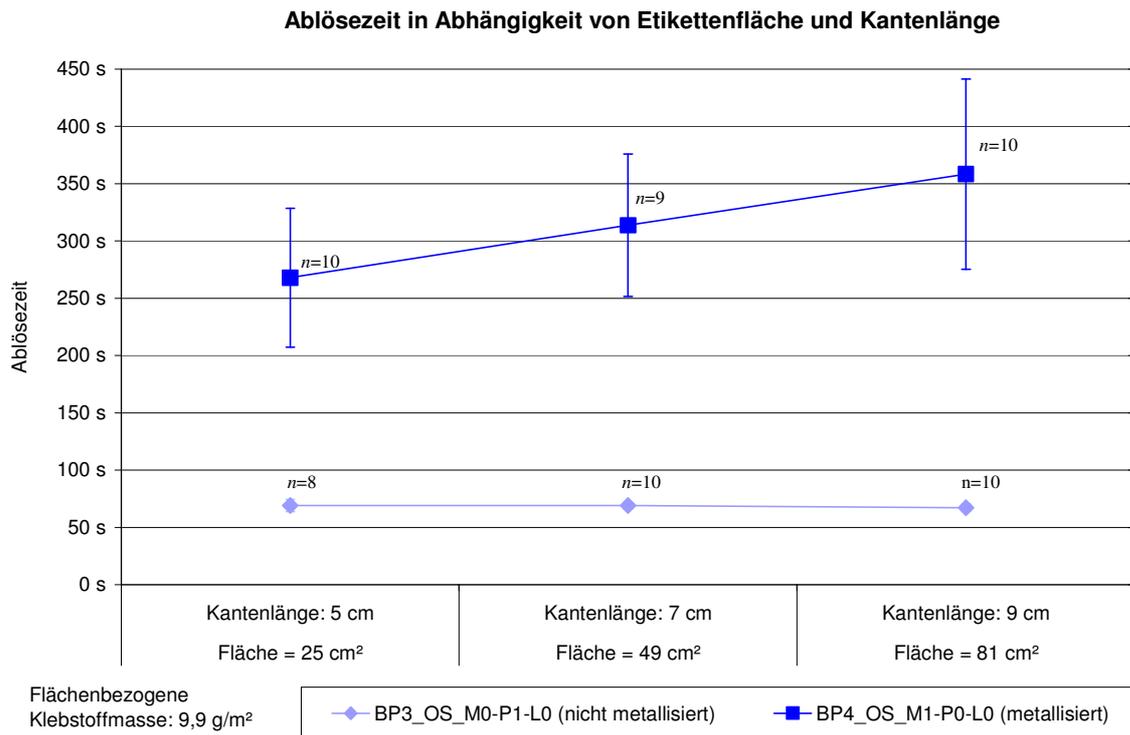


Abbildung 92: Ablösezeit in Abhängigkeit von Etikettenfläche und Kantenlänge

Aus der Überlegung zur Penetrationsstrecke (siehe Abbildung 91) lässt sich für die Praxis folgern, dass für eine schnelle Etikettenablösung jene Etikettenformate vorzuziehen sind, die eine möglichst kurze Penetrationsstrecke ermöglichen.

Für die zu entwickelnde „modifizierte Methode“ bedeutet dieses Ergebnis, dass eine kreisförmige Probe, wie sie nach DIN 16524-6 vorgeschrieben ist, ideal geeignet wäre, da die Penetrationsstrecke stets dem Radius entspricht und daher von allen Seiten der Probe konstant ist.

5.4.3.2.5 Ablösezeit in Abhängigkeit von Klebstoffmenge und Klebstoffsorte

Wird, wie beim metallisierten Papier BP2, die Etikettenablösung hauptsächlich von der seitlichen Penetration bewerkstelligt, so ist zu vermuten, dass der verwendeten Etikettierklebstoff einen wesentlichen Einfluss auf den Kurvenverlauf bei unterschiedlichen Klebstoffmengen ausübt. Um dies zu untersuchen, wurde anstelle des Kaseinklebstoffs ST 50 KF, mit seinem unkritischen Ablöseverhalten, ein eiswasserfester Klebstoff (KE 51 EW) verwendet, der aufgrund seines Einsatzzwecks eine höhere Widerstandskraft gegen die Laugenpenetration aufweisen sollte. Wie erwartet, verschiebt sich der gesamte Kurvenverlauf, über die volle Bandbreite der eingesetzten flächenbezogenen Klebstoffmassen, in Richtung höherer Ablösezeiten. Die Verschiebung fällt dabei im Bereich zwischen 20 g/m² und 45 g/m² Etikettierklebstoff deutlicher aus, als zwischen 10 g/m² und 20 g/m². Dies deutet darauf hin, dass bei Massenbelegungen unter 15 g/m², die Penetration der Lauge durch das Etikett an Einfluss gewinnt und eine weitere Reduzierung der Schichtdicke des Klebstoffs keine weitere Erhöhung der Ablösezeit hervorruft.

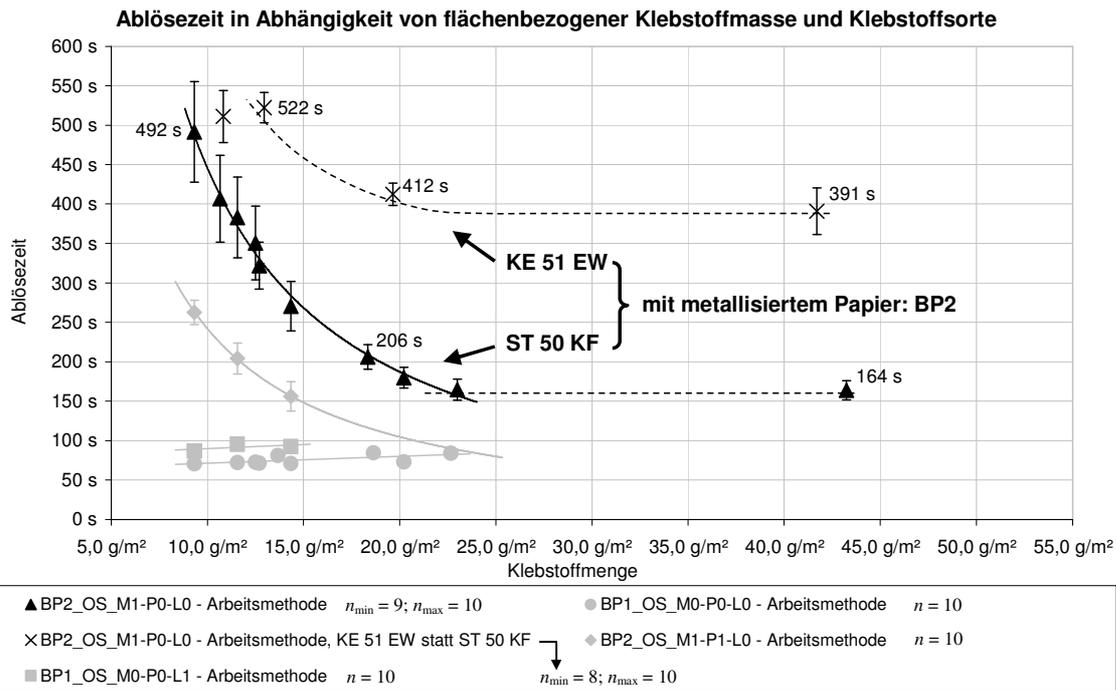


Abbildung 93: Ablösezeit in Abhängigkeit von der flächenbezogener Klebstoffmasse und Klebstoffsorte

Die Klebstoffsorte beeinflusst jedoch nicht nur die Geschwindigkeit der seitlichen Penetration des Klebstoffs, sondern auch die Aufhebung der Anhangskraft an der Kontaktfläche zwischen Etikett und Klebstoff (Abbildung 94). Beim nicht metallisierten Papier BP1, bei dem die Ablösung des Etiketts überwiegend durch Laugenpenetration der Etikettenoberfläche hervorgerufen wird, erhöht sich die Ablösezeit durch den Einsatz des eiswasserfesten Klebstoffs um 53 Sekunden. Beim metallisierten Papier BP2 hingegen, bei dem die Ablösung vorrangig von der seitlichen Penetration ausgeführt wird und mehr Etikettierklebstoff aufgelöst werden muss, erhöht sich die Ablösezeit mit 113 Sekunden um mehr als das Doppelte, als bei BP1.

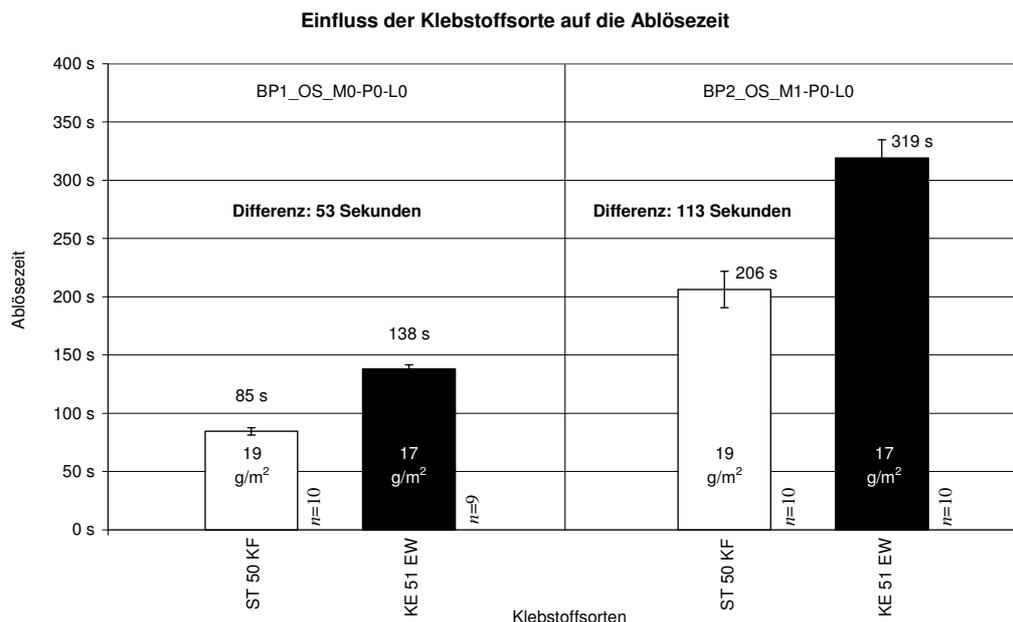


Abbildung 94: Einfluss der Klebstoffsorte auf die Ablösezeit

5.4.3.3 Einfluss der Beileimungsform

Dass neben der Massenbelegung mit Etikettierklebstoff auch das Beileimungsbild einen Einfluss auf die Ablösezeit ausübt, ist bekannt (vgl. Abschnitt 3.2.2). Diese Erkenntnis wurde nun, vor dem Hintergrund einer ausgeprägten Abhängigkeit der Ablösezeit von der Klebstoffmenge bei Etiketten mit langsamer Laugenpenetration, erneut bestätigt.

Bei BP1_OS_M0-P0-L0, einem Etikettenpapier mit einer relativ steilen Penetrationskurve (vgl. 4.1.1), zeigt der Vergleich zwischen Streifenbeileimung und vollflächiger Beileimung mit jeweils 84 Sekunden keinen Unterschied in den Ablösezeiten (siehe Abbildung 95).

Für BP2_OS_M1-P0-L0 ist im Bereich von 23 g/m² bis 45 g/m² ebenfalls nur ein geringer Einfluss durch das Beileimungsbild feststellbar. In diesem Fall zeigt die vollflächige Beileimung mit 145 Sekunden sogar eine geringere Ablösezeit als die Etiketten mit Streifenbeileimung (164 s).

Bei einer Massenbelegung von 13,6 g/m² Etikettierklebstoff offenbart sich jedoch ein deutlicher Unterschied zwischen den Beileimungsbildern. Die vollflächige Beileimung hat mit einer Ablösezeit von 392 Sekunden eine um rund 90 Sekunden höhere Ablösezeit, als dies bei gleicher Klebstoffmenge mit der Streifenbeileimung der Fall ist.

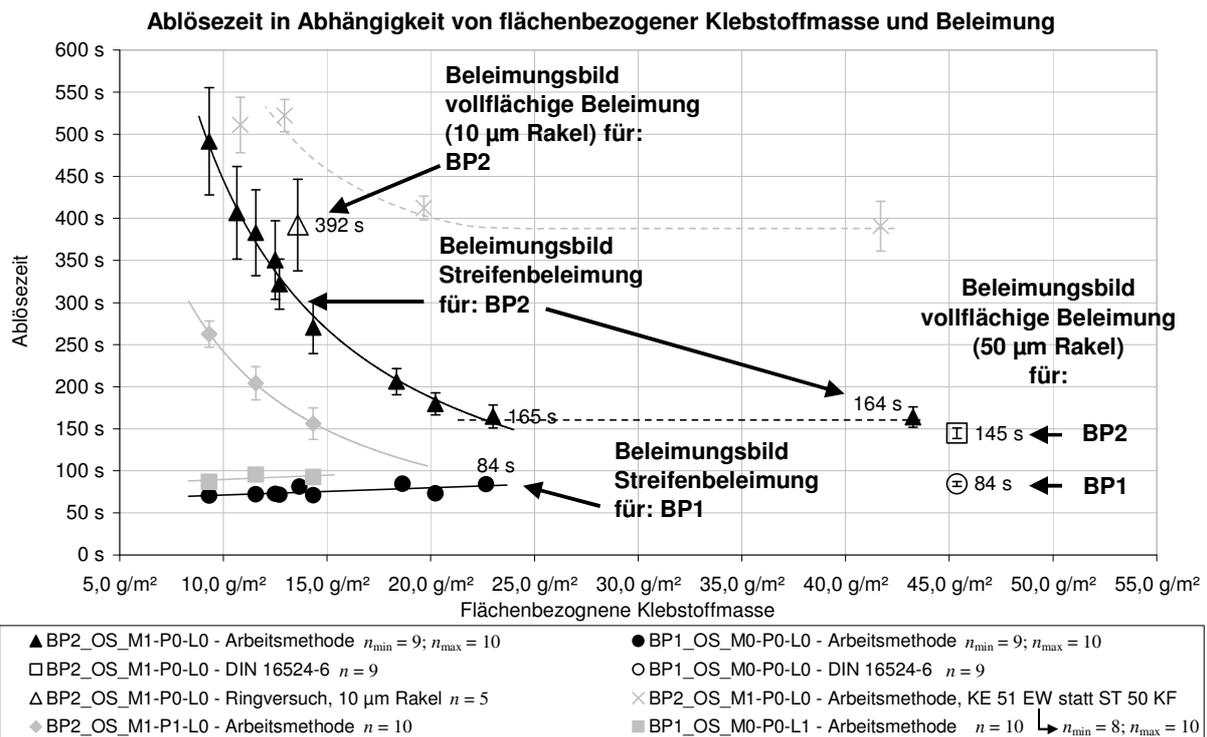


Abbildung 95: Ablösezeit in Abhängigkeit von flächenbezogener Klebstoffmasse und Beileimungsverfahren

Diskussion

Der Versuch hat bestätigt, dass das Beileimungsbild bei gebräuchlichen Klebstoffmengen einen Einfluss auf die Ablösezeit ausübt und dass aus Gründen einer möglichst geringen Ablösezeit bei gleichzeitiger Leimeinsparung die Verwendung einer Streifenbeileimung berechtigt erscheint.

Für die zu entwickelnde „modifizierte Methode“ bedeutet dieses Ergebnis, dass eine vollflächige Beleimung mit einer 10 µm Rakel dem denkbar ungünstigsten Anwendungsfall in der Praxis am nächsten kommt.

5.4.3.4 Einfluss der Dauer der Verklebung

Die Klebedauer der Etiketten auf den Flaschen und deren Auswirkung auf die Ablösezeit, wurde zunächst über einen Zeitraum von einer Woche bestimmt. Bei dem nicht metallisierten Papier BP1 konnte über den Messzeitraum keine signifikante Änderung der Ablösezeit festgestellt werden (Abbildung 96, linke Hälfte).

Beim metallisierten Papier BP2 nahm die Ablösezeit jedoch kontinuierlich, bis zum siebten Tag ab (Abbildung 96, rechte Hälfte). Ob sich dieser Trend fortsetzt, wurde in einer zweiten Versuchsreihe untersucht, deren Ergebnis in Abbildung 97 dargestellt ist. Die Ablösezeit nahm bis zum Ende der dritte Woche 15 % ab, um im Verlauf der vierten Woche wieder auf den Ausgangswert anzusteigen.

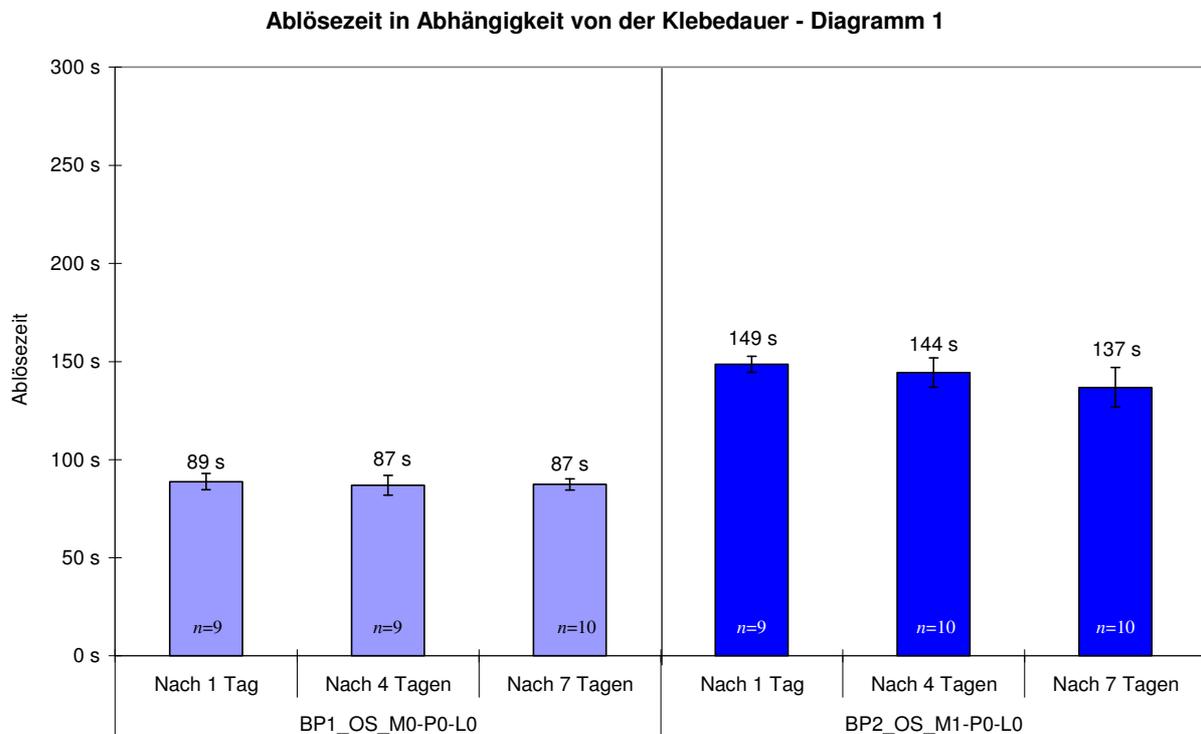


Abbildung 96: Einfluss der Dauer der Verklebung – Diagramm 1

Ablösezeit in Abhängigkeit von der Klebedauer - Diagramm 2

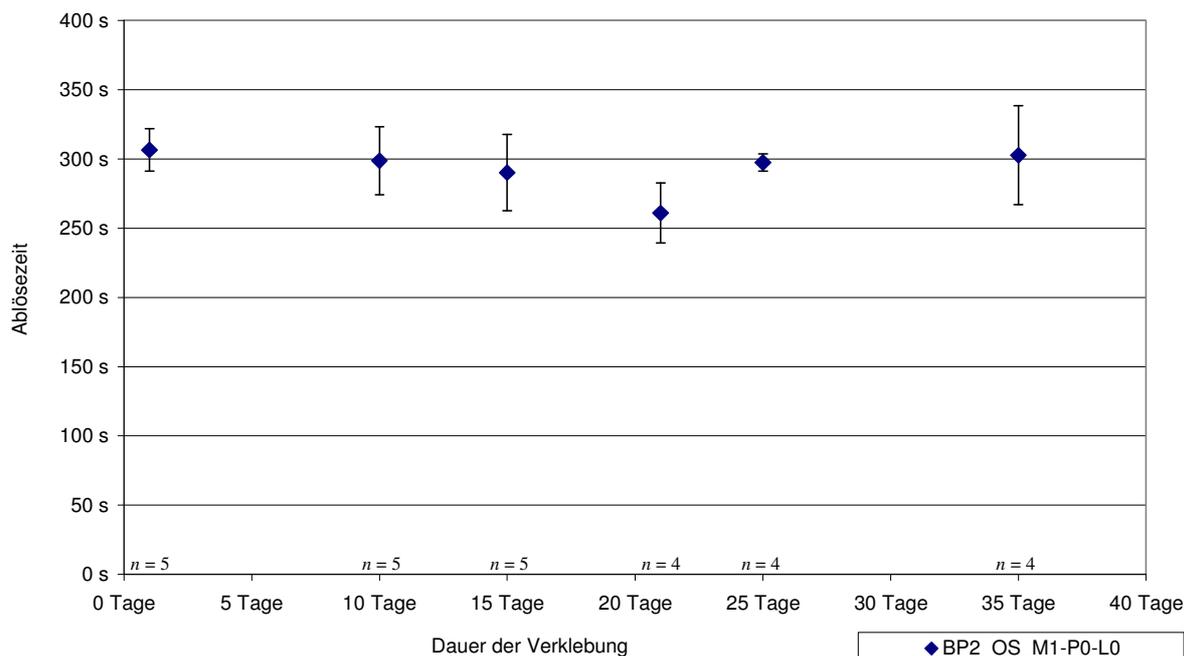


Abbildung 97: Einfluss der Dauer der Verklebung – Diagramm 2

Diskussion

Die Abnahme der Ablösezeit könnte mit einer von der Zeit abhängigen Veränderung des Etikettierklebstoffs hervorgerufen werden, zum Beispiel einer Degeneration von organischen Inhaltsstoffen, die es der Reinigungslauge erlauben, den Etikettierklebstoff schneller aufzulösen. Für den neuerlichen Anstieg der Ablösezeit nach drei Wochen konnte innerhalb dieses Arbeitspaketes keine Erklärung gefunden werden. Letztlich sind dies aber nur Tendenzen, im Rahmen der Messungenauigkeiten sind die Unterschiede nicht signifikant.

Für die Praxis bedeutet dieses Ergebnis, dass durch die Lagerung des Leergutes zumindest keine Verlängerung der Ablösezeiten zu erwarten ist.

Für die zu entwickelnde Untersuchungsmethode besagt dieses Ergebnis, dass eine Mindest-trocknungszeit für den Etikettierklebstoff von 24 Stunden, wie sie auch in der bestehenden DIN 16524-6 vorgeschrieben ist, eingehalten werden sollte. Eine Verlängerung um 24 Stunden stellt für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse kein Problem dar. Eine Ablösung nach 48 Stunden birgt jedoch das Risiko, dass sich das hier festgestellte Phänomen auf das Ergebnis auswirkt und eine zu tiefe Ablösezeit bestimmt wird. Um dies zu vermeiden, sollte der Ablösezeitraum zwischen 24 und 48 Stunden festgelegt werden.

5.4.3.5 Einfluss der Klebstofflagerung

Mit dem nicht metallisierten Etikettenpapier BP1 konnte kein signifikanter Unterschied in der Ablösezeit zwischen dem bei Raumtemperatur gelagerten Klebstoff und dem bei 40 °C forciert gelagerten Klebstoffs festgestellt werden. Beim metallisierten Papier BP2, weist der über 55 Tage forciert gelagerte Etikettierklebstoff jedoch eine um 25 Sekunden niedrige Ablösezeit auf (siehe Abbildung 98).

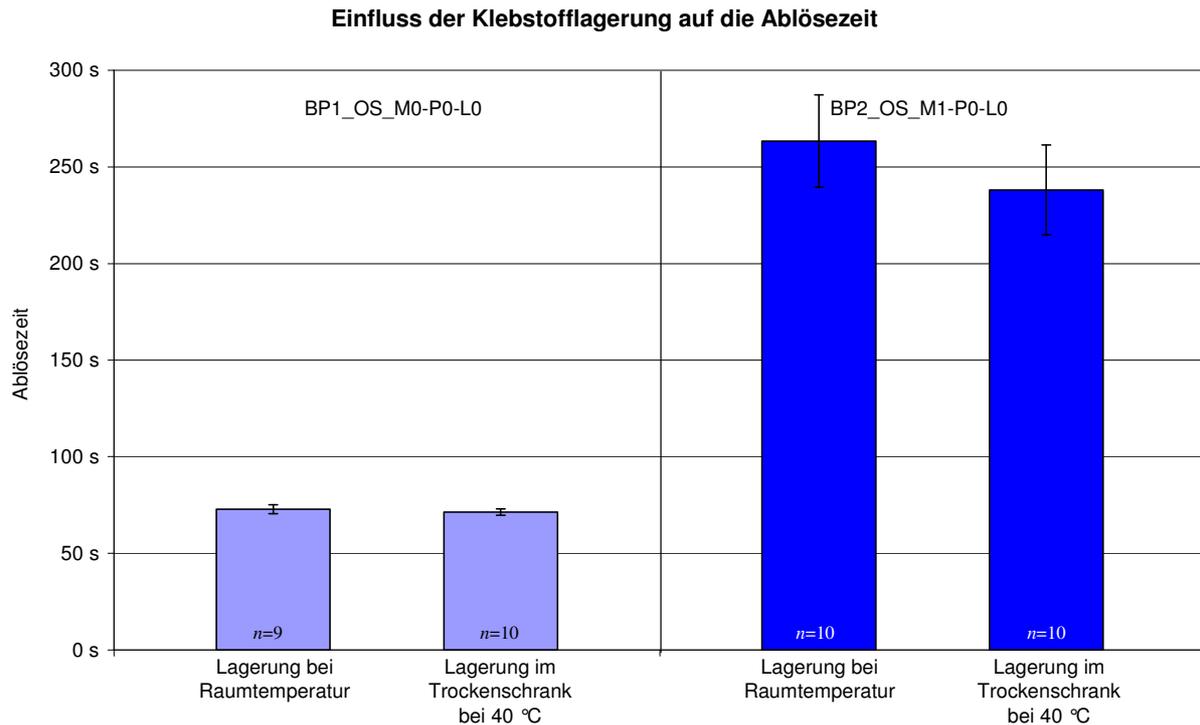


Abbildung 98: Einfluss der Klebstofflagerung auf die Ablösezeit

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Temperaturen bei der Lagerung des Etikettierklebstoffs und in diesem Zusammenhang auch die Lagerdauer des Etikettierklebstoffs, eine Veränderung der Klebeeigenschaften des Etikettierklebstoffs hervorrufen können. Eine Erklärung hierfür könnten wiederum Veränderungen der organischen Bestandteile der Klebstoffe sein, die der Reinigungslauge ein schnelleres Auflösen des Klebstoffs ermöglichen.

Für die Lagerung des Klebstoffs bei den Abfüllbetrieben bedeutet dies, dass durch eine Lagerung der Etikettierklebstoffe bis zum Haltbarkeitsdatum, keine Verlängerung der Ablösezeiten zu befürchten ist.

Bei der zu entwickelnden Methode ist dieser Umstand jedoch zu beachten und sollte zu einer zeitlichen Begrenzung der Verwendungsdauer des Klebstoffs und Vorgaben zu den Lagerbedingungen führen.

5.4.3.6 Einfluss der Kaltendvergütung

Beim Verkleben von Oberflächen sind die spezifischen Eigenschaften der Oberflächen in hohem Maße mitverantwortlich für die Stärke der Verklebung. Wie in Abschnitt 3.1.3.2 bereits erläutert wurde, kann eine zu hohe Kaltendvergütung die Etikettierung unmöglich machen. Da die Kaltendvergütung auf Neuglasflaschen jedoch mit zunehmender Anzahl an Waschvorgängen reduziert wird, bis sie schließlich gänzlich abgewaschen wurde, lässt die Vermutung aufkommen, die Kaltendvergütung übe auch einen Einfluss auf das Ablöseverhalten von Etiketten aus. Dies könnte insbesondere für teilsynthetische und synthetische Etikettierklebstoffe gelten, die aufgrund der enthaltenen Polyacrylate eine Bindung mit der Polyethylenschicht der

Flaschenoberfläche eingehen können (Projektbegleitende Ausschuss beim 3. Treffen, am 13. November 2008, Brau Beviale, Nürnberg).

Die Ergebnisse der Ablöseversuche von vergüteten und unvergüteten Glaszylindern zeigen bei den vier untersuchten Klebstoffen auf keinem der beiden Papiersorten einen signifikanten Einfluss der Vergütung. Die Säulen der Ablösezeiten von unvergüteten Glaszylindern (Abbildung 99, vordere Reihe) haben, bis auf eine Ausnahme bei ST 50 AF mit BP2, annähernd dieselbe Höhe, wie die entsprechenden Säulen der Ablösezeiten von vergüteten Flaschen (hintere Reihe).

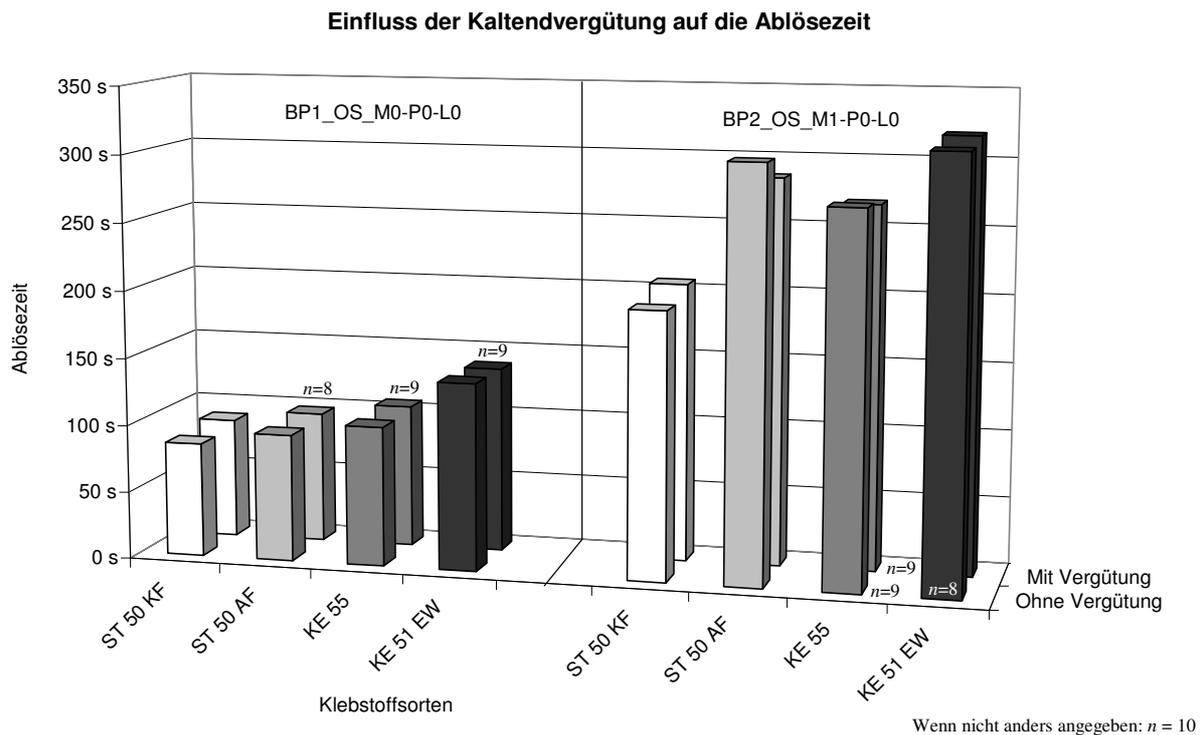


Abbildung 99: Einfluss der Kaltendvergütung auf die Ablösezeit

Diskussion

Die Ergebnisse belegen, dass eine gegebenenfalls verstärkte Bindung zwischen Etikettierklebstoff und Glasoberfläche keinen relevanten Einfluss auf das Ablöseverhalten ausüben.

Eine Erklärung hierfür bietet der in Abschnitt 3.3.1 auf Seite 28 beschriebene Vorgang der Etikettenablösung. Die Lauge löst den Etikettierklebstoff zunächst von der Seite und später auch durch die Etikettenoberfläche auf. Bevor es zum Ablösen des Etikettierklebstoffs von der Flaschenoberfläche, mit der möglicherweise stärkeren Verbindung zum Klebstoff kommt, sind die Etiketten in der Regel bereits abgelöst.

In der Praxis sind beim Ablösen der Etiketten somit keine Veränderungen durch die Vergütung der Flaschen zu erwarten. Dieselbe Überlegung führt auch zu dem Schluss, dass verkratzte oder verschmutzte Oberflächen den Ablösevorgang nicht wesentlich beeinflussen werden.

Für die zu entwickelnde Methode bedeutet dies, dass die Oberflächeneigenschaften der verwendeten Glaszylinder keinen Einfluss auf die Analyseergebnisse erwarten lassen.

Anmerkung: Diese Erkenntnis kann nicht auf Selbstklebeetiketten angewendet werden, die allerdings nicht Thema dieses Forschungsvorhabens sind. Bei Selbstklebeetiketten wird der Etikettierklebstoff in der Regel nicht aufgelöst, sondern bildet auch nach dem Ablösen eine Einheit mit dem Etikett. Das Ablösen oder vielmehr Abschälen dieser Etiketten erfolgt durch eine Aufhebung der Anhangskraft, unmittelbar an der Kontaktfläche zwischen Klebstoff und Glasoberfläche. Eine Vergütung, Schmutz oder Kratzer auf dem Glas können bei solchen selbstklebenden Etiketten durchaus eine Änderung der Ablösezeit hervorrufen.

5.4.4 Bewertung

Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnis

Zweck dieses Arbeitspaketes war es, eine Bewertung der gesamten Bandbreite der eingesetzten Etikettierklebstoffe vorzunehmen. Zusätzlich sollten die Effekte der Klebedauer, der Kaltendvergütung von Flaschen, die Auswirkungen einer forcierten Lagerung des Etikettierklebstoffs sowie die Variation der Klebstoffmenge getestet werden. Dieses Ziel konnte durch umfassende Untersuchungen mit verschiedenen Klebstoffen, unter Variation zahlreicher weiterer Versuchsparameter, erreicht werden.

In Verbindung mit den Arbeitspaketen AP 2 und AP 3 bilden diese Ergebnisse die Grundlage für das Verständnis der Vorgänge bei der Etikettenablösung und der Entwicklung einer modifizierten Analysenmethode zur Bewertung des Ablöseverhaltens in Arbeitspaket 6.

5.5 Arbeitspaket 5 – Datensammlung

5.5.1 Zielstellung

Das Ziel dieses Arbeitspakets war es, die Versuchsergebnisse aus den Arbeitspaketen 2 bis 4 über das Ablöseverhalten von Getränkeetiketten aus Papier der Getränke- und Zulieferindustrie, in Form einer Datensammlung zur Verfügung zu stellen.

5.5.2 Material und Methoden

Zur Umsetzung dieses Zieles wurden die Versuchsergebnisse aus den Arbeitspaketen 2 bis 4, in einer Datensammlung zusammengefasst und als Anhang an diesen Schlussbericht angefügt (siehe Abschnitt 10.5). Die Datensammlung enthält, neben den reinen Ergebnissen, die wichtigsten Versuchsparameter sowie einen Verweis auf den jeweils relevanten Abschnitt „Material und Methoden“.

5.5.3 Bewertung

Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnis

Mit Bereitstellung der Datensammlung im Anhang dieses Berichts, stehen die Versuchsergebnisse in aufbereiteter Form der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung. Das Ziel des Arbeitspaketes wurde somit erfüllt.

5.6 Arbeitspaket 6 – Modifizierung und Erweiterung der DIN 16524-6

5.6.1 Zielstellung

Mit diesem Arbeitspaket wurden zwei Ziele verfolgt. Zu einen sollte die DIN 16524-6 so modifiziert werden, dass das zu Ablöseverhalten der Etiketten im ungünstigsten Anwendungsfall zuverlässig, anhand des Messergebnisses, vorhergesagt werden kann.

⇒ „Modifizierte Methode“.

Zudem sollte die DIN 16524-6 erweitert werden, um auch das Ablöseverhalten von Halsring-etiketten mit überlappender Verklebung unter diesen Umständen bewerten zu können

⇒ „Erweiterte Methode“.

5.6.2 Eignung der DIN 16524-6 zur Vorhersage des Ablöseverhaltens

In Abschnitt 3.4.2 wurde bereits eine kritische Betrachtung der DIN 16524-6, in Bezug auf mögliche Einflussgrößen auf die Genauigkeit der Messergebnisse, durchgeführt. Die Kritikpunkte werden hier nochmals stichpunktartig zusammengefasst und durch die Erkenntnisse aus den Ablöseversuchen der Arbeitspakete 2 bis 4 ergänzt. Gleichzeitig wird angeführt, wie der jeweilige negative Einfluss auf Messgenauigkeit und Aussagekraft des Ergebnisses bei der „modifizierten Methode“ und der „erweiterten Methode“ vermieden werden soll.

- **Etikettierklebstoff:**

Nach DIN 16524-6 ist ein neutraler, mit Phenolphthalein versetzter Kaseinklebstoff vorgeschrieben, dessen Bezeichnung im Prüfbericht anzugeben ist und der nicht älter als ein Jahr sein soll. Klebstoffsorte und Alter haben jedoch einen erheblichen Einfluss auf das Ablöseverhalten (vgl. Abschnitt 3.4.2, S. 31 und Abschnitt 5.4.3.5, S. 101).

⇒ „Modifizierte Methode“: Um die Vergleichbarkeit der Messergebnisse zwischen verschiedenen Laboren zu gewährleisten (zum Beispiel zwischen einer Warenaus- und Wareneingangskontrolle) wird eine Klebstoffsorte, als Standardklebstoff vorgeschrieben. Der Klebstoff darf dabei nicht älter als sechs Monate sein und ist in einem luftdicht zu verschließenden Gefäß aufzubewahren. Zur Untersuchungen des Einflusses von Klebstoffen oder der Kombination Klebstoff – Papiersorte auf das Ablöseverhalten, kann von diesem Standardklebstoff abgewichen werden.

- **Indirekte Beleimung:**

Durch Benetzungsvorgänge und Feuchtigkeitsaufnahme aus dem Klebstoff in das Fasergefüge des Papiers ist die aufgenommene Klebstoffmenge abhängig von der Kontaktzeit zwischen Etikett und Etikettierklebstoff. Diese Kontaktzeit ist nach DIN 16524-6 nicht definiert.

⇒ „Modifizierte Methode“: Durch eine direkte Beleimung der Etiketten mit der Handrakel entfällt dieser Unsicherheitsfaktor.

- Übertragene Klebstoffmenge:

Nach DIN 16524-6 wird die indirekte Beleimung mit einer 50 µm Rakel durchgeführt. Dabei werden, abhängig von den oben genannten Einflüssen, Klebstoffmengen von rund 45 g/m² übertragen. Bei der industriellen Etikettierung sind hingegen flächenbezogenen Klebstoffmassen zwischen 8 g/m² und 15 g/m² üblich [22]. Für Etikettenpapiere wie BP1, die schnell von der Reinigungslauge penetriert werden können, führt die hohe Klebstoffmenge zu keiner signifikanten Veränderung der Ablösezeit (BP1_OS_M0-P0-L0): 84 s, in Abbildung 100). Ein gegebenenfalls kritisches Ablöseverhalten, wie bei dem metallisierten Papier BP2_OS_M1-P0-L0, im Bereich um 9 g/m² (492 s), wird mit der nach DIN 16524-6 übertragenen Klebstoffmenge jedoch nicht erkennbar (145 s) (vgl. Abschnitt 5.4.3.2, S. 89).

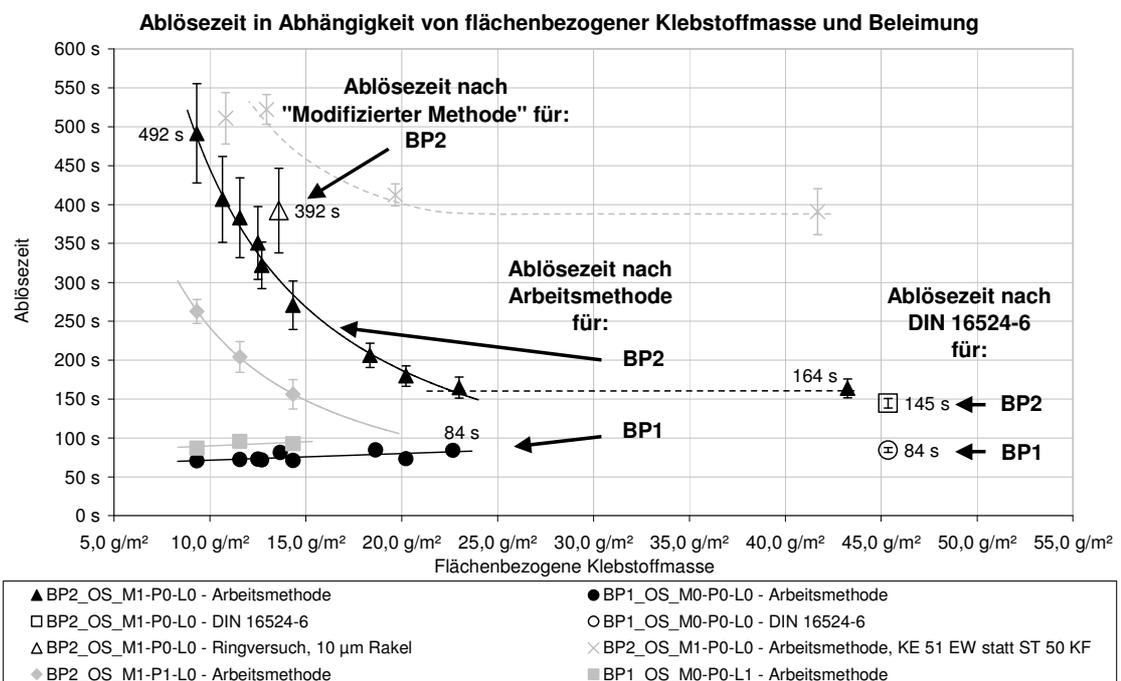


Abbildung 100: Ablösezeit nach DIN 16524-6 und „modifizierter Methode“

⇒ „Modifizierte Methode“: Der Klebstoff wird mit einer kleineren Rakel (10 µm) direkt auf das Etikett aufgetragen und die zu erreichende Klebstoffmenge vorgegeben. Da Anpressdruck und Vortriebsgeschwindigkeit bei viskosen Flüssigkeiten, wie beispielsweise Etikettierklebstoffen, einen Einfluss auf die Schichtdicke ausüben können, wird durch eine Trainingsphase sichergestellt, dass die Prüfer die Vorgabe erreichen und die Streuung des Klebstoffauftrags von Probe zu Probe im definierten Rahmen liegen. Die nach der „modifizierten Methode“ bestimmte Ablösezeit von 392 Sekunden zeigt, dass mit dieser Methode das gegebenenfalls kritische Ablöseverhalten von Etiketten bei niedrigen Klebstoffmengen durch das Messergebnis abgebildet werden kann.

- Manuelles Andrücken der Etiketten durch den Prüfer:

Zum Fixieren des Etiketts auf der Petrischale wird das Etikett vom Prüfer mit der Hand angedrückt. Die Stärke einer Verklebung ist unter anderem vom Anpressdruck abhängig. Je höher der Anpressdruck, desto stärker wird die Vernetzung zwischen Klebstoff und zu verklebender Oberfläche [3]. Wird die Ablösezeit nach DIN 16524-6 bestimmt, so ist die Stärke der Verklebung unmittelbar vom Prüfer abhängig.

⇒ „Modifizierte Methode“: Durch das maschinelle Anrollen der Etiketten, mit konstantem Anpressdruck, wird eine Beeinflussung durch den Anpressdruck ausgeschlossen.

- Form der Petrischalen, Faserlaufrichtung und Rollneigung:

Nach DIN 16524-6 werden die Etiketten auf die flache Außenseite von Petrischalen aufgebracht. Die Faserlaufrichtung ist dabei nicht zu beachten. Etiketten werden jedoch in den meisten Fällen auf zylindrische Flaschen etikettiert. Dabei verläuft die Faserlaufrichtung quer zur Flaschenachse. Die Rollneigung, die beim Befeuchten des Etiketts auftritt und entlang der Faserlaufrichtung verläuft, wird durch die zylindrische Form der Flaschen unterdrückt und die Ablösung dadurch eventuell gehemmt. Dies geschieht bei flachen Petrischalen nicht. Hier führt die Rollneigung zu einem zusätzlichen Moment, das die Abschälung der Etiketten begünstigt. Dieser Effekt ist vergleichbar mit den Folgen einer falschen Faserlaufrichtung bei der Nassetikettierung, die dazu führt, dass sich die Etiketten kurz nach der Etikettierung, aufgrund ihrer Rollneigung, von selbst von den Flaschen lösen (vgl. Abbildung 5, S. 12).

⇒ „Modifizierte Methode“: Die Etikettierung erfolgt realitätsnah auf Glaszylinder. Die Faserlaufrichtung verläuft dabei quer zur Flaschenachse.

- Temperaturschwankung der Reinigungslauge:

Nach DIN 16524-6 ist eine Temperaturschwankung von $\pm 2\text{ °C}$, bei einer Solltemperatur von 75 °C zulässig. Die Temperatur übt jedoch einen signifikanten Einfluss auf die Ablösezeit aus (vgl. Abschnitt 5.3.3.1, S. 80).

⇒ „Modifizierte Methode“: Die erlaubten Temperaturschwankungen werden auf ein beim Einsatz von Heizplatten und Bechergläsern unvermeidbares Maß von $\pm 1\text{ °C}$ reduziert.

- Überlappende Verklebung:

Eine Beurteilung von Halsringetiketten mit überlappender Verklebung kann mit der DIN 16524-6 nicht durchgeführt werden.

⇒ „Erweiterte Methode“: Die überlappende Verklebung wird auf Glaszylindern nachgestellt.

Fazit:

Die Summe der genannten Einflüsse auf Genauigkeit und Aussagekraft der Messergebnisse nach DIN 16524-6, allen voran die Tatsache, dass nach DIN 16524-6 die Klebstoffmenge als wesentlicher Faktor nicht berücksichtigt wird, lassen die Schlussfolgerung zu, dass die DIN 16524-6, in ihrer jetzigen Form, nicht geeignet ist, um das Ablöseverhalten von Papieretiketten vorherzusagen.

5.6.3 Arbeitsanweisung „Modifizierte Methode“

Auf Grundlage der Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 2 bis 4 und den in diesem Arbeitspaket durchgeführten Voruntersuchungen (siehe Abschnitt 4.3.5), wurde die in diesem Abschnitt beschriebene Arbeitsanweisung „Modifizierte Methode“ entwickelt. Die Validierung der „modifizierte Methode“ erfolgt in Arbeitspaket 8, durch einen Ringversuch (siehe Abschnitt 5.7).

5.6.3.1 Grundlage des Verfahrens

Etiketten von Mehrwegglasflaschen werden in Reinigungsanlagen, durch Einwirkung von heißer Reinigungslauge, abgelöst.

Zur Prüfung, ob die Lauge ein bedrucktes Etikett schnell genug durchdringt, den Etikettierklebstoff auflöst und die Ablösung erfolgen kann, wird eine Probe / ein Etikett mit Klebstoff beleimt und auf einen Glaszylinder aufgebracht. Nach dem Aushärten des Klebstoffs werden Glaszylinder und Etikett in heiße Reinigungslauge getaucht und die Zeit bis zur Ablösung des Etiketts festgestellt.

5.6.3.2 Notwendige Geräte

- Probenschneider: $A = 50 \text{ cm}^2$
- Glasplatte als Rakelunterlage
- Haftnotizzettel (HNZ), Post-it, Breite 102 mm, Höhe 152 mm *
- Klebefilm, Tesa, Breite 18 mm *
- Spatel zur Leimportionierung
- Rakel: Nassschichtdicke 10 μm , 150 mm Filmbreite *
- Pinzette
- Analysenwaage: Genauigkeit $\pm 1 \text{ mg}$
- Glaszylinder: Höhe 120 mm, Durchmesser 70 mm *
- Handetikettierapparat *, siehe Abschnitt 4.3.4
- Becherglas aus hitzebeständigem Glas: Außendurchmesser 152 mm, Höhe 210 mm, Fassungsvermögen 3.000 ml (niedrige Form, Duranglas, z. B. erhältlich über Carl Roth)
- Heizplatte mit Thermostat und Magnetrührer

- Becherglas aus hitzebeständigem Glas: Fassungsvermögen ca. 800 ml
- Uhrglas: Durchmesser mindestens 160 mm
- Magnetrührstab: Durchmesser 8 mm, Länge 40 mm
- Dreifuß aus V4A Draht: Höhe 30 mm, Durchmesser Draht 3 mm
- Große und lange Pinzette oder Tiegelzange
- Stoppuhr: Genauigkeit ± 1 s
- Kunststoffeimer
- Einweghandschuhe

Sämtliche mit einem * Stern gekennzeichneten Gerätschaften wurden den Teilnehmern des Ringversuch (Arbeitspaket 8) zur Verfügung gestellt.

5.6.3.3 Notwendige Prüfmittel

- 2.500 ml NaOH-Lösung, chemisch rein, $\omega_{(\text{NaOH})} = 1$ %, hergestellt unter Verwendung von entmineralisiertem Wasser
- ST 50 KF von Türmerleim GmbH *
- Entmineralisiertes Wasser
- Zitronensäure, in flüssiger oder kristalliner Form

Sämtliche mit einem * Stern gekennzeichneten Gerätschaften wurden den Teilnehmern des Ringversuch (Arbeitspaket 8) zur Verfügung gestellt.

5.6.3.4 Probenahme

Die zu untersuchenden Etiketten oder Papierbögen sind für mindestens 24 h bei Normalklima (23 ± 1 °C und 50 ± 2 % rF nach DIN 20187) zu lagern.

Nach Abschluss der Akklimatisierung ist die Faserlaufrichtung der Proben zu überprüfen. Hierfür werden die Etiketten oder Bögen mit Wasser benetzt. Die Faserlaufrichtung entspricht der Achse, um die sich das Papier einrollt.

Für die Durchführung der gegebenenfalls notwendigen Trainingsphase, der Bestimmung flächenbezogenen Klebstoffmasse und der Bestimmung der Ablösezeit sind mittels Probenschneider eine ausreichende Anzahl kreisrunder Etiketten, mit einer Fläche von 50 cm^2 (Durchmesser ca. 80 mm), auszuschneiden. Die Faserlaufrichtung der ausgeschnittenen Proben muss bekannt sein und kann, wenn diese nicht durch die Bedruckung erkennbar ist, durch eine kleine Markierung auf der bedruckten Seite, zum Beispiel mit einem Filzstift, kenntlich gemacht werden.

Beim verwendeten Etikettierklebstoff ist darauf zu achten, dass er nach den vom Hersteller genannten Lagerbedingungen hinsichtlich der Temperaturgrenze aufbewahrt wurde. Die vom Hersteller angegebene Haltbarkeit ist einzuhalten. Nach der Erstöffnung ist die Verwendung des Klebstoffs auf sechs Monate begrenzt. Der Klebstoff ist nach Gebrauch wieder luftdicht

zu verschließen. Als Standard-Etikettierklebstoff, zum Beispiel für vergleichende Untersuchungen oder für die Warenein- und Warenausgangskontrolle, ist ST 50 KF zu verwenden. Der Klebstoff kann über die Türmerleim GmbH, Arnulfstraße 43, 67061 Ludwigshafen/Rhein bezogen werden. Zur Untersuchungen des Einflusses verschiedener Klebstoffsorten auf das Ablöseverhalten oder der Wechselwirkungen zwischen Klebstoff und Papiersorte sowie für weitere Anwendungsfälle, kann von diesem Standardklebstoff abgewichen werden.

5.6.3.5 Aufbau der Beleimungsstation

Um eine effiziente und ökonomische Versuchsdurchführung zu unterstützen wird empfohlen, die Beleimungsstation wie folgt vorzubereiten:

Eine Glasplatte wird auf einen Tisch gelegt und mit Klebefilm gegen verrutschen gesichert. Zur Fixierung der zu prüfenden Etiketten (Proben) während des Leimauftrags werden Haftnotizzettel (HNZ) verwendet. Diese werden mit ihrer Klebefläche nach oben auf die Glasplatte gelegt und mittels Klebefilm über der Klebefläche der HNZ auf der Glasplatte fixiert. Der Klebefilm wird so angebracht, dass von der Klebefläche der HNZ etwa 5 mm nicht vom Klebefilm abgedeckt werden und somit zur Fixierung der Probe zur Verfügung stehen (siehe Beispiel in Abbildung 101).

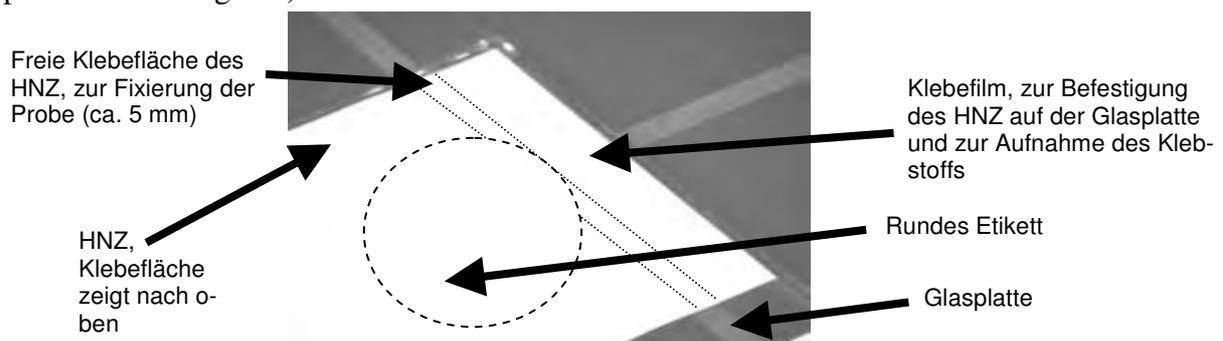


Abbildung 101: HNZ mit rundem Etikett

5.6.3.6 Trainingsphase

Die flächenbezogene Masse des aufgetragenen Leims ist entscheidend für die später zu messende Ablösezeit (siehe Ringversuchs, Abschnitt 5.7.2.3). Deshalb ist es unbedingt erforderlich, die Gleichmäßigkeit des Leimauftrags vor dem eigentlichen Etikettierversuch zu gewährleisten. Dazu wird die flächenbezogene Klebstoffmasse in einer Trainingsphase gravimetrisch bestimmt.

Ziel ist es, dass der Prüfer ein Gefühl für den exakten Leimauftrag entwickelt. Hierfür trainiert der Prüfer den Leimauftrag auf die Proben so lange, bis bei 10 aufeinander folgenden Versuchen, ein Mittelwert im Bereich von $12,0 \text{ g/m}^2$ bis $13,0 \text{ g/m}^2$ und eine Standardabweichung $< 1,00$ erreicht wird.

Arbeitsanweisung:

- Die Masse der einzelnen Proben mit einer Analysenwaage auf mindestens $0,001 \text{ g}$ genau bestimmen.

- Danach erfolgt die Beleimung einer Probe, entsprechend der untenstehenden Beschreibung (siehe Abschnitt 5.6.3.8, S. 112). Um ein Gefühl für das „starke Andrücken“ zu bekommen, kann mit der Rakel direkt auf eine geeignete Waage gedrückt werden. Die Kraft für „starkes Andrücken“ ist erreicht, wenn die Waage zwischen 6 und 7 kg anzeigt.
- Das Etikett wird unmittelbar nach dem Beleimen mit einer Pinzette aufgenommen und die beleimte Fläche nach innen gefaltet. Dabei sollte der Kontakt zwischen Klebstofffilm und Pinzette so gering wie möglich sein. Innerhalb von 30 Sekunden nach der Beleimung muss die Masse der beleimten Probe mit der Analysenwaage bestimmt werden, da durch Trocknungseffekte die Masse des Etikettierklebstoffs rasch abnimmt. Es darf deshalb nicht zuviel Zeit zwischen Beleimung und Wägung vergehen. Aus diesem Grund darf auch stets nur ein Etikett beleimt werden und muss anschließend sofort ausgewogen werden.
- Die Masse der Probe, diesmal mit Klebstoff, wird erneut mit der Analysenwaage auf mindestens 0,001 g genau bestimmt.
- Aus den beiden Massen und der gegebenen Probengröße von 50 cm² wird das Auftragsgewicht nach folgender Formel berechnet:

Formel 3:
$$M_{(\text{Klebstoff})} = \frac{m_{n(\text{Etikett + Klebstoff})} - m_{n(\text{Etikett})}}{A}$$

; $M_{(\text{Klebstoff})}$ = Massenbelegung in g/m² ; m = Masse in g

; A = Fläche der Proben in m²

- Die Bestimmung der Massenbelegung wird so lange wiederholt, bis der Prüfer bei 10 aufeinander folgenden Versuchen einen Mittelwert zwischen 12,0 g/m² und 13,0 g/m², mit einer Standardabweichung < 1,00 erreicht.

Die Trainingsphase ist vor jeder Einzelprüfung, beziehungsweise vor jeder größeren Prüfreihe durchzuführen, wenn die Unterbrechung zwischen zwei einzelnen Prüfungen länger als eine Stunde dauert.

Der Mittelwert der flächenbezogenen Klebstoffmasse, die Standardabweichung und die entsprechende Anzahl der Einzelwerte (hier: $n = 10$) sind auf dem Prüfbericht zu vermerken.

5.6.3.7 Verkürzte Trainingsphase

Bei erfahrenen Prüfern, kann die Trainingsphase verkürzt werden. Wird die geforderte Massenbelegung zwischen 12,0 g/m² und 13,0 g/m², mit einer Standardabweichung < 1,00 bereits nach 5 Messungen erreicht, so kann die Trainingsphase abgebrochen und mit der Prüfung fortgefahren werden. Ist dies nicht der Fall, so ist die Trainingsphase wie oben beschrieben fortzuführen, bis die geforderten Bedingungen erreicht werden.

Die verkürzte Trainingsphase ist vor jeder Einzelprüfung, beziehungsweise vor jeder größeren Prüfreihe durchzuführen, wenn die Unterbrechung zwischen zwei einzelnen Prüfungen länger als eine Stunde dauert.

Der Mittelwert der flächenbezogenen Klebstoffmasse, die Standardabweichung und die entsprechende Anzahl der Einzelwerte (hier: $n = 5$) sind auf dem Prüfbericht zu vermerken.

5.6.3.8 Beleimung der Proben

Die kreisrunde Probe wird, mit ihrer Rückseite nach oben, so an der verbleibenden Klebefläche des HNZ angelegt und angedrückt, dass die Faserlaufrichtung senkrecht zum Klebefilm steht und die Oberkante der Probe mit der Unterkante des Klebefilms abschließt (siehe Abbildung 101, oben).

Eine für die Beleimung von einem Etikett ausreichende Menge des Etikettierklebstoffs wird mit einem Löffel auf den Klebefilm oberhalb des HNZ, über die gesamte Breite der Probe aufgebracht.

Mit der 10 μm Rakel wird die Beschichtung durchgeführt. Die Rakel wird hierfür unter „starkem Andrücken“ und mit einer konstanten Geschwindigkeit innerhalb von zwei Sekunde über das Etikett gestrichen und dabei der Klebstoff auf der Etikettenrückseite verteilt. Um ein Verkannten oder Durchbiegen der Rakel zu vermeiden, was bei einer 10 μm Rakel sofort zu ungleichmäßigem Leimauftrag führen würde, ist die Rakel an der Rakelstange (nicht am Griff!), unmittelbar links und rechts neben der Probe zu führen (siehe Abbildung 102). Der Klebstoffauftrag soll zwischen 12,0 g/m^2 bis 13,0 g/m^2 liegen und ist in hohem Maße vom Prüfer abhängig. Daher ist vor der eigentlichen Beleimung die Trainingsphase (Abschnitt 5.6.3.6) beziehungsweise bei routinierten Prüfern die verkürzte Trainingsphase (Abschnitt 5.6.3.7) notwendig.

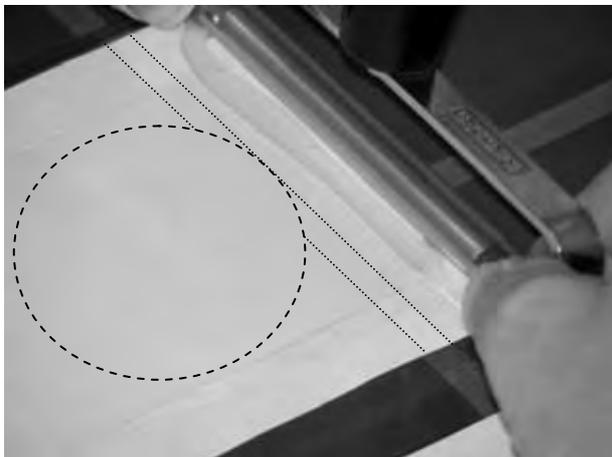


Abbildung 102: Klebstoffauftrag und Haltepunkte der Rakel

5.6.3.9 Fixierung der Proben auf dem Glaszylinder

Sogleich nach der Beleimung wird die Probe mit einer Pinzette vom HNZ abgenommen und auf den Glaszylinder übertragen. Dabei ist unbedingt auf die Faserlaufrichtung des Etiketts zu achten, welche quer zur Zylinderachse verlaufen muss. Mit den Fingern werden die Ränder des Etiketts leicht an den Glaszylinder angedrückt. Danach wird die Probe mit Hilfe des Handetikettierapparates endgültig fixieren. Dazu den Zylinder vorsichtig einsetzen und 3-mal mit mäßiger Geschwindigkeit (ca. 2 Sekunden pro Handkurbelumdrehung) durchdrehen.

Die so beklebten Zylinder werden bei Normbedingungen mindestens 24 h, höchstens jedoch 48 h getrocknet.

Anmerkung: Dieser Vorgang benötigt ebenfalls ein gewisses Training und kann gleichzeitig mit der Trainingsphase für die Beleimung der Etiketten erfolgen. Hierfür können die beleimten Proben z. B. auf Glasflaschen aufgeklebt werden.

Die Rakel wird anschließend mit heißem Wasser und einem Schwamm von den Klebstoffresten gereinigt. Anschließend wird die Temperatur der Rakel unter fließendem, kaltem Wasser wieder auf Raumtemperatur reduziert. Bei den geringen Klebstoffmengen führt eine hohe, bzw. stark schwankende Rakeltemperatur zu stark unterschiedlichen Auftragsgewichten und ist daher zu vermeiden.

Der HNZ mit Klebefilm wird anschließend von der Glasplatte entfernt und entsorgt.

5.6.3.10 Durchführung des Ablöseversuches

Die etikettierten Glaszylinder werden nach dem Aushärten des Etikettierklebstoffs in einer Reinigungslauge abgelöst. Hierfür wird ein 3 Liter Becherglas mit einem Dreifuß und einem Magnetrührstab ausgestattet und mit 2.500 ml 1%iger Natronlauge befüllt. Die mit einem Uhrglas abgedeckte Natronlauge wird unter rühren ($375 \pm 25 \text{ min}^{-1}$) auf $75 \pm 1 \text{ °C}$ erhitzt. Gleichzeitig wird ein 800 ml Becherglas mit heißem Leitungswasser gefüllt und mit Zitronensäure gesäuert.

Sobald die notwendige Temperatur erreicht wurde, wird das Uhrglas entfernt, ein etikettierter Glaszylinder mit einer Pinzette oder Tiegelflange in die Lauge eingesetzt und mittig auf den Dreifuß gestellt. Der gesamte Eintauchvorgang des Glaszylinders soll maximal eine Sekunde dauern. Die Stoppuhr zur Bestimmung der Ablösezeit wird beim ersten Kontakt des Etiketts mit der Lauge gestartet.

Die Stoppuhr wird angehalten, sobald sich das Etikett vollständig vom Glaszylinder abgelöst hat und frei in der Lauge schwimmt. Die auf der Stoppuhr angezeigte Zeit ist die Ablösezeit.

Nach 20 Einzelprüfungen ist die Lauge zu ersetzen.

Anmerkung: Bei Heizplatten mit Magnetrührer, bei denen die Rührerdrehzahl nicht bekannt ist, gilt folgendes: Die Lauge sollte nur so schnell drehen, dass das Etikett, wenn es vollständig abgelöst ist, langsam weggetragen wird. Die Lauge soll während des Ablösevorgangs nur eine sehr geringe mechanische Kraft auf das sich ablösende Etikett ausüben.

5.6.3.11 Reinigung der Zylinder

Die Probe wird nach dem Ablösen aus der Lauge entnommen und entsorgt. Anschließend wird der Glaszylinder aus dem Laugenbad entnommen und unmittelbar danach in das Becherglas mit heißem Wasser und Zitronensäure getaucht, um Laugenreste zu neutralisieren und die Bildung eines Schleiers von Natriumhydrogencarbonat auf der Zylinderoberfläche zu verhindern (vgl. Abschnitt 4.3.2.8, S. 47). Hernach kann der Glaszylinder in einem mit Leitungswasser gefüllten Kunststoffeimer zwischengelagert werden, bis die Ablösezeit von sämtlichen Etiketten bestimmt wurde.

Die endgültige Reinigung der Glaszylinder erfolgt unter warmem, fließendem Leitungswasser, wobei die Oberfläche der Glaszylinder von Hand abgerieben wird, um eventuell anhaftende Reste von Etikettierklebstoff mechanisch zu entfernen. Dabei sind Einweghandschuhe zu tragen.

Die so gereinigten Glaszylinder werden mit entmineralisiertem Wasser abgespült, an der Luft getrocknet und bis zur nächsten Verwendung staubfrei gelagert.

5.6.4 Einfluss einer überlappenden Verklebung

Mit Einführung der Long-Neck-Flasche fand auch das Halsringetikett eine weite Verbreitung. Im Gegensatz zu Rumpf-, Rücken- oder Brustetikett, werden diese Etiketten jedoch überlappend verklebt. Es wird angenommen, dass es aufgrund der doppelten Papierdicke an der Überlappung zu einer Verlängerung der Ablösezeit, im Vergleich zu einfach verklebten Etiketten kommt. Weiter wird vermutet, dass Etikettierklebstoffe, die für eine Verklebung von Papier und Glas ausgelegt wurden, bei einer Papier zu Papier Verklebung ein verändertes Ablöseverhalten zeigen, dass eventuell ebenfalls zu einer Erhöhung der Ablösezeit führen kann.

5.6.4.1 Material und Methoden

5.6.4.1.1 Überlappende Verklebung

Für die folgende Untersuchung wurde zunächst, anhand am Markt erhältlicher Long-Neck-Flaschen (Abbildung 103, linkes Bild), die Fläche verschiedener überlappender Verklebungen bestimmt. Hierfür wurden die überlappenden Verklebungen abgelichtet und die Fläche durch auszählen der Kästchen eines 1 mm^2 Rasters bestimmt (Bild rechts).



Abbildung 103: Long-Neck-Flaschen mit Halsringetiketten und Bestimmung der Fläche

In Tabelle 12 sind die Ergebnisse dieser Untersuchung aufgelistet. Die durchschnittliche Fläche der untersuchten überlappenden Verklebungen lag bei 414 mm^2 . Die kleinste Überlappung hatte eine Fläche von 359 mm^2 , die größte Überlappung lag bei 468 mm^2 .

Tabelle 12: Fläche überlappender Verklebungen

Marke	Flasche	Fläche
Apoldaer Glocken-Hell	0,5 Liter Long-Neck-Flasche	367 mm^2
Apoldaer Glockenpils	0,5 Liter Long-Neck-Flasche	359 mm^2
Bitburger Premium Pils	0,5 Liter Individualflasche	389 mm^2
Isenbeck Premium Pils	0,3 Liter Long-Neck-Flasche	458 mm^2
Rostocker Pilsener	0,5 Liter Long-Neck-Flasche	468 mm^2
Warsteiner Orange	0,3 Liter Long-Neck-Flasche	443 mm^2

5.6.4.1.2 Anpassung der Arbeitsmethode

Um die Ablöseigenschaften überlappender Verklebungen zu untersuchen, wurde die Arbeitsmethode (vgl. Abschnitt 4.3.2) angepasst. Sämtliche Änderungen werden in diesem Abschnitt aufgeführt.

Für die Untersuchungen wurden die beiden Etikettensorten BP1_OS_M0-P0-L0 und BP2_OS_M1-P0-L0 verwendet. Um die Überlappung zu realisieren, wurden jeweils zwei Etiketten derselben Sorte entlang ihrer Faserlaufrichtung durchgeschnitten. Die jeweilige Höhe der oberen und unteren Etikettenhälften ist in Tabelle 13 angegeben. Bei der anschließenden Etikettierung wurde zunächst die obere Hälfte von Etikett 1 auf einen Glaszylinder etikettiert.

⇒ Unterlappendes Etikett (das obere Etikett auf dem Glaszylinder)

Anschließend wurde der Glaszylinder aus der Anrollstation der Etikettiermaschine entfernt und die untere Hälfte von Etikett 2 mit der Etikettiermaschine beleimt und mit einer Pinzette an der Anrollstation aufgefangen. Diese Hälfte wurde dann, mit der entsprechenden Überlappung, manuell auf das Etikett 1 geklebt, leicht angedrückt und in der Anrollstation der Etikettiermaschine endgültig fixiert.

⇒ Überlappendes Etikett (das untere Etikett auf dem Glaszylinder)

Tabelle 13: Höhe der Etikettenhälften und Fläche der Überlappung

	Höhe der Etikettenhälften bei:		
	10,0 mm Überlappung	8,5 mm Überlappung	7,0 mm Überlappung
Etikett 1 – obere Hälfte	40,75 mm	40,00 mm	39,25 mm
Etikett 2 – untere Hälfte	40,75 mm	40,00 mm	39,25 mm
Gesamtfläche des zusammengesetzten Etiketts	5005 mm ²	5005 mm ²	5005 mm ²
Gesamtfläche der Überlappung *	504 mm ²	399 mm ²	294 mm ²

* Für die Berechnung der Überlappungsfläche sind 2,8 mm für den klebstofffreien Streifen der Streifenbeleimung zu subtrahieren. Bsp.: $(10,0 \text{ mm} - 2,8 \text{ mm}) * 70 \text{ mm} = 504 \text{ mm}^2$

Die Höhe der Etikettenhälften und die jeweilige Überlappung wurden so gewählt, dass die Gesamtfläche des zusammengesetzten Etiketts, der Fläche der Originaletiketten von 50,05 cm² entsprach und gleichzeitig die gesamte Bandbreite der eingangs bestimmten Überlappungen abdeckt.

Bei den Versuchen wurde stets ein Originaletikett als Vergleichsetikett eingesetzt. Die Etikettierung erfolgte im Wechsel (Originaletikett – 10,0 mm Überlappung – 8,5 mm Überlappung – 7,0 mm Überlappung), so dass eventuelle Schwankungen der Klebstoffmenge keinen Einfluss auf die Aussagekraft der Ergebnisse nehmen können.

Die Versuche wurden mit allen vier Etikettierklebstoffen (vgl. Abschnitt 4.2) durchgeführt. Bei den Klebstoffen ST 50 AF, KE 55 und KE 51 EW wurden jedoch nur das metallisierte Papier BP2_OS_M1-P0-L0 und die 10 mm Überlappung untersucht.

5.6.4.2 Ergebnisse

Bei der Bestimmung der Ablösezeit im Becherglas hat sich erwartungsgemäß zunächst das überlappende Etikett vom Glaszylinder gelöst (siehe Abbildung 104). Die Ablösung des unterlappenden Etiketts erfolgte jeweils erst mit einer zeitlichen Verzögerung.



Abbildung 104: Ablösen des überlappenden Etiketts (links), zeitlich verzögertes Ablösen des unterlappenden Etiketts

Die Ablösezeiten der Originaletiketten sowie des überlappenden (ÜE) und des unterlappenden (uE) Etiketts sind in den folgenden beiden Abbildungen dargestellt. Die Differenz der Ablösezeit zwischen dem Originaletikett und dem jeweiligen unterlappenden Etikett wird in den Abbildungen als Δ_t angegeben.

Bei BP1 führt die 10 mm Überlappung zu einer Erhöhung der Ablösezeit gegenüber dem Originaletikett um $\Delta_t = 45$ Sekunden. Mit Reduzierung der Überlappung reduziert sich auch die Differenz zum Originaletikett. Bei metallisierten Etikett BP2 führt nur die 10 mm Überlappung zu einer erhöhten Ablösezeit. Bei 8,5 mm und 7 mm Überlappung reduzierte sich die Ablösezeit gegenüber dem Originaletikett.

Einfluss einer überlappenden Verklebung

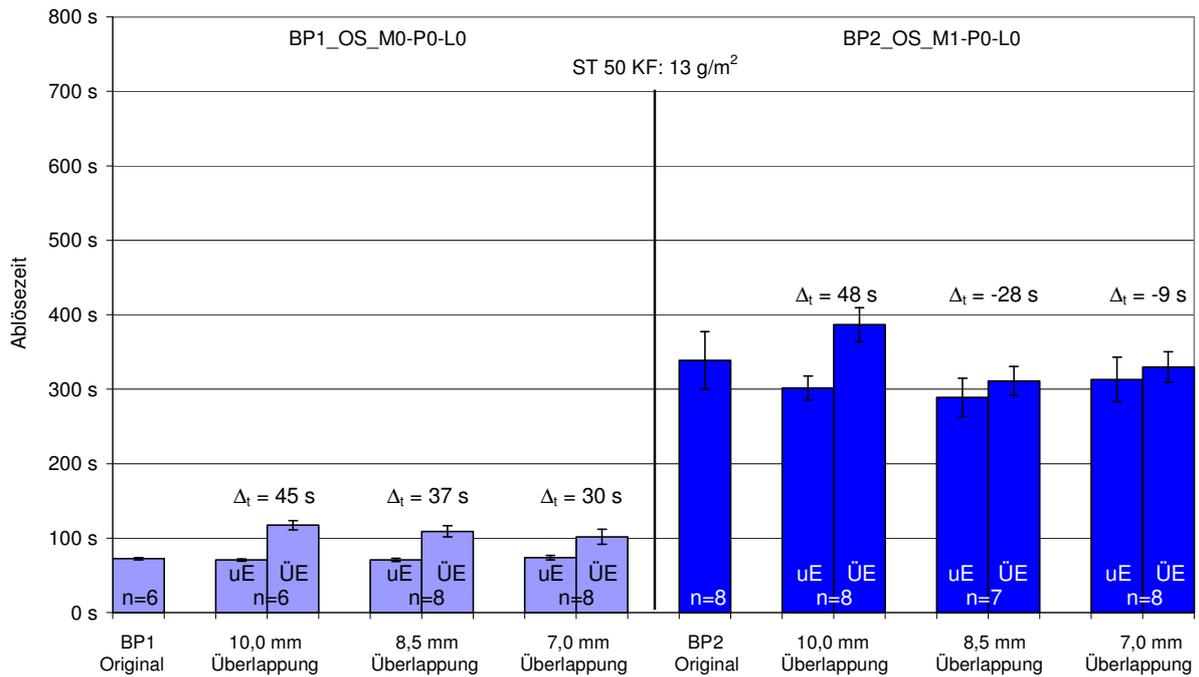


Abbildung 105: Ablösezeit in Abhängigkeit von der Überlappung

In Abhängigkeit von der Klebstoffsorte ändert sich auch die Differenz zwischen der Ablösezeit des Originaletiketts und des unterlappenden Etiketts. Bis auf KE 55 bewegen sich die Differenzen zwischen 47 Sekunden und 66 Sekunden auf annähernd gleichem Niveau, wenn sich die Ablösezeiten selbst auch deutlich voneinander unterscheiden. Bei KE 55 führt die Überlappung jedoch zu einer um 207 Sekunden höheren Ablösezeit.

Einfluss einer überlappenden Verklebung

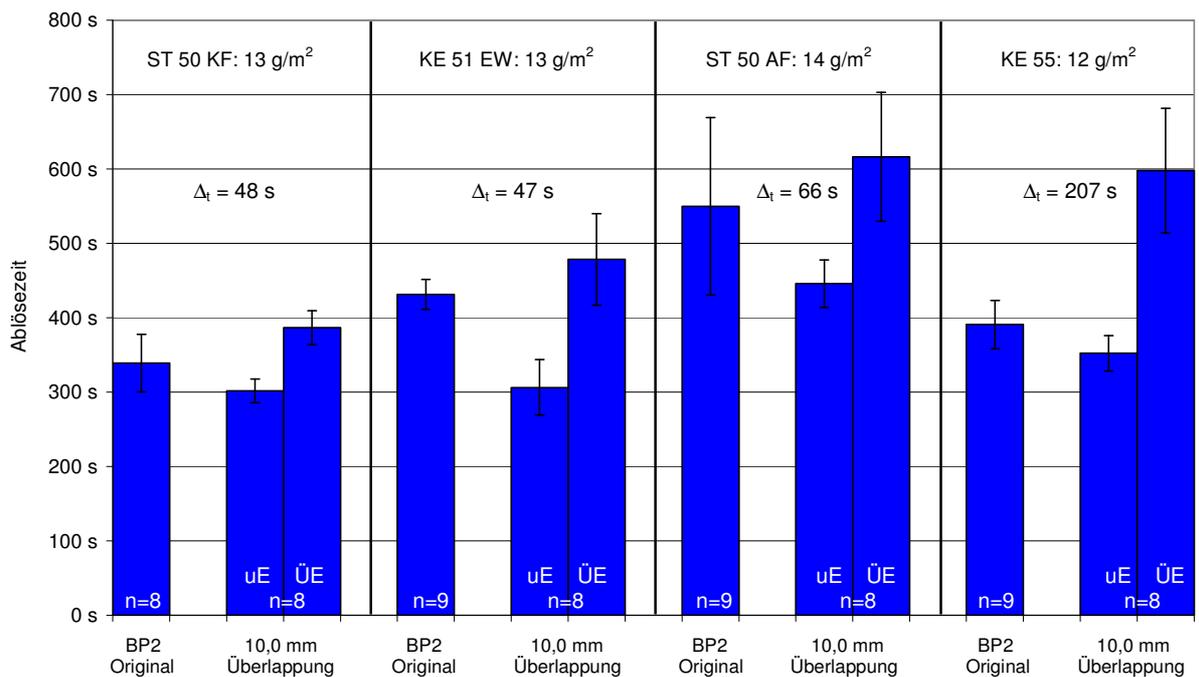


Abbildung 106: Einfluss einer überlappenden Verklebung mit verschiedenen Klebstoffen

Diskussion

Die Untersuchung hat gezeigt, dass bei einer überlappenden Fläche von rund 500 mm² mit einer erhöhten Ablösezeit zu rechnen ist. Dabei besteht kaum ein Unterschied zwischen dem hier eingesetzten metallisierten Papier BP2 und dem nicht metallisierten Papier BP1. Wird die überlappende Fläche kleiner, so reduziert sich die Ablösezeit ebenfalls nachweisbar.

Am Beispiel des KE 55 wird deutlich, dass auch der Klebstoff einen signifikanten Einfluss auf die Ablösezeit der überlappenden Verklebung ausübt. Während bei allen anderen Klebstoffen der Anstieg der Ablösezeit etwa vergleichbare Werte annimmt, steigt die Ablösezeit des unterlappenden Etiketts beim KE 55 mehr als dreimal so stark.

Für die Praxis bedeutet dies, dass die Fläche der Überlappung auf das technisch notwendige minimiert werden sollte. Ebenso sollte die Ablösezeit von Halsringetiketten und ihre überlappende Verklebung, in Kombination mit dem verwendeten Klebstoff überprüft werden, um deren Eignung für die Reinigung in einer Flaschenreinigungsmaschine im Vorfeld zu überprüfen. Zu diesem Zweck wurde die hier angewendete Vorgehensweise auf die „modifizierte Methode“ übertragen und daraus die „erweiterte Methode“ entwickelt.

5.6.5 Arbeitsanweisung „Erweiterte Methode“

Die „erweiterte Methode“, zur Bestimmung des Einflusses einer überlappenden Etikettierung auf die Ablösezeit, lehnt sich an die „modifizierte Methode“ an, die in Abschnitt 5.6.3 ausführlich beschrieben wurde.

5.6.5.1 Grundlage des Verfahrens

Halsringetiketten von Mehrwegglasflaschen werden in Reinigungsanlagen, durch Einwirkung von heißer Reinigungslauge, abgelöst.

Zur Prüfung, ob die Lauge ein bedrucktes Etikett auch bei einer überlappenden Verklebung schnell genug durchdringt, den Etikettierklebstoff auflöst und die Ablösung erfolgen kann, wird eine Probe / ein Etikett mit Klebstoff beleimt und auf einen Glaszylinder aufgebracht. Nach dem Aushärten des Klebstoffs werden Glaszylinder und Etikett in heiße Reinigungslauge getaucht und die Zeit bis zur Ablösung des unterlappenden Etiketts festgestellt.

5.6.5.2 Notwendige Geräte

- Probenschneider: A = 50 cm²
- Papierschneidegerät oder Schere
- Lineal mit 0,5 mm Skala
- Glasplatte als Rakelunterlage
- Haftnotizzettel (HNZ), Post-it, Breite 102 mm, Höhe 152 mm
- Klebefilm, Tesa, Breite 18 mm
- Spatel zur Leimportionierung
- Rakel: Nassschichtdicke 10 µm, 150 mm Filmbreite

- Pinzette
- Analysenwaage: Genauigkeit ± 1 mg
- Glaszylinder: Höhe 120 mm, Durchmesser 70 mm *
- Handetikettierapparat *, siehe Abschnitt 4.3.4
- Becherglas aus hitzebeständigem Glas: Außendurchmesser 152 mm, Höhe 210 mm, Fassungsvermögen 3.000 ml (niedrige Form, Duranglas, z. B. erhältlich über Carl Roth)
- Becherglas aus hitzebeständigem Glas: Fassungsvermögen ca. 800 ml
- Uhrglas: Durchmesser mindestens 160 mm
- Dreifuß aus V4A Draht: Höhe 30 mm, Durchmesser Draht 3 mm
- Heizplatte mit Thermostat und Magnetrührer
- Magnetrührstab: Durchmesser 8 mm, Länge 40 mm
- Stoppuhr: Genauigkeit ± 1 s
- Große und lange Pinzette oder Tiegelzange
- Kunststoffeimer
- Einweghandschuhe

5.6.5.3 Notwendige Prüfmittel

- 2500 ml einer NaOH-Lösung, chemisch rein, $w(\text{NaOH}) = 1 \%$, hergestellt unter Verwendung von entmineralisiertem Wasser
- ST 50 KF von Türmerleim GmbH
- Entmineralisiertes Wasser
- Zitronensäure, in flüssiger oder kristalliner Form

5.6.5.4 Probenahme

Die zu untersuchenden Etiketten beziehungsweise Papierbögen sind für mindestens 24 h bei Normalklima (23 ± 1 °C und 50 ± 2 % rF nach DIN 20187) zu lagern.

Bei der Probenahme unterscheiden sich die Vorgehensweisen bei bereits gestanzten Halsringetiketten und bei Papierbögen.

Probenahme bei Papierbögen

Für Papierbögen gelten die Anweisungen der „modifizierten Methode“, aus Abschnitt 5.6.3.4. Zusätzlich zu den kreisrunden Proben mit einer Fläche von 50 cm^2 , werden quadratische Proben mit den Abmessungen $71 \text{ mm} * 71 \text{ mm}$ und rechteckige Proben mit $71 \text{ mm} * 81 \text{ mm}$ Kantenlänge ausgeschnitten. Bei den rechteckigen Proben verläuft die Faserlaufrichtung parallel zur 71 mm langen Kanten.

Für die Trainingsphase und die damit verbundene Bestimmung der Klebstoffmenge und der Standardabweichung, werden die kreisrunden Proben verwendet. Die quadratischen Etiketten, mit einer Fläche von $50,41 \text{ cm}^2$, werden als Vergleichsetikett verwendet. Die rechteckigen Etiketten werden auf ihrer 81 mm langen Seite halbiert, um sie mit 10 mm Überlappung etikettieren zu können. Die etikettierte Fläche beträgt dann ebenfalls $50,41 \text{ cm}^2$.

Probenahme bei bereits gestanzten Halsringetiketten

Nach Abschluss der Akklimatisierung werden aus einem Halsringetikett jeweils eine unterlappende und eine überlappende Etikettenhälfte gefertigt. Hierfür wird das Halsringetikett entlang seiner Längsachse, in der Mitte des Etiketts durchgeschnitten (siehe Abbildung 107). Welche der beiden Hälften die überlappende, welche die unterlappende Hälfte ist, ist auf den jeweiligen Anwendungsfall abzustimmen. Als Vergleichsetikett werden ganze Halsringetiketten verwendet.

Da bei Halsringetiketten die Fläche der Etiketten meist kleiner als 50 cm^2 beziehungsweise bei komplexen Formen nicht exakt bestimmt werden kann, können für die Trainingsphase auch andere Etiketten, zum Beispiel Rumpfetiketten, verwendet werden, bei denen es möglich ist, mit dem Probenschneider eine kreisrunde Fläche von 50 cm^2 auszuschneiden. Im Idealfall werden Etiketten derselben Papiersorte, zumindest jedoch aus einer Papiersorte mit einem vergleichbaren Cobb-Wert wie die Halsringetiketten verwendet.



Abbildung 107: Skizze Probenvorbereitung

Für die Durchführung der Bestimmung der Ablösezeit sind sowohl aus den Papierbögen als auch aus den gestanzten Halsringetiketten eine ausreichende Anzahl Proben nach dieser Vorgehensweise auszuschneiden.

Beim verwendeten Etikettierklebstoff ist darauf zu achten, dass er nach den vom Hersteller genannten Lagerbedingungen hinsichtlich der Temperaturgrenze aufbewahrt wurde. Die vom Hersteller angegebene Haltbarkeit ist einzuhalten. Nach der Erstöffnung ist die Verwendung des Klebstoffs auf sechs Monate begrenzt. Der Klebstoff ist anschließend wieder luftdicht zu verschließen. Als Standard-Etikettierklebstoff, zum Beispiel für vergleichende Untersuchungen oder für die Warenein- und Warenausgangskontrolle, ist ST 50 KF zu verwenden. Der Klebstoff kann über die Türmerleim GmbH, Arnulfstraße 43, 67061 Ludwigshafen/Rhein bezogen werden. Zur Untersuchungen des Einflusses verschiedener Klebstoffsorten auf das Ablöseverhalten oder der Wechselwirkungen zwischen Klebstoff und Papiersorte sowie für weitere Anwendungsfälle, kann von diesem Standardklebstoff abgewichen werden.

5.6.5.5 Aufbau der Beleimungsstation

Der Aufbau der Beleimungsstation erfolgt analog zu Abschnitt 5.6.3.5.

5.6.5.6 Trainingsphase

Die Trainingsphase wird analog zu Abschnitt 5.6.3.6 durchgeführt.

5.6.5.7 Verkürzte Trainingsphase

Eine verkürzte Trainingsphase ist analog zu Abschnitt 5.6.3.7 möglich. Die Probenauswahl erfolgt wie im vorausgegangenen Abschnitt.

5.6.5.8 Beleimung der Etiketten

Die Beleimung der Vergleichsetiketten erfolgt analog zu Abschnitt 5.6.3.8. Die Etiketten werden jeweils mit einer Kante und mit der Rückseite nach oben, unmittelbar an die Kante des Klebefilms angelegt. Durch Andrücken werden die Hälften auf der freien Klebefläche des HNZ fixiert. Die Beleimung der Etikettenhälften erfolgt ebenfalls analog zu Abschnitt 5.6.3.8. Die Hälften sind dabei so auf dem HNZ anzubringen, dass sie gleichzeitig beleimt werden können (Beispiel, siehe Abbildung 108).

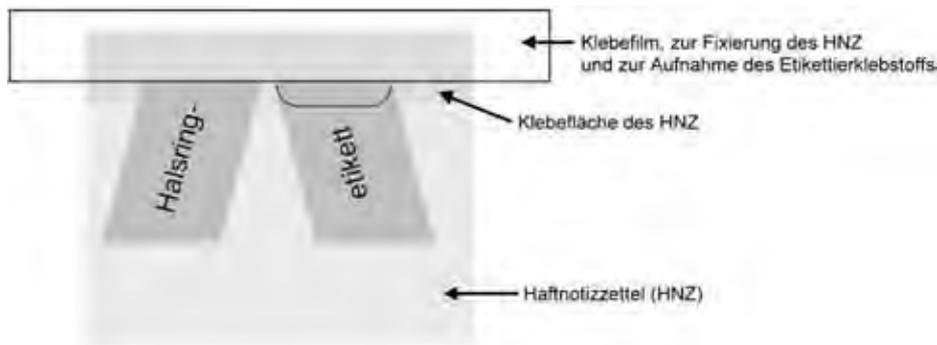


Abbildung 108: HNZ mit Hälften des Halsringetiketts

Eine für die Beleimung der beiden Etikettenhälften ausreichende Menge des Etikettierklebstoffs wird mit einem Löffel auf den Klebefilm oberhalb des HNZ, über die gesamte Breite der Etikettenhälften, aufgebracht.

Mit der 10 µm Rakel wird die Beschichtung durchgeführt. Die Rakel wird hierfür unter „starkem Andrücken“ und mit einer konstanten Geschwindigkeit innerhalb von zwei Sekunden über das Vergleichsetikett beziehungsweise die beiden Etikettenhälften gestrichen und dabei der Klebstoff auf der Etikettenrückseite verteilt. Um ein Verkannten oder Durchbiegen der Rakel zu vermeiden, was bei einer 10 µm Rakel sofort zu ungleichmäßigem Leimauftrag führen würde, ist die Rakel an der Rakelstange (nicht am Griff!), unmittelbar links und rechts neben der Probe zu führen (siehe Abbildung 109). Der Klebstoffauftrag soll zwischen 12,0 g/m² bis 13,0 g/m² liegen und ist in hohem Maße vom Prüfer abhängig. Daher ist vor der eigentlichen Beleimung die Trainingsphase (Abschnitt 5.6.5.6) beziehungsweise bei routinierten Prüfern die verkürzte Trainingsphase (Abschnitt 5.6.5.7) notwendig.

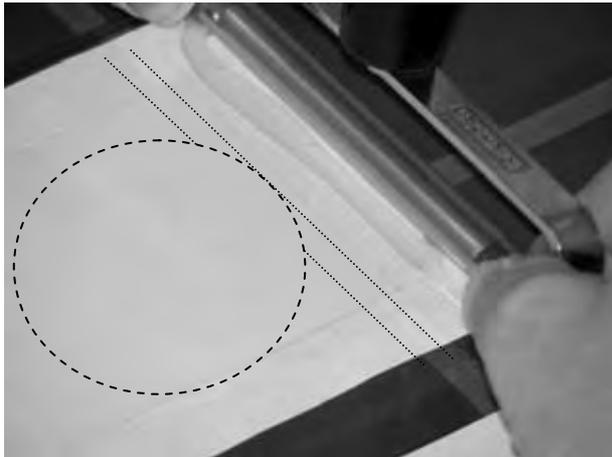


Abbildung 109: Klebstoffauftrag und Haltepunkte der Rakel

5.6.5.9 Fixierung des Etiketts auf dem Glaszylinder

Die Fixierung der Vergleichsetiketten erfolgt analog zu Abschnitt 5.6.3.9. Die gestanzten Halsringetiketten werden jedoch gegenüber ihrer normalen Ausrichtung auf der Flasche um 90° gedreht und entlang der senkrechten Zylinderachse angebracht (siehe Abbildung 110, linkes Bild).

Für die Fixierung der Etikettenhälften wird zunächst die unterlappende Etikettenhälfte mit einer Pinzette vom HNZ abgenommen und so auf die obere Hälfte des Glaszylinders übertragen, dass der zu überlappende Teil senkrecht auf der horizontalen Mittelachse des Glaszylinders steht. Anschließend wird die überlappende Etikettenhälfte mit einer Pinzette vom HNZ abgenommen und so angebracht, dass die Hälften um 10 mm überlappen (siehe Abbildung 110, rechtes Bild).

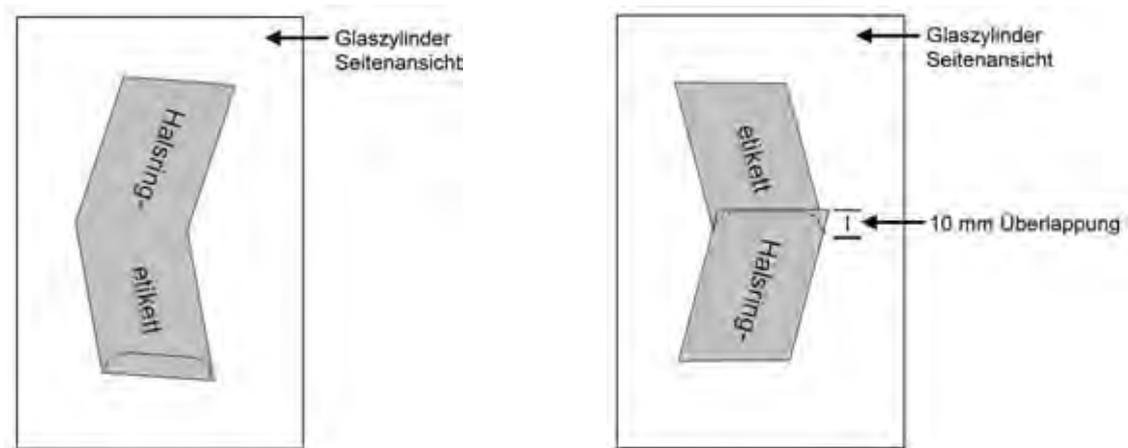


Abbildung 110: Anbringen des Vergleichsetiketts (links) und der Etikettenhälften auf dem Glaszylinder (rechts)

Mit den Fingern werden die Ränder der Probe leicht an den Glaszylinder angedrückt. Danach werden die Etikettenhälften mit Hilfe des Handetikettierapparates endgültig fixiert. Dazu den Zylinder vorsichtig einsetzen und 3-mal mit mäßiger Geschwindigkeit (ca. 2 Sekunden pro Handkurbelumdrehung) durchdrehen.

Die so beklebten Zylinder werden bei Normbedingungen mindestens 24 h, höchstens jedoch 48 h getrocknet.

Anmerkung: Dieser Vorgang benötigt ebenfalls ein gewisses Training und kann gleichzeitig mit der Trainingsphase für die Beleimung der Etiketten erfolgen. Hierfür können die beleimten Proben z. B. auf Glasflaschen aufgeklebt werden.

Die Rakel wird anschließend mit heißem Wasser und einem Schwamm von den Klebstoffresten gereinigt. Anschließend wird die Temperatur der Rakel unter fließendem, kaltem Wasser wieder auf Raumtemperatur reduziert. Bei den geringen Klebstoffmengen führt eine hohe, bzw. stark schwankende Rakeltemperatur zu unterschiedlichen Auftragsgewichten und ist daher zu vermeiden.

Der HNZ mit Klebefilm wird anschließend von der Glasplatte entfernt und entsorgt.

5.6.5.10 Durchführung des Ablöseversuches

Der Ablöseversuch wird analog zu Abschnitt 5.6.3.10 durchgeführt.

Bei den Vergleichsetiketten wird die Stoppuhr angehalten, sobald sich das Etikett vollständig vom Glaszylinder abgelöst hat und frei in der Lauge schwimmt. Die auf der Stoppuhr angezeigte Zeit ist die Ablösezeit.

Bei den überlappenden Etiketten wird die Zeit notiert, nach der das überlappende Etikett vollständig vom Glaszylinder abgelöst wurde. Die Stoppuhr wird angehalten, sobald sich das unterlappende Etikett vollständig vom Glaszylinder abgelöst hat. Die auf der Stoppuhr angezeigte Zeit ist die Ablösezeit.

5.6.5.11 Reinigung der Zylinder

Die Reinigung der Glaszylinder erfolgt analog zu Abschnitt 5.6.3.11.

5.6.6 Bewertung

Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnis

Die beiden Ziele, die Entwicklung der „modifizierten Methode“ und der „erweiterten Methode“, wurden mit der Formulierung der jeweiligen Arbeitsanweisungen erreicht. Ob die beiden Methoden die geforderten Erwartungen erfüllen, wird in Arbeitspaket 8 überprüft werden.

5.7 Arbeitspaket 8 – Validierung der „modifizierten und erweiterten Methoden“

5.7.1 Zielstellung

Die in Arbeitspaket 6 erarbeiteten Vorschläge einer „modifizierten Methode“ und „erweiterten Methode“ zur DIN 16524-6, sollte in einem Ringversuch, an dem sich die Projektpartner und Teile des PA beteiligten, validiert werden.

5.7.2 Validierung der „modifizierten Methode“ im Ringversuch

5.7.2.1 Material und Methoden

Die Untersuchung der Proben im Ringversuch wurde nach der in Abschnitt 5.6.3 beschriebene „modifizierte Methode“ durchgeführt.

Den fünf Teilnehmern des Ringversuchs wurden, neben der Arbeitsanweisung der „modifizierten Methode“, die drei Etikettensorten der Charge 2 (vgl. Abschnitt 4.1.2) sowie ein Teil der notwendigen Gerätschaften und Prüfmittel (vgl. Abschnitt 5.6.3.2 und 5.6.3.3) zur Verfügung gestellt.

Des Weiteren wurde ein Laufzettel erarbeitet, der von den Teilnehmern nach Durchführung der Untersuchungen ausgefüllt an die Forschungsstellen zu senden war. Der Laufzettel beinhaltete folgende Informationen:

A) Auftrag

Datum des Probeneingangs: _____

Untersuchungsmethode: _____

B) Probenmaterial

Etikettentyp: (nicht zutreffend bitte streichen)	1 (metallisiert + glatt) 2 (metallisiert + geprägt) 3 (Papier + geprägt)
Faserlaufrichtung des Bogens: (nicht zutreffend bitte streichen)	entlang der langen Papierachse entlang der kurzen Papierachse
Seitenlängen bzw. Durchmesser:	
Lagerbedingung Temperatur / Feuchte (Soll: 23 °C / 50 % r. F.)	°C / % r. F.
Lagerdauer vor Etikettierung: (Soll: mind. 24 Stunden)	von: bis:

C) Etikettierung

Datum:	
Uhrzeit:	von: bis:
Raumklima: (Soll: 23 °C / 50 % r. F.)	°C / % r. F.
Rakel: (Soll: 10 µm)	µm

gentlichen Etikettierversuch zu gewährleisten, wurde eine Trainingsphase konzipiert, in der die Probanden das Flächengewicht des aufgetragenen Leims gravimetrisch bestimmen sollten. Ziel war es, ein Gefühl für den exakten Leimauftrag zu entwickeln und bei 10 aufeinander folgenden Versuchen, ein Mittelwert im Bereich von 12,0 g/m² bis 13,0 g/m² mit einer Standardabweichung < 1,00 zu erreichen.

Das Ergebnis der Trainingsphase von 2 Mitarbeitern der Forschungsstelle 2 (IVV) ist in folgenden beiden Tabellen dargestellt. Das Fazit aus dieser Trainingsphase ist eindeutig:

- Für den ungeübten Mitarbeiter ist es sehr schwer dieses Ziel, ohne Einweisung durch einen „Trainer“, zu erreichen (siehe Tabelle 14).
- Für den geübten Mitarbeiter, der während der Projektlaufzeit bereits Erfahrung mit dem Rakel-Leimauftrag sammeln konnte, war es problemlos möglich den geforderten Mittelwert im Bereich von 12,0 g/m² bis 13,0 g/m² mit einer Standardabweichung < 1,00 zu erreichen (siehe Tabelle 15).

Tabelle 14: Ergebnis der Trainingsphase eines Mitarbeiters ohne Training

Trainingsphase **Fraunhofer IVV** **Mitarbeiter ohne vorheriges Training im laufenden Projekt**

Laufende Nummer:	Masse Etikett	Masse Etikett + Klebstoff	Etikettenfläche	Auftragsgewicht
	in g	in g		
1	0,3450	0,4221	0,0050	15,42
2	0,3481	0,4542	0,0050	21,22
3	0,3438	0,4337	0,0050	17,98
4	0,3486	0,4400	0,0050	18,28
5	0,3492	0,4560	0,0050	21,36
6	0,3478	0,4208	0,0050	14,6
7	0,3476	0,4147	0,0050	13,42
8	0,3461	0,4326	0,0050	17,3
9	0,3469	0,4121	0,0050	13,04
10	0,3492	0,4265	0,0050	15,46
11	0,3493	0,4556	0,0050	21,26
12	0,3442	0,4199	0,0050	15,14
13	0,3493	0,4165	0,0050	13,44
14	0,3493	0,4600	0,0050	22,14
15	0,3511	0,4434	0,0050	18,46
16	0,3479	0,4201	0,0050	14,44
17	0,3434	0,4652	0,0050	24,36
18	0,3501	0,4297	0,0050	15,92
19	0,3464	0,4417	0,0050	19,06
20	0,3494	0,4492	0,0050	19,96
21	0,3440	0,4208	0,0050	15,36
22	0,3502	0,4137	0,0050	12,7
23	0,3485	0,4226	0,0050	14,82
24	0,3456	0,4131	0,0050	13,5
25	0,3531	0,4414	0,0050	17,66
26	0,3470	0,4349	0,0050	17,58
27	0,3496	0,4263	0,0050	15,34
28	0,3458	0,4183	0,0050	14,5
29	0,3477	0,4599	0,0050	22,44
30	0,3462	0,4352	0,0050	17,8
31	0,3503	0,4459	0,0050	19,12
32	0,3478	0,4260	0,0050	15,64
33	0,3495	0,4411	0,0050	18,32
34	0,3384	0,4312	0,0050	18,56
35	0,3487	0,4683	0,0050	23,92
36	0,3466	0,4372	0,0050	18,12
37	0,3414	0,4617	0,0050	24,06
38	0,3461	0,4231	0,0050	15,4
39	0,3437	0,4537	0,0050	22
40	0,3399	0,4182	0,0050	15,66

ROT: Mittelwert oder Standardabweichung der letzten 10 durchgeführten Beileimungen entspricht nicht den Anforderungen: **Trainingsphase fortsetze**

GRÜN: Mittelwert und Standardabweichung der letzten 10 durchgeführten Beileimungen entsprechen den Anforderungen: **Trainingsphase beendet**.

⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 1 bis 10 =	16,8 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,95
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 2 bis 11 =	17,4 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,21
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 3 bis 12 =	16,8 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,97
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 4 bis 13 =	16,3 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,11
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 5 bis 14 =	16,7 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,58
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 6 bis 15 =	16,4 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,27
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 7 bis 16 =	16,4 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,28
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 8 bis 17 =	17,5 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,93
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 9 bis 18 =	17,4 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,96
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 10 bis 19 =	18,0 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,68
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 11 bis 20 =	18,4 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,62
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 12 bis 21 =	17,8 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,58
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 13 bis 22 =	17,6 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,86
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 14 bis 23 =	17,7 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,71
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 15 bis 24 =	16,9 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,57
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 16 bis 25 =	16,8 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,54
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 17 bis 26 =	17,1 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,45
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 18 bis 27 =	16,2 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,34
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 19 bis 28 =	16,0 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,40
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 20 bis 29 =	16,4 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,03
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 21 bis 30 =	16,2 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,81
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 22 bis 31 =	16,5 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,94
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 23 bis 32 =	16,8 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,65
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 24 bis 33 =	17,2 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,58
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 25 bis 34 =	17,7 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,25
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 26 bis 35 =	18,3 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,99
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 27 bis 36 =	18,4 g/m ²	mit Standardabweichung =	2,98
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 28 bis 37 =	19,2 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,26
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 29 bis 38 =	19,3 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,12
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 30 bis 39 =	19,3 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,07
⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 31 bis 40 =	19,1 g/m ²	mit Standardabweichung =	3,26

Nach 40 Beileimungen wird mit der Durchführung des Versuchs und dem ausfüllen des Laufzettels fortgefahren, unabhängig vom erzielten Mittelwert und der dazugehörigen Standardabweichung der letzten 10 Beileimungen.

Tabelle 15: Ergebnis der Trainingsphase eines Mitarbeiters mit Training

Trainingsphase Fraunhofer IVV Mitarbeiter mit Training im laufenden Projekt

Laufende Nummer:	Masse Etikett in g	Masse Etikett + Klebstoff in g	Etikettenfläche in m ²	Auftragsgewicht in g/m ²
1	0,3456	0,4129	0,0050	13,46
2	0,3491	0,4272	0,0050	15,62
3	0,3491	0,4072	0,0050	11,62
4	0,3518	0,4100	0,0050	11,64
5	0,3439	0,4060	0,0050	12,42
6	0,3462	0,4080	0,0050	12,36
7	0,3482	0,4062	0,0050	11,6
8	0,3500	0,4077	0,0050	11,54
9	0,3486	0,4099	0,0050	12,26
10	0,3466	0,4103	0,0050	12,74
11	0,3470	0,4094	0,0050	12,48
12	0,3500	0,4129	0,0050	12,58
13			0,0050	
14			0,0050	
15			0,0050	
16			0,0050	
17			0,0050	

ROT: Mittelwert oder Standardabweichung der letzten 10 durchgeführten Beileimungen entspricht nicht den Anforderungen: **Trainingsphase fortsetze**

GRÜN: Mittelwert und Standardabweichung der letzten 10 durchgeführten Beileimungen entsprechen den Anforderungen: **Trainingsphase beendet.**

⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 1 bis 10 = 12,5 g/m² mit Standardabweichung = 1,25
 ⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 2 bis 11 = 12,4 g/m² mit Standardabweichung = 1,21
 ⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 3 bis 12 = 12,1 g/m² mit Standardabweichung = 0,47
 ⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 4 bis 13 = mit Standardabweichung =
 ⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 5 bis 14 = mit Standardabweichung =
 ⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 6 bis 15 = mit Standardabweichung =
 ⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 7 bis 16 = mit Standardabweichung =
 ⇒ Mittelwert für Laufende Nr. 8 bis 17 = mit Standardabweichung =

5.7.2.4 Ergebnisse des Ringversuchs

In Tabelle 16 werden die Ergebnisse des Ringversuchs zusammengefasst. Um die Ergebnisse besser vergleichen zu können, sind in Abbildung 111 Mittelwerte mit Standardabweichung der einzelnen Probanden grafisch dargestellt.

Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse aus dem Ringversuch

	nach DIN 16524-6			mit Glaszylinder		
	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)
Probe 1	103	90	65	196	100	65
Probe 2	95	92	70	149	121	67
Probe 3	100	108	75	267	111	60
Probe 4	107	89	73	204	105	61
Probe 5	93	88	69	191	120	59
Mittelwert	99,6	93,4	70,4	201,4	111,4	62,4
Standardabweichung	5,7	8,3	3,8	42,4	9,2	3,4
Variationskoeff in %	5,8	8,9	5,5	21,1	8,2	5,5

	nach DIN 16524-6			mit Glaszylinder		
	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)
Probe 1	108	96	100	138	88	46
Probe 2	98	91	102	212	74	47
Probe 3	111	106	95	124	106	54
Probe 4	101	106	90	161	99	56
Probe 5	115	111	94	191	103	48
Mittelwert	106,6	102,0	96,2	165,2	94,0	50,2
Standardabweichung	7,0	8,2	4,8	36,4	13,1	4,5
Variationskoeff in %	6,6	8,1	5,0	22,1	13,9	9,0

	nach DIN 16524-6			mit Glaszylinder		
	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)
Probe 1	75	60	48	189 86*		55
Probe 2	66	62	57	165	94	59
Probe 3		76	57	180	106	60
Probe 4		60		151	99	58
Probe 5				235	103	62
Mittelwert	70,5	64,5	54,0	184,0	100,5	58,8
Standardabweichung	6,4	7,7	5,2	32,0	5,2	2,6
Variationskoeff in %	9,0	12,0	9,6	17,4	5,2	4,4

	nach DIN 16524-6			mit Glaszylinder		
	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)
Probe 1	116	109	71	239	137	65
Probe 2	112	108	90	257	88	59
Probe 3	132	113	87	120	123	66
Probe 4	132	101	87	325	134	68
Probe 5	118	123	87	270	126	69
Mittelwert	122,0	110,8	84,4	242,2	121,6	65,4
Standardabweichung	9,4	8,1	7,6	75,5	19,6	3,9
Variationskoeff in %	7,7	7,3	9,0	31,2	16,1	6,0

	nach DIN 16524-6			mit Glaszylinder		
	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)	1 (metallisiert + glatt)	2 (metallisiert + geprägt)	3 (Papier + geprägt)
Probe 1	102	125	109	109	81	60
Probe 2	115	105	117	141	78	79
Probe 3	115	113	107	126	61	71
Probe 4	120	101	92	139	80	77
Probe 5	105	109	111	120	64	64
Mittelwert	111,4	110,6	107,2	127,0	72,8	70,2
Standardabweichung	7,6	9,2	9,3	13,4	9,5	8,2
Variationskoeff in %	6,8	8,3	8,7	10,5	13,1	11,6

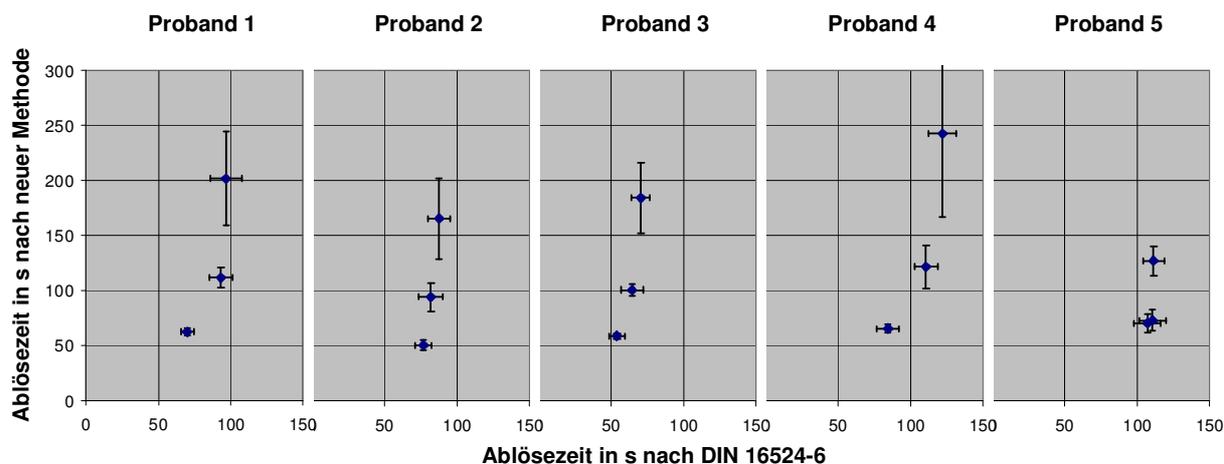


Abbildung 111: Zusammenfassende graphische Darstellung des Ringversuchs

Diskussion

Aus den in Abbildung 111 bzw. Tabelle 14 bis Tabelle 16 dargestellten Ergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die „modifizierte Methode“ mit den Glaszylindern differenziert eindeutig besser zwischen den unterschiedlichen Papierqualitäten (glattes metallisiertes Papier (1), geprägtes metallisiertes Papier (2) und geprägtem nicht metallisiertem Papier (3)) als die DIN 16524-6.
- Unter Berücksichtigung der Standardabweichungen unterscheiden sich bei allen Probanden (außer Proband 5) die Ablösezeiten der drei unterschiedlichen Papiere, gemessen nach der „modifizierten Methode“ signifikant. Proband 5 fällt hinsichtlich der Messergebnisse aus dem Raster. Bei ihm liegen die Messergebnisse auch nach der „modifizierten Methode“ näher zusammen.
- Demgegenüber unterscheiden sich die Ablösezeiten, insbesondere der metallisierten Papiere, gemessen nach DIN 16524-6 nicht signifikant.
- Der direkte Rakel-Leimauftrag ermöglicht eine definierte Leimmenge auf den Etiketten, allerdings ist dazu etwas Übung nötig. Ungeübte Probanden hatten damit ihre Schwierigkeiten.

Fazit:

Die Ergebnisse des Ringversuchs belegen, dass mit der „modifizierten Methode“ die in Abschnitt 5.6.2 formulierten Kritikpunkte an der DIN 16524-6 überwunden werden konnten und dass die „modifizierte Methode“ geeignet ist, das Ablöseverhalten von Papieretiketten im ungünstigsten Anwendungsfall zuverlässig, anhand des Messergebnisses, vorherzusagen.

5.7.3 Überprüfung der „erweiterten Methode“ durch Versuche

5.7.3.1 Material und Methoden

Für die Überprüfung der „erweiterten Methode“ wurden die beiden Etiketten BP3_OS_M0-P1-L0 und BP4_OS_M1-P0-L0 nach der in Abschnitt 5.6.5 beschriebenen „erweiterten Methode“ untersucht.

Die nicht überlappenden Etiketten wurden als Quadrate mit 71 mm Seitenlänge aus den Etikettenbögen ausgeschnitten. Bei den überlappenden Etiketten wurden Rechtecke mit 71 mm * 81 mm Seitenlänge ausgeschnitten, die auf der 81 mm langen Seite halbiert wurden, um sie 10 mm überlappend zu etikettieren. Durch diese Prozedur war gewährleistet, dass die Etikettenfläche in beiden Fällen die geforderten 50 cm² betrug.

5.7.3.2 Ergebnisse

In Tabelle 17 und Tabelle 18 werden die Ergebnisse der Versuche nach der „erweiterten Methode“ mit überlappenden Etiketten im Vergleich zu nicht überlappenden Etiketten dargestellt. Bei beiden Etikettentypen hat sich die Ablösezeit durch die Überlappung deutlich erhöht. Das unterlappende Etikett löste sich stets zuerst und zwar etwa in der gleichen Zeit wie das Vergleichsetikett, das ohne Überlappung aufgebracht wurde. Bei den überlappenden nicht metallisierten Etiketten lagen die Ablösezeiten im Mittel bei zwei Minuten, bei den überlappenden metallisierten Etiketten bei etwa drei bis vier Minuten.

Tabelle 17: Ablösezeiten von rechteckig ausgeschnittenen Etiketten (BP3_OS_M0-P1-L0)

	3 (Papier + geprägt)		
	Etiketten nicht überlappend	Etiketten überlappend	
		überlappendes Etikett	unterlappendes Etikett
Probe 1	60	75	120
Probe 2	65	80	129
Probe 3	68	78	130
Probe 4	63	71	114
Probe 5	66	83	121
Mittelwert	64,4	77,4	122,8
Standardabweichung	3,0	4,6	6,7
Variationskoeff in %	4,7%	6,0%	5,4%

Tabelle 18: Ablösezeiten von rechteckig ausgeschnittenen Etiketten (BP4_OS_M1-P0-L0)

	1 (metallisiert + glatt)		
	Etiketten nicht überlappend	Etiketten überlappend	
		überlappendes Etikett	unterlappendes Etikett
Probe 1	160	140	185
Probe 2	134	138	192
Probe 3	150	151	226
Probe 4	128	139	205
Probe 5	141	168	247
Mittelwert	142,6	147,2	211,0
Standardabweichung	12,7	12,8	25,5
Variationskoeff in %	8,9%	8,7%	12,1%

Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchung bestätigen die Beobachtungen zum Einfluss einer 10 mm überlappenden Verklebung aus Abschnitt 5.6.4. Die Ergebnisse zeigen auch, dass mit der „erweiterten Methode“ der Einfluss der überlappenden Verklebung auf die Ablösezeit bestimmt werden kann.

5.7.4 Bewertung

Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnis

Der in Arbeitspaket 8 durchgeführte Ringversuch hat bestätigt, dass die „modifizierte Methode“ geeignet ist, die Ablösezeit von Papieretiketten im ungünstigsten Anwendungsfall zu bestimmen und gleichzeitig die Schwachstellen der DIN 16524-6 zu beseitigen.

Die „erweiterte Methode“ für überlappende Etiketten sollte ursprünglich ebenfalls durch den Ringversuch validiert werden. Zum Zeitpunkt der Durchführung des Ringversuchs stand die Arbeitsanweisung jedoch noch nicht in Gänze zur Verfügung. Aus diesem Grunde wurde die „erweiterte Methode“ durch eine Versuchsreihe der Forschungsstelle 2 überprüft, die gezeigt hat, dass die „erweiterte Methode“ geeignet ist, um den Einfluss einer überlappenden Verklebung zu bestimmen.

Somit konnten das Ziel dieses Arbeitspakets, die Validierung der „modifizierten und erweiterten Methode“ erreicht werden.

5.8 Arbeitspakete 7 und 9 – „Prozessbezogene Methode“ und Verifikation

5.8.1 Zielstellung

Ziel dieser Arbeitspakete war es, eine „prozessbezogenen Methode“ zu entwickeln, mit der die Ablösezeit unter den im Abfüllbetrieb herrschenden Bedingungen bestimmt werden kann (Arbeitspaket 7). Die mit der „prozessbezogenen Methode“ ermittelten Ablösezeiten sollten durch Versuche mit einer Flaschenreinigungsmaschine verifiziert werden (Arbeitspaket 9).

5.8.2 Material und Methoden

5.8.2.1 Prozessbezogene Methode

Entgegen der Anforderungen an die in Arbeitspaket 6 entwickelte „modifizierte Methode“, die im Wesentlichen die Bedingungen des ungünstigsten Falles für die Etikettenablösung simulieren soll, soll bei der „prozessbezogenen Methode“ die Ablösezeit der Etiketten ermittelt werden, mit der im konkreten Anwendungsfall zu rechnen ist.

Das Prinzip der „prozessbezogenen Methode“ beruht darauf, dass die Reinigungsschritte der zu untersuchenden Flaschenreinigungsmaschine im Labormaßstab nachgebildet werden. Änderungen der Reinigungsparameter, zum Beispiel der Laugentemperatur, oder der Einsatz eines alternativen Klebstoffs bei der Etikettierung, können auf diese Weise in ihren Auswirkungen auf den Ablösezeitpunkt für die entsprechende Flaschenreinigungsmaschine vorhergesagt werden.

Für die „prozessbezogene Methode“ wurde die Arbeitsmethode (vgl. Abschnitt 4.3.2, S. 41) an die Prozessparameter der zu untersuchenden Flaschenreinigungsmaschine angepasst. Sämtliche Änderungen gegenüber der Arbeitsmethode sind in den folgenden Punkten stichpunktartig aufgelistet:

- Sollen durch die „prozessbezogene Methode“ die Auswirkungen von Veränderungen der Reinigungsparameter untersucht werden, so sind die Ablöseversuche mit dem Leergut des Getränkeherstellers durchzuführen. Alternativ können Flaschen auch für die Versuche mit der im Betrieb vorhandenen Etikettiermaschine etikettiert werden, zum Beispiel um die Auswirkungen neuer Etiketten zu untersuchen.
 - Für die hier durchgeführte Untersuchung wurden NRW-Flaschen acht Tage vor dem Ablöseversuch mit $13,6 \text{ g/m}^2$ ST 50 KF und den beiden metallisierten Etikettensorten BP2_OS_M1-P0-L0 (ungeprägt) und BP2_OS_M1-P1-L0 (geprägt) etikettiert.
- Die Ablöseprozedur orientierte sich an den Tauchvorgängen und den Medien in Vorweiche und Laugebecken der zu untersuchenden Flaschenreinigungsmaschine sowie den dort herrschenden Temperaturen.
 - Für die hier durchgeführte Untersuchung, wurde das Reinigungsprogramm Nr. 1, der Innoclean 3-105 EE (vgl. Abschnitt 4.4, S. 63) simuliert. Abbildung 112 zeigt die Temperatur der Medien in der Flaschenreinigungsmaschine (durchgezogene Linie) und die dementsprechend gewählte Temperatur der Medien bei der „prozessbezogenen Methode“ (gepunkteter Pfeil), in Abhängigkeit vom Prozesstakt. Die Taktzeit beträgt bei dem gewählten Reinigungsprogramm 27 Sekunden.
 - Die Vorweiche der etikettierten Flasche wurde durch vollständiges Eintauchen des Etiketts für 108 Sekunden, im 5 Liter Becherglas nachgestellt. Als Medium wurde Flüssigkeit aus der Vorweiche der Flaschenreinigungsmaschine mit ca. $18 \text{ }^\circ\text{C}$ verwendet (siehe ① in Abbildung 112).

Eine anschließende Haltezeit (214 Sekunden) der feuchten Flasche an der Luft, simulierte die Zeit ab Verlassen der Vorweiche, bis zum Eintauchen in das Laugebecken (siehe ②).
 - Unmittelbar danach wurde die Flasche einem weiteren Tauchvorgang in NaOH-Lösung, bei $80 \text{ }^\circ\text{C}$ und 460 min^{-1} der Lauge unterzogen, um die Bedingungen im Laugebecken nachzustellen. Als Medium wurde die 2%ige Lauge aus der Flaschenreinigungsmaschine verwendet (siehe ③).

In zwei Versuchsreihen wurde auf diese Vorweiche und die Haltezeit verzichtet und ausschließlich die Ablösezeit unter den Bedingungen des Laugebeckens bestimmt.

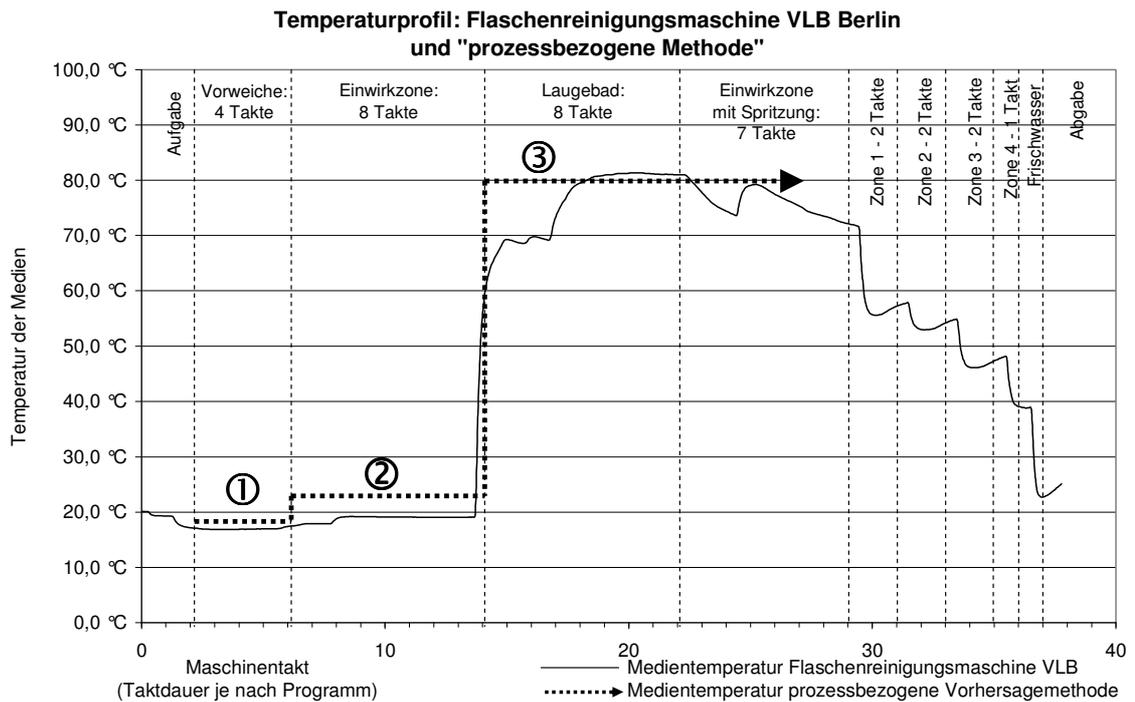


Abbildung 112: Medientemperatur der „prozessbezogenen Methode“ im Vergleich zur Innoclean 3-105 EE

- Die Ablösezeit setzt sich aus der Tauchzeit in der Vorweiche, zuzüglich der Zeit vom Eintauchen in die Lauge, bis zum vollständigen Ablösen des Etiketts, zusammen.

5.8.2.2 Verifikation der „prozessbezogenen Methode“

Die Verifikation der Ablösemethode sollte dadurch erfolgen, dass das mit der „prozessbezogenen Methode“ ermittelte Ablöseverhalten durch das tatsächliche Reinigungsergebnis der Flaschenreinigungsmaschine Innoclean 3-105 EE bestätigt wird.

Hierfür wurden die etikettierten NRW-Flaschen (siehe vorangegangener Abschnitt) mit der Innoclean 3-105 EE, im Reinigungsprogramm Nr. 1 gereinigt. Nach dem Einschieben der Flaschen in die Flaschenkörbe dauert es bei diesem Programm 54 Sekunden, bis die Körbe mit den Flaschen in die Vorweiche eintauchen. Dort verweilen die Flaschen für 108 Sekunden in der Flüssigkeit der Vorweiche. Anschließend werden die feuchten Flaschen an der Luft, in 214 Sekunden zum Laugebecken transportiert. Dort tauchen sie in die rund 2%ige und ca. 80 °C heiße Lauge ein. Die Gesamttauchzeit bei den Versuchen mit Vorweiche betrug 324 Sekunden. Bei den Versuchen ohne Tauchweiche lag die Gesamttauchzeit der Flaschen bei 216 Sekunden.

Zur Bestimmung des Ablösezeitpunktes in der Flaschenreinigungsmaschine, wurden nach jedem Versuch die Rückhaltesiebe vor den Umwälzpumpen geöffnet und die darin enthaltenen Etiketten entfernt und gezählt. Etiketten, die im Hauptlaugebecken abgelöst wurden, fanden sich in den beiden Sieben der Hauptlaugepumpe wieder. Verschleppte Etiketten wurden von den Sieben der vier Spritzzonen aufgefangen.

5.8.3 Ergebnisse

Die „prozessbezogene Methode“ wurde den Gegebenheiten der untersuchten Flaschenreinigungsmaschine angepasst und die maschinellen Vorgänge bei der Reinigung der etikettierten Flaschen auf diese Weise im Labor nachgebildet. Eine Übersicht über die ermittelten Ablösezeiten des geprägten Etiketts BP2_OS_M1-P1-L0 und der ungeprägten Variante BP2_OS_M1-P0-L0, jeweils mit und ohne eine Vorweiche, sind, zusammen mit der jeweiligen Gesamttauchzeit der Flaschen in der Flaschenreinigungsmaschine und dem erwarteten und tatsächlichen Ablöseergebnis, in Tabelle 19 zusammengefasst.

Tabelle 19: Ergebnisse aus Laboruntersuchung und Flaschenreinigungsmaschine (FRM)

Versuch Nr.	Etikettensorte: BP2_OS_M1-Px-L0	Vorweiche (VW)	Ablösezeit nach „prozessbezogener Methode“ (VW + Lauge)	Gesamttauchzeit in der FRM (VW + Lauge)	Erwartetes Ergebnis: Etiketten im Laugebecken	Tatsächliches Ergebnis*:	
						Etiketten im Laugebecken	Verschleppte Etiketten
1	$x = 0$	Ja	263 s (108 s + 155 s)	324 s (108 s + 216 s)	100 %	70 %	30 %
2	$x = 1$	Ja	214 s (108 s + 106 s)	324 s (108 s + 216 s)	100 %	100 %	0 %
3	$x = 0$	Nein	274 s (0 s + 274 s)	216 s (0 s + 216 s)	Verschleppung	72 %	28 %
4	$x = 1$	Nein	142 s (0 s + 142 s)	216 s (0 s + 216 s)	100 %	78 %	22 %

* $n_{\text{Versuch Nr. 1}} = 60$; $n_{\text{Versuch Nr. 2}} = 30$; $n_{\text{Versuch Nr. 3}} = 60$; $n_{\text{Versuch Nr. 4}} = 40$;

Diskussion

Das erwartete Ergebnis, eine 100%igen Ablösung der Etiketten im Laugebecken der Innoclean 3-105 EE oder die Verschleppung von Etiketten in den Spritzbereich der Flaschenreinigungsmaschine, konnte nur in den Versuchen Nr. 2 und 3 bestätigt werden.

Bei Versuch Nr. 1 und 4 war ebenfalls eine 100%ige Ablösung der Etiketten im Laugebecken erwartet worden. Die tatsächliche Ablösungsrate betrug jedoch lediglich 70 % beziehungsweise 78 %. Eine mögliche Erklärung hierfür bieten der Aufbau und das Temperaturprofil des Laugebeckens, das in drei Bereiche eingeteilt werden kann. Im ersten Bereich (vgl. Nr. 3.1 in Abbildung 68 auf S. 65; Verweilzeit der Flaschen: 4 Takte – 108 s) tauchen die etikettierten Flaschen in die Lauge ein. Die Umwälzung der Lauge und die damit verbundene mechanische Reinigungskomponente sind in diesem Bereich jedoch sehr gering. Hinzu kommt, dass die Laugentemperatur, die ebenfalls mit der geringen Umwälzung in diesem Bereich zusammenhängt, während dieser ersten vier Takte im Laugebecken geringer ist, als im zweiten Bereich des Laugebeckens (vgl. Abbildung 69, S. 67). In diesem zweiten Bereich (Nr. 3.2 in Abbildung 68; Verweilzeit: 2 Takte – 54 s) wird die Lauge mit Düsen durch die Flaschenzellen gedrückt und dabei stark umgewälzt. Löst sich das Etikett in dieser Zone von der Flasche, wird es mit hoher Wahrscheinlichkeit aus der Zelle ausgetragen und in den Rückhaltesieben aufgefangen. Nach dieser Zone verweilen die Flaschenkörbe für weitere zwei Takte (Nr. 3.3) im Laugebecken. Die Körbe werden jedoch bereits umgelenkt und bewegen sich nach oben. Ein weiteres Durchspülen der Körbe mit Lauge findet hier nicht weiter statt. Etiketten, die sich zu diesem Zeitpunkt im Laugebecken ablösen, werden eventuell nicht mehr aus den Kör-

ben ausgetragen und in die Spritzzone verschleppt, obwohl sie sich noch im Laugebecken abgelöst haben.

In Tabelle 20 ist die Differenz zwischen der Gesamttauchzeit bis zum Ende der Düsenphase (Nr. 3.2) und der vorhergesagten Ablösezeit angegeben. Bei den Versuchen Nr. 1 und 4 wurden, nach dieser Berechnung, die Etiketten 8 Sekunden beziehungsweise 20 Sekunden vor dem Verlassen der durchströmten Zone abgelöst. Dies würde bedeuten, dass immer noch ausreichend Zeit für den Austrag der Etiketten zur Verfügung stand. Zieht man jedoch in Betracht, dass es sich bei der erwarteten Ablösezeit um einen Mittelwert handelt und die einzelnen Ablösezeiten zum Teil erheblichen Schwankungen unterliegen, so wird klar, dass auch in diesen beiden Fällen mit Verschleppungen zu rechnen war. Dabei war zu erwarten, dass, aufgrund der geringeren Zeit zum Ausschwemmen, bei Versuch Nr. 1 eine höhere Verschleppung verursacht wird, als bei Versuch Nr. 4. Diese Erwartung konnte durch die Versuche bestätigt werden.

Bei Versuch Nr. 2 wurde eine 100%ige Ablösung erwartet, die auch von den Versuchen in der Flaschenreinigungsmaschine bestätigt wurde. Die errechnete Differenz zwischen prognostizierter Ablösezeit und Gesamttauchzeit bis zum Ende der Düsenphase von 56 Sekunden war scheinbar ausreichend, um auch die Schwankungen in der Ablösezeit auszugleichen.

Fazit:

Werden die strömungsfreie Zone der Flaschenreinigungsmaschine und die Schwankungen in der Ablösezeit einzelner Etiketten berücksichtigt, so stimmen die Erwartungen aus der „prozessbezogenen Methode“ mit dem tatsächlichen Ablöseverhalten in der untersuchten Flaschenreinigungsmaschine überein.

Tabelle 20: Zeit zum Austragen abgelöster Etiketten

Ver- such Nr.	Etikettensorte: BP2_OS_M1-Px-LO	Vorweiche	Ablösezeit nach „prozessbezogener Methode“	Gesamttauchzeit bis zum Ende der Dü- senphase	Differenz
1	P = 0	Ja	263 s ($n = 4; s = 14,3$)	270 s	7 s
2	P = 1	Ja	214 s ($n = 5; s = 20,0$)	270 s	56 s
3	P = 0	Nein	274 s ($n = 3; s = 49,0$)	162 s	- 112 s
4	P = 1	Nein	142 s ($n = 3; s = 10,0$)	162 s	20 s

5.8.4 Bewertung

Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnis

Die im vorherigen Abschnitt diskutierten Ergebnisse haben gezeigt, dass es prinzipiell möglich ist, mit der hier vorgestellten „prozessbezogenen Methode“ das Ablöseverhalten einer Etikettensorte in der Flaschenreinigungsmaschine vorherzusagen. Die Ziele der beiden Arbeitspakete, die Entwicklung einer „prozessbezogenen Methode“ (Arbeitspaket 7) und deren Verifikation durch Ablöseversuche in einer Flaschenreinigungsmaschine (Arbeitspaket 9), wurden somit erreicht.

Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass die Entwicklung einer solchen „prozessbezogenen Methode“ für eine Flaschenreinigungsmaschine, die Kenntnis der Tauchzeiten der Flaschen in den einzelnen Becken und der in den Becken herrschenden Prozessparameter sowie der Strö-

mungsverhältnisse voraussetzt. Je nach Größe und Aufbau der Flaschenreinigungsmaschinen kann sich eine weitaus komplexere Arbeitsanweisung ergeben, als dies bei der hier verwendeten Einendmaschine Innoclean 3-105 EE mit einem Laugebecken der Fall war. Mit zunehmender Komplexität wird jedoch auch die Ungenauigkeit der ermittelten Ablösezeit zunehmen, die eine Interpretation der Ergebnisse erschweren wird.

6 Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnissen

6.1 Zielsetzung

Mit dem IGF-Vorhaben 15343 N „Ablöseverhalten von Getränkeflaschen-Etiketten aus Papier“ sollte die Wettbewerbsfähigkeit von kleinen und mittleren Brauereien und Getränkeherstellern durch die Ermöglichung einer marktgerechten Flaschenausstattung, verbessert werden. Ein weiteres Ziel war die Verringerung der Umweltbelastung durch Minimierung des Chemikalien- und Energieverbrauchs.

Grundvoraussetzung hierfür ist, dass den Unternehmen Prüfverfahren zu Verfügung stehen, mit denen das Ablöseverhalten der bei der Etikettierung eingesetzten Packhilfsmittel während der Flaschenreinigung spezifiziert und kontrolliert werden kann. Die DIN 16524-6 [25], mit der die Ablösezeit von Etiketten bislang bestimmt wird, ist in ihrer jetzigen Form für diese Aufgabe nicht geeignet.

Vor diesem Hintergrund verfolgte das Forschungsvorhaben die folgenden wissenschaftlich-technischen Ziele:

- 1) Bereitstellung einer **Datensammlung** für die Brau- und Getränkeindustrie sowie für deren Zulieferindustrie (Papier-, Etiketten- und Klebstoffhersteller), die das Ablöseverhalten von Papieretiketten in Abhängigkeit der wichtigsten Einflussgrößen beschreibt.
- 2) Entwicklung einer **modifizierten und erweiterten Methode**, mit der das Ablöseverhalten von Papieretiketten in Flaschenreinigungsmaschinen, sowohl von Rumpf- und Rückenetiketten als auch von überlappenden Halsringetiketten, unter standardisierten Bedingung reproduzierbar bestimmt werden kann.
- 3) Erweiterung der entwickelten Methode zu einer **prozessbezogenen Methode**, bei der die im Abfüllbetrieb herrschenden Bedingungen bei der Bestimmung der Ablösezeit mit berücksichtigt werden.

6.2 Ergebnisse

In Arbeitspaket 1 (AP 1) wurde eine Datensammlung über die in Abfüllbetrieben zur Flaschenreinigung eingesetzten Maschinen- und Reinigungsparametern erstellt. Diese Informationen bildeten die Grundlage für die Bestimmung des Einflusses der Papieretiketten (AP 2), der Reinigungsparameter und Additive (AP 3) sowie der Etikettierklebstoffe (AP 4) auf das Ablöseverhalten der Etiketten.

Basierend auf den Erkenntnissen der Arbeitspakete 2 bis 4, sind drei neue Methoden zur Bestimmung der Ablösezeit entwickelt worden. In Arbeitspaket 6 waren dies die „modifizierte Methode“ und die „erweiterte Methode“. Die „modifizierte Methode“ ermöglicht es, die Ablösezeit von Papieretiketten im denkbar ungünstigsten Anwendungsfall zu ermittelt und ist daher besonders für die Spezifikation von Etiketten beziehungsweise für die Wareneingangskontrolle geeignet. Sie soll zu einem späteren Zeitpunkt die DIN 16524-6 ersetzen. Die „erweiterte Methode“ ergänzt die „modifizierte Methode“ um die Möglichkeit, den Einfluss der überlappenden Verklebung bei Halsringetiketten auf die Ablösezeit zu bestimmen. Dies ist

mit der DIN 16524-6 nicht möglich. Eine „prozessbezogene Methode“ wurde in Arbeitspaket 7 entwickelt, mit der sich ein gegebenenfalls vorhandenes Optimierungspotential bei der Flaschenreinigung identifizieren lässt und mit der sich die Änderungen der Ablöseigenschaften beim Wechsel einzelner Komponenten der Nassetikettierung, wie zum Beispiel der Papiersorte oder des Etikettierklebstoffs, abschätzen lassen. Die drei neuen Methoden wurden durch einen Labor- und einen Ringversuch (AP 8) sowie durch praktische Versuche in einer Flaschenreinigungsmaschine (AP 9) verifiziert.

Die Untersuchungsergebnisse der Ablöseigenschaften von Etiketten, Klebstoffen und Reinigungsparametern (AP 2 bis AP 4) wurden in diesem Schlussbericht ausführlich dargestellt und diskutiert. Zusätzlich wurden die Versuchsergebnisse in aufbereiteter Form im Anhang dieses Berichts, als Datensammlung (AP 5), den Unternehmen zur Verfügung gestellt.

Im ursprünglichen Forschungsantrag war für das Arbeitspaket 5 die Entwicklung eines Simulationstool vorgesehen. Dieses Simulationstool sollte in Arbeitspaket 10, durch Versuche in einer Flaschenreinigungsmaschine verifiziert werden. Von der GAG 2 wurde in ihrer Stellungnahme vom 20.02.2007 gefordert, das Simulationstool gegen eine Datensammlung auszutauschen, die die Versuchsergebnisse in aufbereiteter Form ersetzt. Durch die Änderung der GAG 2 wurde die Durchführung des Arbeitspakets 10 in seiner beantragten Form vom Projektbegleitenden Ausschuss als unzumutbar erachtet (1. Treffen am 15. November 2007, Brau Bevale, Nürnberg). Die für das Arbeitspaket 10 vorgesehene Arbeitszeit wurde daher für die zahlreichen zusätzlichen, vom Projektbegleitenden Ausschuss angeregten Ergänzungsuntersuchungen in den Arbeitspaketen 2 bis 4 eingesetzt (siehe zum Beispiel Abschnitte 5.2.2, 5.4.1 und 5.4.3.2.4).

Fazit:

Die erzielten Ergebnisse entsprechen in allen Arbeitspaketen, bis auf die vom Projektbegleitenden Ausschuss angeregten Veränderungen für Arbeitspaket 10, den Zielsetzungen des ursprünglichen Forschungsantrages. Die unmittelbare Gegenüberstellung von Zielsetzung und Ergebnis eines jeden Arbeitspaketes erfolgte für jedes Arbeitspaket individuell, in den Abschnitten „Bewertung“.

Mit Bereitstellung der „modifizierten und erweiterten Methode“ in Arbeitspaket 6 und der „prozessbezogenen Methode“ in Arbeitspaket 7 sowie der Datensammlung im Anhang dieses Berichts, wurden alle wirtschaftlichen und wissenschaftlich-technischen Ziele dieses IGF-Vorhabens erfolgreich umgesetzt.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

6.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit entspricht, bis auf die Änderungen durch den Projektbegleitenden Ausschuss, in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

6.4 Wichtige Positionen im zahlenmäßigen Nachweis

Wissenschaftliches Personal

Das wissenschaftliche Personal wurde wie im Arbeitsdiagramm vorgesehen eingesetzt. Für die Änderungen und die Zusatzuntersuchungen, die durch den Projektbegleitenden Ausschuss angeregt wurden, wurde das in Arbeitspaket 10 vorgesehene Personal eingesetzt. Die Mittel für das Personal wurden gemäß den Einzelansätzen der Bruttogehälter ausgegeben.

Ausgaben für Gerätebeschaffung

Für die Durchführung der Etikettierversuche ab Arbeitspaket 3, wurde eine halbautomatische Etikettiermaschine vom Typ LANGGUTH E 98/2 erworben. Liefertermin: 10.12.2007, Warenwert: 12.831,59 €, inklusive Speditionskosten.

7 Nutzen der erzielten Ergebnisse

Die Ergebnisse können nicht nur von Brauereien genutzt werden. Sie haben auch einen positiven Effekt auf andere Industriezweige, die etikettierte Mehrweggebinde einsetzen, vor allem Abfüller von Wasser, Säften, Milch und anderen alkoholfreien Getränken.

7.1 Wissenschaftlich-technischer Nutzen für KMU

Die Ergebnisse sind für die Getränkeindustrie eine wesentliche Hilfe bei der Vermeidung von Fehlern bei Flaschenetikettierung und Etikettenablösung. Die Ergebnisse können aber nicht nur vom Ernährungsgewerbe sondern auch von Papierherstellern, Papierveredlern, Metallisierern und Klebstoffherstellern genutzt werden:

- **Herstellung der Etiketten:** Insbesondere die Metallisierung von Etiketten wirkt sich verlängernd auf die Ablösezeit aus. Die Erkenntnisse aus dem Projekt, vor allem in Arbeitspaket 2, sind für Sie von Nutzen, um die Auswirkungen der einzelnen Verarbeitungsstufe bei der Herstellung von Getränkeflaschenetiketten aus Papier auf das Ablöseverhalten besser zu verstehen. Damit können Sie die Getränkeabfüller gezielt mit Papieretiketten versorgen, die deren Ansprüchen gerecht werden.
- **Einfluss des Etikettenleims:** Die am Markt erhältlichen Etikettierklebstoffe konnten vor allem in Arbeitspaket 4 in Bezug auf das Ablöseverhalten von Papieretiketten charakterisiert werden. Somit können Klebstoffe formuliert werden, die einerseits eine hinreichende Haftung auch unter schwierigen Bedingungen (z. B. eiswasserfester Klebstoff) zeigen, sich auf der anderen aber auch wieder gut ablösen lassen.
- **Getränkeindustrie:** Sie profitiert von einem breiten und fundierten Verständnis der Zusammenhänge zwischen verwendeten Etikettenpapier bzw. Etikettierklebstoff, Etikettiertechnik und Waschmaschinenparameter auf die Ablösezeiten. Etikettenbedingte Stillstände der Abfüllanlage können dadurch auf ein Minimum reduziert werden.
- **Überarbeitete Norm:** Es wurde der Entwurf einer erweiterten und modifizierten Methode erarbeitet, der den Projektteilnehmern jetzt schon zur Verfügung steht. Andere Getränkeabfüller sowie Hersteller von Packmitteln werden im Laufe eines Jahres durch entsprechende Fachpublikationen über die Projektergebnisse informiert. Die KMU können den Test selbst durchführen bzw. von den beteiligten Forschungseinrichtungen als Dienstleistung in Anspruch nehmen.

7.2 Wirtschaftlicher Nutzen für KMU

Die Ergebnisse des Projekt helfen den KMU-Brauereien, die Problematik nicht abgelöster Etiketten, die insbesondere mit der Einführung der so genannten Long-Neck-Flasche mit werbewirksamen metallisierten Halsringetiketten verbunden ist, zu bewältigen und im attraktiven Hochpreissegment wettbewerbsfähig zu bleiben. Durch Vermeiden einer zweimaligen Reini-

gung kann – neben Umweltaspekten – der thermische und elektrische Energie- sowie der Wasserverbrauch reduziert und damit Verbrauchskosten eingespart werden. Der Einspareffekt liegt in der Größenordnung von 100.000 t Wasser und 20.000 GJ Primärenergieverbrauch pro Jahr.

7.3 Innovativer Beitrag der Ergebnisse

Mit den Ergebnissen des Projekts kann der Einfluss jedes Prozessschrittes der Etikettenherstellung quantifiziert werden. Den Etikettenzulieferern wird ein Kontrollinstrument zur Verfügung gestellt, mit dem ein schlechtes Ablöseverhalten vorhersagbar ist. Damit ist letztendlich vor allem den Abfüllbetrieben geholfen, da sie von den Zulieferern Etiketten zur Verfügung gestellt bekommen, die sich in der Flaschenreinigungsmaschine auch bei überlappenden Etiketten restlos von den Flaschen entfernen lassen.

Die Ergebnisse können von den Abfüllbetrieben genutzt werden, um ihre Prozessbedingungen bei der Flaschenreinigung auf ein neues Etikett abzustimmen, beziehungsweise überprüfen lassen, ob sich ein neues Etikett mit den gegebenen Bedingungen restlos von den Flaschen entfernen lässt.

Die bestehende DIN 16524-6 liefert, aufgrund der zahlreichen, von Hand ausgeführten Arbeitsschritte, keine befriedigende Wiederhol- und Vergleichbarkeit. Darüber hinaus ist die Aussagekraft der Ergebnisse nach DIN 16524-6 gerade bei Etiketten mit hohen Ablösezeiten stark eingeschränkt. Die Ergebnisse können daher nicht als Spezifikationsmerkmal eingesetzt werden. Durch die neu entwickelte Methode konnten diese Unsicherheitsfaktoren beseitigt und die Ergebnisse, in Bezug auf Messgenauigkeit, verbessert werden. Erst dadurch und durch einen stärkeren Praxisbezug ist es jetzt möglich, die Ergebnisse als nachprüfbares Spezifikationsmerkmal zu nutzen. In der „modifizierten Methode“ werden diese Unzulänglichkeiten durch eine klare Definition der Randbedingungen beseitigt. Zudem wurden, durch die „erweiterte Methode“, die besonderen Gegebenheiten der überlappenden Verklebung mit berücksichtigt.

7.4 Industrielle Anwendungsmöglichkeiten

Die Getränkeindustrie sowie deren Zulieferer (Papierhersteller, Papierveredler, Metallisierer, Klebstoffherstellern) benötigen Prüfmethode, mit denen sie ihre Packmittel bewerten können und die als Grundlage für die Verbesserung der Systeme dienen. Die von ihnen ermittelten Kennwerte spezifizieren die Materialien und dienen den Abfüllern als Werkzeug zur Auswahl geeigneter Verpackungsmaterialien.

Bezüglich Etikettierung ist die DIN 16524-6 in der jetzigen Form nicht geeignet, die neue Packmittel (Etiketten und Etikettierklebstoff) hinreichend zu charakterisieren. Nur mit normierten Kennwerten für die Etikettierung ist es möglich, das Eigenschaftsprofil von Etikettenpapier und Etikettierklebstoff für Getränkeabfüller und deren Zulieferer transparent zu ges-

talten. Die neu entwickelte Prüfmethode wird diesen Anforderungen gerecht. Die Erkenntnisse aus diesem Projekt sollen in einen ersten Normentwurf münden.

7.5 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die Nutzung der Ergebnisse erfolgt gemäß Vordruck [4.1.23] in den Fachgebieten Rohstoffe, Werkstoffe, Materialien, Verfahrenstechnik und Produktion und gemäß Vordruck [4.1.24] in den Wirtschaftszweigen Ernährungsgewerbe bzw. Papier, Verlags- und Druckgewerbe.

Etikettenhersteller werden die Ergebnisse bei Neuentwicklungen von Flaschenausstattungen nutzen. Die Brauereien bzw. Abfüllbetriebe werden Probleme im täglichen Abfüllbetrieb vermeiden, dadurch dass sie Leim, Etiketten und Waschmaschinenparameter in Bezug auf Praxisbedingungen beurteilen können. Die Forschungseinrichtungen schließlich nutzen die Ergebnisse in Form von Dienstleistungen, bei der Lehre, Publikationen und Vorträgen.

7.6 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der KMU

In Deutschland gibt es etwa 1300 Brauereien mit einem Gesamtjahresumsatz von 8,2 Mrd. € und 33.000 Beschäftigten. Über 90 % aller deutscher Brauereien – also etwa 1200 Betriebe – sind KMU. Aufgrund struktureller Probleme und einer mangelnden Wettbewerbsfähigkeit mussten in den letzten 20 Jahren viele KMU-Brauereien schließen. Die Gründe sind Absatzschwierigkeiten, Effizienzprobleme, veraltete technische Ausstattung und falsche Marketingstrategien. Es ist offensichtlich, dass KMU-Brauereien sich in einer kritischen Phase befinden. Bei einem scharfen Preiswettbewerb in der Branche sind sie nicht in der Lage, sich bei der Werbung gegen die großen Global Player durchzusetzen. Das effektivste Marketinginstrument, das sie nutzen können, ist die Produktpräsentation (Flaschenausstattung) und die bekanntlich hohe Produktqualität der KMU-Brauereien. Da sie bei der Listung großer Handelsketten nicht gegen die großen Brauereien konkurrieren können, müssen sie sich auf lokale und regionale Bierspezialitäten konzentrieren. In diesem Zusammenhang sind Etiketten das wichtigste Marketinginstrument der KMU-Brauereien. Nur durch die Etikettierung können die verschiedenen Biere unterschieden werden. Dies trifft insbesondere für Bier zu, das in Deutschland zu 90 % in ökologisch vorteilhaften Mehrweggebinden vertrieben wird. Alle KMU-Brauereien beteiligen sich an einem der gängigen Flaschenpoolsysteme. Nur die großen Brauereien sind technisch und wirtschaftlich in der Lage eigene Individualflaschen hochpreisig zu vertreiben. Zum Beispiel ist die Nutzung der schlankeren und eleganteren Long-Neck-Flaschenform eine wichtige Option, um sich dennoch im Hochpreissegment etablieren zu können.

Durch die Projektergebnisse wurden ihnen folgende Ergebnisse zur Verfügung gestellt:

- Quantifizierung der Einflussfaktoren von Etiketten, Leim und Maschinenparameter auf das Ablöseverhalten und damit Reaktionsmöglichkeiten für die tägliche Praxis.

- Eine breite Kenntnis der Einflussfaktoren, die die Vorhersage des Ablöseverhaltens von Papieretiketten ermöglicht.
- Eine modifizierte und erweiterte Norm, samt Testapparatur, zur messtechnischen Erfassung des Ablöseverhaltens von Papieretiketten und zur Überprüfung der Spezifikation.

8 Veröffentlichungen

8.1 Bisherige Veröffentlichungen

Verschiedene Stadien des Forschungsvorhabens wurden der interessierten Öffentlichkeit in der Bundesrepublik Deutschland und Fachleuten aus der Getränkeindustrie durch folgende Veranstaltungen zugänglich gemacht.

- 96. Brau- und Maschinentechnische Arbeitstagung der VLB Berlin
11.03.2009 in Nürnberg; Vortrag
Titel: Papieretiketten & No-Label-Look – Ablöseverhalten von Flaschenetiketten aus Papier und Folie
- 32. EBC Congress
10. – 14.05.2009 in Hamburg, Poster
Titel: New Insights in Label Removal

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

8.2 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 den Homepages der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V. und des Fraunhofer-Instituts für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) 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. und des Fraunhofer-Instituts für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) zum Download bereitgestellt.

Weitere Transfermaßnahmen

Eine weitere Veröffentlichung der Ergebnisse in der klassischen Form ist auch sechs Monate nach Ende des Bewilligungszeitraums, in Form einer mehrteiligen Publikation, in einer in der Brau- und Getränkeindustrie bekannten Fachzeitschrift geplant. Ein Erscheinungstermin steht noch nicht fest.

Über die VLB Berlin werden die Forschungsergebnisse des Weiteren 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. Unter anderem vorgesehen ist das BrauRing-Seminar der VLB Berlin, das speziell für klein- und mittelständische Unternehmen ausgerichtet wird.

Durch das IVV ist geplant, die Ergebnisse über Vorträge auf dem „Technologischen Seminar“ und dem „Flaschenkellerseminar“ in Freising-Weihenstephan weiterzugeben.

Beide Forschungsstellen werden die Ergebnisse in die Lehre der TU Berlin beziehungsweise TU München einfließen lassen.

Aufgrund der Ergebnisse wird dem Normenausschuss die Überarbeitung der bestehenden DIN 16524-6 vorgeschlagen werden.

Bei jeder der geplanten Veröffentlichungen wird darauf hingewiesen werden, dass das IGF-Vorhaben 15343 N, der Forschungsvereinigung Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V., Seestraße 13, 13353 Berlin, über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wurde.

9 Durchführende Forschungsstellen

Forschungsstelle 1:

Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin e.V. (VLB)

Forschungsinstitut für Maschinen- und Verpackungstechnik / Verpackungsprüfstelle

Seestraße 13, 13353 Berlin

Leiter der Forschungsstelle 1: Dr.-Ing. J. Fontaine

Projektleiter: Dr.-Ing. Georg Wenk / Dipl.-Ing. Ingrid Weber

Forschungsstelle 2:

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV)

Giggenhauser Straße 35, 85354 Freising

Leiter der Forschungsstelle 2: Univ. Prof. Dr. rer. nat. Horst-Christian Langowski

Projektleiter: Dr. rer. nat. Klaus Noller / Dr.-Ing. Kajetan Müller

Berlin, den 25. Januar 2010

Ort, Datum

10 Anhang

10.1 Literaturhinweise

- 1 AGENTUR BRENNECKE: Papier-Glossar. URL.: <http://www.agentur-brennecke.de/papier-glossar/>, 2007-12-16. – Firmenschrift
- 2 ARCOTEST GMBH: Testtinten zur Prüfung der Oberflächenenergie. Mönshelm. – Firmenschrift
- 3 BAGO, S.: Der Klebevorgang. Bad Wurzach: Saint Gobain Oberland Glas AG, 2000
- 4 BIEBELRIEDER KREIS (Hrsg.): Qualitätssichernde Maßnahmen : Qualitätssichernde Maßnahmen für die Getränkeverpackung, Etikettierung und Flaschenausstattung. Düsseldorf : Biebelrieder Kreis, 2004
- 5 BOLTE, Andreas: Klebstoffe für die Flaschenetikettierung : Wichtige Zusammenhänge aus anwendungstechnischer Sicht. In: Brauindustrie (2007), Nr. 7, S. 13–17
- 6 BRECHT, W. ; HILDEBRAND, W.: Über die Flächenbeständigkeit der Papiere. In: Das Papier 14 (1960), Nr. 10A, S. 610–624
- 7 BRECHT, W.: Über das Dimensionsverhalten von Papier. In: Cellulose, Chemie und Technologie (1969), Nr. 3, S. 657–674
- 8 BÜCKLE, Jörg ; LEYKAMM, Dieter: Handbuch der Etikettiertechnik : Grundlagen und Praxis erfolgreicher Produktausstattung. 6. Aufl. Neutraubling : V. Kronseder, 2001
- 9 DE PUISEAU, M. ; SCHEMP, W.: Der Einfluss von Faserstoff und Hilfsmitteln auf die Blattbildung. In: Wochenblatt für Papierfabrikation 122 (1994), Nr. 3, S. 78–82
- 10 DEGENKOLB, Daniela: Klebstoffe. URL.:<http://www.old.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/klebstoffe/klebstoffe.htm>, 2007-12-26. – WS 2000/2001
- 11 DEISTER, Heinz-Peter: Ablösen von Etikettenpapieren in der Lauge. In: Tagungsschrift 12. Flaschenkellerseminar. Freising : Technische Universität München, Lehrstuhl für Lebensmittel und Verpackungstechnik, 2005
- 12 DEUTSCHER BRAUER-BUND E.V. (Hrsg.) ; INDUSTRIEVERBAND KLEBSTOFFE E.V. (Hrsg.) ; VERSUCHS- UND LEHRANSTALT FÜR BRAUEREI IN BERLIN E.V. (Hrsg.): Spezielle Technische Liefer- und Bezugsbedingungen (STLB) für Etikettierklebstoffe. Bonn, 2000
- 13 DEUTSCHER BRAUER-BUND E.V. (Hrsg.) ; VERSUCHS- UND LEHRANSTALT FÜR BRAUEREI IN BERLIN E.V. (Hrsg.) ; BUNDESVERBAND DRUCK E.V. (Hrsg.): Spezielle Technische Liefer- und Bezugsbedingungen (STLB) für Getränkeflaschen-Etiketten aus Papier. Bonn 1998
- 14 EMCO ELEKTRONISCHE MEß- UND STEUERUNGSTECHNIK GMBH: EmcoDPM Ultraschall – Transmissionsmessung. (2007). URL.: http://www.emco-leipzig.com/deutsch/DPM/PDF/emco_dpm_deu.pdf, 2007-12-17. – Firmenschrift

- 15 EMCO ELEKTRONISCHE MEß- UND STEUERUNGSTECHNIK GMBH: Betriebsanleitung : Dynamisches Penetrationsmessgerät DPM 30. Leipzig, 1999. – Firmenschrift
- 16 ERHARD, Klaus ; FIEDLER, Manuela ; KRETZSCHMAR, Jens: Verbesserung der Dimensionsstabilität von Papier durch gezielte Auswahl und Aufbereitung der Faserstoffe. URL.: http://www.ptspaper.de/live/dokukategorien/dokumanagement/psfile/file/85/AiF_1391644716286708af.pdf, 2007-12-17. – Forschungsbericht. PTS. 2006
- 17 HIRTH, Andreas ; WÖHRLE, Dieter: Klebstoffe : Schülerlabor Chemie. Nr. 7. Bremen : Universität Bremen, Institut für Organische und Makromolekulare Chemie. URL.: <http://www.chemie.uni-bremen.de/woehrle/Schuelerlabor-Klebstoffe.pdf>, 2007-12-26
- 18 KANNING, Reiner: Ausreißertest nach Grubbs. URL.: <http://www.neugrad.de/statistik/ausreisser/ausreisser.html>, 2010-01-21
- 19 KNETTEL, Kristof: Was geht ab? – Ablöseverhalten von Etiketten in der Flaschenwaschmaschine. In: Brauindustrie (2009), Nr. 10, S. 42–45
- 20 KOMPETENZFORUM GETRÄNKEBEHÄLTER: Praxis-Handbuch für die Reinigung von Mehrwegflaschen aus Glas oder PET. 2. Aufl. Berlin : Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V., 2005
- 21 KOWOL, Stefanie: Klebstoffe : Protokoll zum Experimentalvortrag. URL: http://www.chids.de/dachs/expvotr/698Klebstoffe_Kowol.doc, 2007-12-30
- 22 KUNZE, Wolfgang: Technologie Brauer und Mälzer. 9. Aufl. Berlin : Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V., 2007
- 23 MANGOLDT, Christine: Auf den Leib geschnitten : Etikettenpapiere müssen den unterschiedlichsten Anforderungen genüge leisten. In: Getränkeindustrie (1999), Nr. 7, S. 399–400
- 24 NACHTSHEIM, Franz: Qualität ganz oben : Verschlussinspektion für Flaschen sichert die Produktqualität. In: Brauindustrie (2001), Nr. 7, S. 26–29
- 25 Norm DIN 16524-6 2000. Widerstandsfähigkeit gegen verschiedene physikalische und chemische Einflüsse – Teil 6: Verhalten von Getränkeflaschenetiketten gegen heiße Reinigungslauge, Laugendurchdringung und Ablösezeit
- 26 Norm DIN 8539-8 2003. Fertigungsverfahren Fügen
- 27 Norm DIN EN 20187 1993. Normalklima für die Vorbehandlung und Prüfung und Verfahren zur Überwachung des Klimas und der Probenvorbehandlung
- 28 OKSANEN, T. ; BUCHERT, J. ; VIIKARI, L.: The role of hemicelluloses in the hornification of bleached kraft pulps. In: Holzforschung 51 (1997), Nr. 4, S. 355–360
- 29 SANDT, Erwin ; KARL, Josef: Wässrige Etikettierklebstoffe : Grundlagen und aktuelle Entwicklungen. In: Tagungsschrift. Überlingen : Kompetenzforum Getränkebehälter, 2007

- 30 SCHILDMANN, Egon: Funktionale Zusammenhänge : Wirkungszusammenhänge bei der Etikettierung mit Etiketten aus Papier. In: Getränkeindustrie (2002), Nr. 6, S. 30–33
- 31 SCHILDMANN, Egon: Wirkungszusammenhänge bei der Etikettierung mit Etiketten aus Papier. In: Der Mineralbrunnen (2002), Nr. 7, S. 258–263
- 32 SCHIMLECK, L. R. ; WRIGHT, P. J. ; MICHELL, A. J. ; WALLIS, A. F. A.: Near-infrared spectra and chemical composition of *E. globulus* and *E. nitens* plantation woods. In: *Appita Journal* 50 (1997), Nr. 1, S. 40–46
- 33 SCHOELLER & HOESCH GMBH & CO. KG: Metallisierte Produkte : Glanzleistung für einen brillanten Auftritt. URL.: http://gr4410.x.modix.de/go.to/modix/now/de_metallized_produc.html, 2007-12-16. – Firmenschrift
- 34 SCHUHMACHER, Alex: Die vier Säulen der Stanzbarkeit. In: Tagungsschrift Fachtagung Etikettierung in der Getränkeindustrie. Berlin : Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V., Forschungsinstitut für Maschinen und Verpackungstechnik, 2006
- 35 SEIDEL, Bernd: Das Phänomen der selbsterregten Schwingungen in der Technik. 1. Aufl. Hamburg : Kovač, 1996
- 36 TREIBER, Karl: Glas und PET : Verpackungsmaterialien im Vergleich. In: *Der Doemensianer* (2001), Nr. 4, S. 22–26
- 37 VORWERK, Bernd ; Ratemann, Martin ; Hausfeld, Reiner (Hrsg.): *Natur bewusst. 9/10 NRW*. Verlag : Westermann Schulbuchverlag, 2002
- 38 WENK, Georg: AiF – Forschungsprojekt : Vermeidung von Faltenbildung bei der Nassetikettierung im Mehr- und Einwegbereich von Getränkeflaschen. In: Tagungsschrift 12. Flaschenkellerseminar. Freising : Technische Universität München, Lehrstuhl für Lebensmittel und Verpackungstechnik, 2005
- 39 WENK, Georg ; WEBER, Ingrid ; ORZINSKI, Martin: Ablöseverhalten von Getränkeflaschen-Etiketten aus Papier von Glas-Mehrwegflaschen. In: *Brauwelt* (2006), Nr. 31-32, S. 922–925
- 40 ZWILLING, Michael: Neue Möglichkeiten in der Etikettiertechnik. In: Tagungsschrift 12. Flaschenkellerseminar. Freising : Technische Universität München, Lehrstuhl für Lebensmittel und Verpackungstechnik, 2005
- 41 o.V.: Adhäsion. URL.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Adhäsion>, 2008-01-02
- 42 o.V.: Klebstoffe. URL.: <http://www.burg100.de/archiv/ProWoWa/KursCD/Inhalt/Klebstoffe1.html#Kraefte>, 2007-12-30
- 43 o.V.: Kohäsion (Chemie). URL.: [http://de.wikipedia.org/wiki/Kohäsion_\(Chemie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Kohäsion_(Chemie)), 2008-01-02
- 44 o.V.: o.T.. URL: http://berichte.basf.de/de/?id=2hX-PAd_tcbp2Ka, 2007-06-18
- 45 o.V.: Quelle unbekannt

10.2 Abkürzungen und Symbole

°C	Grad Celsius
A	Fläche
AP	Arbeitspaket
BP	Basispapier
ca.	cirka
cm	Zentimeter
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DIN	Deutsches Institut für Normung
Fl/h	Flaschen pro Stunde
FRM	Flaschenreinigungsmaschine
g/m ²	Gramm pro Quadratmeter
HNZ	Haftnotizzettel
KD	Kein Druck
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
Lx	Lackierung
Leitw.	Leitwert
min ⁻¹	Umdrehungen pro Minute
M	Massenbelegung
Mx	Metallisierung
mg/l	Milligramm pro Liter
mind.	mindestens
ml/Fl	Milliliter pro Flasche
mm	Millimeter
mS/cm	Millisiemens pro Zentimeter
<i>n</i>	Anzahl
NaOH-Lösung	Natriumhydroxid-Lösung
O ₂	Sauerstoff
OS	Offsetdruck
Px	Prägung
S.	Seite
<i>s</i>	Standardabweichung
s ⁻¹	Umdrehungen pro Sekunde
STLB	Spezielle Technische Liefer- und Bezugsbedingungen
TD	Tiefdruck
vgl.	vergleiche
VW	Vorweiche
ω	Konzentration (oder Stoffmengenkonzentration)

10.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nicht abgelöste Halsringetiketten auf Long-Neck-Flaschen	7
Abbildung 2: Etikettentypen für NRW-Flaschen (links)	10
Abbildung 3: Aufbau von metallisierten Etikettenpapieren.....	10
Abbildung 4: Lichtmikroskopische Aufnahme	11
Abbildung 5: Faserlauf von Papieretiketten.....	12
Abbildung 6: Nassdehnung und Trockenschrumpfung.....	13
Abbildung 7: Ultraschall-Transmissionskurve zweier Etiketten	14
Abbildung 8: Hysterese von Papier.....	14
Abbildung 9: Verfahrensschema Tiefdruck	15
Abbildung 10: Verfahrensschema Offsetdruck.....	16
Abbildung 11: Stanzeisen für das Gegendruckstanzen	16
Abbildung 12: Viskosität und Wasserbeständigkeit verschiedener Klebstofftypen	17
Abbildung 13: Adhäsions- und Kohäsionskräfte bei der Verklebung	18
Abbildung 14: Temperaturabhängigkeit des Klebstoffverbrauchs	20
Abbildung 15: Klebstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Rakelspalt.....	21
Abbildung 16: Rundläufer-Etikettiermaschine mit feststehendem Etikettenbehälter.....	23
Abbildung 17: Abrollen der Beleimungspaletten.....	24
Abbildung 18: Entnahme eines Etiketts aus dem Etikettenbehälter	24
Abbildung 19: Beleimungspalette mit Steifenbeleimung	25
Abbildung 20: Ablösezeit in Abhängigkeit vom Beleimungsbild [45].....	25
Abbildung 21: Übergabe des Etiketts an den Greiferzylinder	26
Abbildung 22: Oszillierendes Gleichlauf- und rotierendes Gegenlaufsystem.....	26
Abbildung 23: Aufsetzen der Etiketten auf die Flaschen.....	27
Abbildung 24: Kreuzschlitten des Etikettiermoduls	27
Abbildung 25: Anbürststation der Etikettiermaschine	28
Abbildung 26: Durchdringung des Etiketts mit Lauge	29
Abbildung 27: Etikettenaustrag aus der Flaschenreinigungsmaschine	29
Abbildung 28: Doppelendmaschine	30
Abbildung 29: Einendmaschine	30
Abbildung 30: Ablösezeit nach DIN 16524-6.....	31
Abbildung 31: Ablösezeit in Abhängigkeit vom Alter des Etikettierklebstoffs	33
Abbildung 32: Dynamische Penetration durch die bedruckte Etikettenoberfläche	36
Abbildung 33: Form der ausgeschnittenen Etiketten	38
Abbildung 34.....	39
Abbildung 35.....	39
Abbildung 36.....	39
Abbildung 37.....	39
Abbildung 38.....	39
Abbildung 39.....	40
Abbildung 40.....	40
Abbildung 41.....	40
Abbildung 42: Leimwalze für Streifenbeleimung.....	43
Abbildung 43: Erwärmung des Etikettierklebstoffs im Leimbecken.....	44
Abbildung 44: Abhängigkeit der Massenbelegung von Spaltweite und Temperatur	45
Abbildung 45: Nach der Arbeitmethode etikettierte Glaszylinder.....	46
Abbildung 46: Dreifuß	47
Abbildung 47: Versuchsaufbau	47
Abbildung 48: K 303 Control Coater-Modell 625	48
Abbildung 49: Glaszylinder für Vor- und Ringversuche.....	49

Abbildung 50: Beleimung mit dem „Multicoater“ (a,c,d)	50
Abbildung 51: Handbeleimungs- und Etikettierapparat.....	51
Abbildung 52: Etikettiereinheit mit Handkurbel (ohne Leimauftrag)	54
Abbildung 53: Leimauftragsmenge pro Etikett.....	55
Abbildung 54: Ablösezeit mit unterschiedlichen Rakeln.....	56
Abbildung 55: Leimauftragsmenge pro Etikett.....	56
Abbildung 56: Leimauftragsmenge pro Etikett.....	57
Abbildung 57: Ablösezeit mit unterschiedlichen Rakeln.....	57
Abbildung 58: Beleimung mit und ohne Gummimatte	58
Abbildung 59: Vergleich Gummimatte mit Glasplatte (SE = BP1_OS_M0-P0-L0).....	59
Abbildung 60: Leimauftragsmenge in Abhängigkeit der Rakelgeschwindigkeit	59
Abbildung 61: Einfluss der Andrückstärken auf die Leimauftragsmenge	60
Abbildung 62: Leimauftragsmengen bei verschiedenen Prüfern	60
Abbildung 63: Leimauftragsmenge mit verdünntem Klebstoff	61
Abbildung 64: Ablösezeiten mit verdünntem Klebstoff und Handrakeln.....	61
Abbildung 65: Screenshot Test auf Normalverteilung.....	63
Abbildung 66: Innoclean 3-105 EE.....	64
Abbildung 67: Schematische Darstellung Innoclean 3-105 EE	65
Abbildung 68: Detailaufnahmen des Laugebeckens.....	65
Abbildung 69: Temperaturprofil Innoclean 3-105 EE	67
Abbildung 70: Einfluss des Druckverfahrens bei Papieretiketten	72
Abbildung 71: Einfluss des Druckverfahrens bei metallisierten Papieretiketten.....	73
Abbildung 72: Einfluss einer Lackierung bei Papieretiketten	75
Abbildung 73: Einfluss einer Lackierung bei metallisierten Papieretiketten.....	75
Abbildung 74: Einfluss einer Prägung bei Papieretiketten	76
Abbildung 75: Einfluss einer Prägung bei metallisierten Papieretiketten.....	76
Abbildung 76: Reduzierung der Ablösezeit durch Prägung der Papiere	77
Abbildung 77: NaOH-Lösung	79
Abbildung 78: Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugentemperatur	80
Abbildung 79: Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugenkonzentration.....	82
Abbildung 80: Chemischer Sauerstoffbedarf	83
Abbildung 81: BP1 – Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugenbelastung	83
Abbildung 82: BP2 – Ablösezeit in Abhängigkeit von der Laugenbelastung	84
Abbildung 83: Einfluss eines Tensids auf die Ablösezeit.....	85
Abbildung 84: Einfluss der Klebstoffsorte auf die Ablösezeit	88
Abbildung 85: Ablösezeit.....	90
Abbildung 86: Ablösezeit.....	91
Abbildung 87: Ablösung der Kontaktfläche nach der Laugenpenetration.....	92
Abbildung 88: Erweitertes Modell.....	93
Abbildung 89: Ablösezeit.....	93
Abbildung 90: Ablösezeit.....	94
Abbildung 91: Penetrationsstrecke bei seitlicher Laugenpenetration	95
Abbildung 92: Ablösezeit in Abhängigkeit von Etikettenfläche und Kantenlänge	97
Abbildung 93: Ablösezeit.....	98
Abbildung 94: Einfluss der Klebstoffsorte auf die Ablösezeit	98
Abbildung 95: Ablösezeit.....	99
Abbildung 96: Einfluss der Dauer der Verklebung – Diagramm 1.....	100
Abbildung 97: Einfluss der Dauer der Verklebung – Diagramm 2.....	101
Abbildung 98: Einfluss der Klebstofflagerung auf die Ablösezeit	102
Abbildung 99: Einfluss der Kaltendvergütung auf die Ablösezeit	103
Abbildung 100: Ablösezeit nach DIN 16524-6 und „modifizierter Methode“	106

Abbildung 101: HNZ mit rundem Etikett	110
Abbildung 102: Klebstoffauftrag und Haltepunkte der Rakel	112
Abbildung 103: Long-Neck-Flaschen mit Halsringetiketten	114
Abbildung 104: Ablösen des überlappenden Etiketts	116
Abbildung 105: Ablösezeit in Abhängigkeit von der Überlappung.....	117
Abbildung 106: Einfluss einer überlappenden Verklebung	117
Abbildung 107: Skizze Probenvorbereitung	120
Abbildung 108: HNZ mit Hälften des Halsringetiketts	121
Abbildung 109: Klebstoffauftrag und Haltepunkte der Rakel	122
Abbildung 110: Anbringen des Vergleichsetiketts	122
Abbildung 111: Zusammenfassende graphische Darstellung des Ringversuchs	129
Abbildung 112: Medientemperatur der „prozessbezogenen Methode“	133

10.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schlüssel für die Kennzeichnung der Versuchsetiketten	34
Tabelle 2: Übersicht über die eingesetzten Varianten.....	35
Tabelle 3: Übersicht über die Varianten in Arbeitspaket 8.....	37
Tabelle 4: Verwendete Etikettierklebstoffe.....	37
Tabelle 5: Grubbs-Tabelle.....	41
Tabelle 6: Verwendete Rakel	49
Tabelle 7: Vergleich mit Nullhypothese	63
Tabelle 8: Programme Innoclean 3-105 EE	66
Tabelle 9: Reinigungsparameter von Flaschenreinigungsmaschinen	68
Tabelle 10: Entnahmematrix	87
Tabelle 11: Zunahme von Penetrationsstrecke und Etikettenfläche	96
Tabelle 12: Fläche überlappender Verklebungen.....	114
Tabelle 13: Höhe der Etikettenhälften und Fläche der Überlappung.....	115
Tabelle 14: Ergebnis der Trainingsphase eines Mitarbeiters ohne Training.....	126
Tabelle 15: Ergebnis der Trainingsphase eines Mitarbeiters mit Training	127
Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung.....	128
Tabelle 17: Ablösezeiten von rechteckig ausgeschnittenen Etiketten	130
Tabelle 18: Ablösezeiten von rechteckig ausgeschnittenen Etiketten	130
Tabelle 19: Ergebnisse aus Laboruntersuchung.....	134
Tabelle 20: Zeit zum Austragen abgelöster Etiketten	135

10.5 Datensammlung

Methode	Abschnitt	Etikett	Merkmal	Dauer der Verklebung	Klebstoffsorte	Massenbelegung 1	Standardabweichung 1	Variationskoeffizient 1	n 1	Massenbelegung 2	Standardabweichung 2	Variationskoeffizient 2	n 2	Mittelwert (1+2): Massenbelegung	Ablösezeit	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des überlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des unterlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	pH-Wert der Reinigungslauge	Leitwert der Reinigungslauge	Konzentration Tensid (Sopura MIX250BPRD 43)	Konzentration der Reinigungslauge	Temperatur der Reinigungslauge	CSB der Reinigungslauge (250 ml)	Kaltendvergütung	Überlappung bzw. Kantentlänge	Lagertemperatur; Lagerdauer	
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_OS_M0-P0-L1	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										125 s	10,7	9 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_OS_M0-P0-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										102 s	11,9	12 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_OS_M0-P1-L1	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										121 s	3,0	3 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_OS_M0-P1-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										104 s	7,2	7 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_OS_M1-P0-L1	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										168 s	8,9	5 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_OS_M1-P0-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										129 s	8,2	6 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_OS_M1-P1-L1	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										107 s	5,4	5 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_OS_M1-P1-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										102 s	4,6	5 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_TD_M0-P0-L1	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										67 s	2,9	4 %	3																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_TD_M0-P0-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										78 s	7,2	9 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_TD_M0-P1-L1	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										58 s	2,3	4 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_TD_M0-P1-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										61 s	5,5	9 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_TD_M1-P0-L1	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										126 s	1,5	1 %	4																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_TD_M1-P0-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										135 s	11,7	9 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_TD_M1-P1-L1	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										72 s	4,5	6 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_TD_M1-P1-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										74 s	3,1	4 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_KD_M0-P0-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										56 s	2,2	4 %	5																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP1_KD_M0-P1-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										51 s	1,5	3 %	4																Nein		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_KD_M1-P0-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										105 s	7,5	7 %	5																Nein		

Methode	Abschnitt	Etikett	Merkmal	Dauer der Verklebung	Klebstoffsorte	Massenbelegung 1	Standardabweichung 1	Variationskoeffizient 1	n 1	Massenbelegung 2	Standardabweichung 2	Variationskoeffizient 2	n 2	Mittelwert (1+2); Massenbelegung	Ablösezeit	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des überlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des unterlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	pH-Wert der Reinigungs-lauge	Leitwert der Reinigungs-lauge	Konzentration Tensid (Sopura MIX250BPRD 43)	Konzentration der Reinigungs-lauge	Temperatur der Reinigungs-lauge	CSB der Reinigungs-lauge (250 ml)	Kaltendvergütung	Überlappung bzw. Kantentlänge	Lagertemperatur; Lagerdauer		
Angepasste DIN 16524-6	4.3.1	BP2_KD_M1-P1-L0	Etikettenaufbau	1 d	ST 50 KF										77 s	2,3	3 %	5																Nein			
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	22,5 g/m ²	0,7	3 %	5	25,3 g/m ²	2,1	8 %	5	23,9 g/m ²	224 s	9,1	4 %	10														50 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	25,3 g/m ²	2,1	8 %	5	24,5 g/m ²	1,2	5 %	5	24,9 g/m ²	153 s	8,3	5 %	9														60 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	24,5 g/m ²	1,2	5 %	5	24,5 g/m ²	1,6	7 %	5	24,5 g/m ²	112 s	5,0	5 %	8														70 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	24,5 g/m ²	1,6	7 %	5	25,3 g/m ²	2,0	8 %	5	24,9 g/m ²	84 s	3,1	4 %	9														75 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	25,3 g/m ²	2,0	8 %	5	22,1 g/m ²	0,8	4 %	5	23,7 g/m ²	68 s	3,1	5 %	9														80 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	22,1 g/m ²	0,8	4 %	5	24,1 g/m ²	0,5	2 %	5	23,1 g/m ²	53 s	2,2	4 %	9														90 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	24,0 g/m ²	1,8	7 %	5	24,1 g/m ²	1,1	4 %	5	24,1 g/m ²	264 s	13,1	5 %	9														50 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	24,1 g/m ²	1,1	4 %	5	25,4 g/m ²	0,4	2 %	5	24,7 g/m ²	186 s	7,9	4 %	9														60 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	25,4 g/m ²	0,4	2 %	5	25,4 g/m ²	1,5	6 %	5	25,4 g/m ²	160 s	8,1	5 %	9														70 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	25,5 g/m ²	1,5	6 %	5	25,5 g/m ²	0,2	1 %	5	25,5 g/m ²	137 s	9,4	7 %	10														75 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	26,0 g/m ²	0,2	1 %	5	26,0 g/m ²	1,5	6 %	5	26,0 g/m ²	141 s	8,1	6 %	9														80 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugentemperatur	1 d	ST 50 KF	25,8 g/m ²	1,5	6 %	5	25,8 g/m ²	1,6	6 %	5	25,8 g/m ²	114 s	8,6	8 %	10														90 °C			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugenkonzentration	2 d	ST 50 KF	23,1 g/m ²	1,4	6 %	5	23,1 g/m ²	0,3	1 %	5	23,1 g/m ²	110 s	4,2	4 %	9														0,5 %			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugenkonzentration	2 d	ST 50 KF	23,1 g/m ²	0,3	1 %	5	23,4 g/m ²	2,0	8 %	5	23,3 g/m ²	85 s	5,1	6 %	10														1,0 %			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugenkonzentration	2 d	ST 50 KF	23,4 g/m ²	2,0	8 %	5	23,5 g/m ²	1,5	6 %	5	23,5 g/m ²	81 s	2,9	4 %	10														1,5 %			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugenkonzentration	2 d	ST 50 KF	23,5 g/m ²	1,5	6 %	5	24,1 g/m ²	1,6	7 %	5	23,8 g/m ²	80 s	4,1	5 %	10														2,0 %			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugenkonzentration	2 d	ST 50 KF	22,8 g/m ²	0,4	2 %	5	22,2 g/m ²	0,9	4 %	5	22,5 g/m ²	148 s	7,5	5 %	7														0,5 %			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugenkonzentration	2 d	ST 50 KF	22,8 g/m ²	0,4	2 %	5	22,2 g/m ²	0,9	4 %	5	22,5 g/m ²	151 s	10,1	7 %	10														1,0 %			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugenkonzentration	2 d	ST 50 KF	22,8 g/m ²	0,4	2 %	5	22,2 g/m ²	0,9	4 %	5	22,5 g/m ²	152 s	7,0	5 %	6														1,5 %			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugenkonzentration	2 d	ST 50 KF	22,8 g/m ²	0,4	2 %	5	22,2 g/m ²	0,9	4 %	5	22,5 g/m ²	147 s	14,5	10 %	5														2,0 %			Nein		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 1	1 d	ST 50 KF	20,6 g/m ²	1,6	8 %	5	21,4 g/m ²	1,1	5 %	5	21,0 g/m ²	86 s	1,3	2 %	7										13,26	278 µS			1,1 %		134 mg/l	Nein		

Methode	Abschnitt	Etikett	Merkmal	Dauer der Verklebung	Klebstoffsorte	Massenbelegung 1	Standardabweichung 1	Variationskoeffizient 1	n 1	Massenbelegung 2	Standardabweichung 2	Variationskoeffizient 2	n 2	Mittelwert (1+2): Massenbelegung	Ablösezeit	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des überlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des unterlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	pH-Wert der Reinigungslauge	Leitwert der Reinigungslauge	Konzentration Tensid (Sopura MIX250BPRD 43)	Konzentration der Reinigungslauge	Temperatur der Reinigungslauge	CSB der Reinigungslauge (250 ml)	Kaltendvergütung	Überlappung bzw. Kantentlänge	Lagertemperatur; Lagerdauer		
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 2	1 d	ST 50 KF	21,4 g/m ²	1,1	5 %	5	24,0 g/m ²	1,4	6 %	5	22,7 g/m ²	89 s	3,8	4 %	9									13,08	266 µS		1,0 %		280 mg/l	Nein				
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 3	1 d	ST 50 KF	21,4 g/m ²	1,1	5 %	5	24,0 g/m ²	1,4	6 %	5	22,7 g/m ²	94 s	1,7	2 %	10									13,05	284 µS		1,1 %		437 mg/l	Nein				
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 4	1 d	ST 50 KF	21,4 g/m ²	1,1	5 %	5	24,0 g/m ²	1,4	6 %	5	22,7 g/m ²	96 s	4,8	5 %	9															Nein				
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 5	1 d	ST 50 KF	21,4 g/m ²	1,1	5 %	5	24,0 g/m ²	1,4	6 %	5	22,7 g/m ²	104 s	11,6	11 %	7									13,24	280 µS		1,1 %		4215 mg/l	Nein				
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 1	1 d	ST 50 KF	21,9 g/m ²	1,7	8 %	5	25,1 g/m ²	0,8	3 %	5	23,5 g/m ²	145 s	9,2	6 %	10									13,04	274 µS		1,1 %		148 mg/l	Nein				
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 2	1 d	ST 50 KF	21,9 g/m ²	1,7	8 %	5	25,1 g/m ²	0,8	3 %	5	23,5 g/m ²	153 s	3,7	2 %	4									13,24	283 µS		1,5 %		389 mg/l	Nein				
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 3	1 d	ST 50 KF	21,9 g/m ²	1,7	8 %	5	25,1 g/m ²	0,8	3 %	5	23,5 g/m ²	157 s	11,3	7 %	10									13,24	278 µS		1,0 %		590 mg/l	Nein				
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 4	1 d	ST 50 KF	21,9 g/m ²	1,7	8 %	5	25,1 g/m ²	0,8	3 %	5	23,5 g/m ²	152 s	19,4	13 %	5															Nein				
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Laugenbelastung Versuch 5	1 d	ST 50 KF	21,9 g/m ²	1,7	8 %	5	25,1 g/m ²	0,8	3 %	5	23,5 g/m ²	161 s	13,1	8 %	8									13,23	287 µS		1,5 %		4541 mg/l	Nein				
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Tenside	1 d	ST 50 KF	22,3 g/m ²	0,9	4 %	5	23,2 g/m ²	0,4	2 %	5	22,7 g/m ²	89 s	3,9	4 %	9												0,0 %				Nein			
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Tenside	1 d	ST 50 KF	23,2 g/m ²	0,4	2 %	5	25,4 g/m ²	1,2	5 %	5	24,3 g/m ²	91 s	4,6	5 %	9												0,1 %				Nein			
Arbeitsmethode	5.3.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Tenside	1 d	ST 50 KF	23,2 g/m ²	0,4	2 %	5	25,4 g/m ²	1,2	5 %	5	24,3 g/m ²	88 s	3,2	4 %	7												0,2 %				Nein			
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Tenside	1 d	ST 50 KF	24,0 g/m ²	0,8	3 %	5	25,0 g/m ²	1,3	5 %	5	24,5 g/m ²	149 s	6,9	5 %	9												0,0 %				Nein			
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Tenside	1 d	ST 50 KF	24,0 g/m ²	0,8	3 %	5	25,0 g/m ²	1,3	5 %	5	24,5 g/m ²	194 s	15,9	8 %	10												0,1 %				Nein			
Arbeitsmethode	5.3.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Tenside	1 d	ST 50 KF	24,0 g/m ²	0,8	3 %	5	25,0 g/m ²	1,3	5 %	5	24,5 g/m ²	167 s	13,7	8 %	9												0,2 %				Nein			
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	18,3 g/m ²	0,7	4 %	5	19,0 g/m ²	1,3	7 %	5	18,6 g/m ²	85 s	3,2	4 %	10																Nein			
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	13,6 g/m ²	1,0	7 %	5	13,7 g/m ²	1,1	8 %	5	13,7 g/m ²	81 s	1,8	2 %	10																Nein			
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	22,5 g/m ²	1,6	7 %	5	22,9 g/m ²	1,5	7 %	5	22,7 g/m ²	84 s	4,2	5 %	9																Nein			
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	19,2 g/m ²	0,5	3 %	5	21,3 g/m ²	1,0	5 %	5	20,2 g/m ²	73 s	3,8	5 %	10																Nein			
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	14,3 g/m ²	0,5	4 %	5	14,3 g/m ²	0,7	5 %	5	14,3 g/m ²	71 s	3,3	5 %	10																Nein			
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	12,9 g/m ²	0,7	6 %	5	12,5 g/m ²	0,4	4 %	5	12,7 g/m ²	72 s	2,1	3 %	9																Nein			
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	11,1 g/m ²	0,3	3 %	5	12,0 g/m ²	1,2	10 %	5	11,6 g/m ²	72 s	5,0	7 %	10																Nein			

Methode	Abschnitt	Etikett	Merkmal	Dauer der Verklebung	Klebstoffsorte	Massenbelegung 1	Standardabweichung 1	Variationskoeffizient 1	n 1	Massenbelegung 2	Standardabweichung 2	Variationskoeffizient 2	n 2	Mittelwert (1+2); Massenbelegung	Ablösezeit	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des überlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des unterlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	pH-Wert der Reinigungs-lauge	Leitwert der Reinigungs-lauge	Konzentration Tensid (Sopura MIX250BPRD 43)	Konzentration der Reinigungs-lauge	Temperatur der Reinigungs-lauge	CSB der Reinigungs-lauge (250 ml)	Kaltendvergütung	Überlappung bzw. Kantentlänge	Lagertemperatur; Lagerdauer
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	9,2 g/m ²	0,6	6 %	5	9,4 g/m ²	0,7	8 %	5	9,3 g/m ²	71 s	3,2	5 %	9																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	19,0 g/m ²	1,4	7 %	5	17,7 g/m ²	1,3	7 %	5	18,3 g/m ²	206 s	15,6	8 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	11,0 g/m ²	0,7	6 %	5	10,3 g/m ²	0,7	7 %	5	10,7 g/m ²	407 s	55,0	14 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	21,8 g/m ²	2,2	10 %	5	24,2 g/m ²	0,9	4 %	5	23,0 g/m ²	165 s	13,4	8 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	19,2 g/m ²	0,5	3 %	5	21,3 g/m ²	1,0	5 %	5	20,2 g/m ²	180 s	13,1	7 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	14,3 g/m ²	0,5	4 %	5	14,3 g/m ²	0,7	5 %	5	14,3 g/m ²	271 s	31,2	12 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	12,9 g/m ²	0,7	6 %	5	12,5 g/m ²	0,4	4 %	5	12,7 g/m ²	322 s	29,8	9 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	11,1 g/m ²	0,3	3 %	5	12,0 g/m ²	1,2	10 %	5	11,6 g/m ²	383 s	51,2	13 %	9																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	9,2 g/m ²	0,6	6 %	5	9,4 g/m ²	0,7	8 %	5	9,3 g/m ²	492 s	63,7	13 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Papiersorte	1 d	ST 50 KF	40,6 g/m ²	2,7	7 %	5	45,9 g/m ²	2,1	5 %	5	43,2 g/m ²	164 s	12,2	7 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L1	Massenbelegung und Lackierung	1 d	ST 50 KF	14,3 g/m ²	0,5	4 %	5	14,3 g/m ²	0,7	5 %	5	14,3 g/m ²	93 s	4,2	5 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L1	Massenbelegung und Lackierung	1 d	ST 50 KF	11,1 g/m ²	0,3	3 %	5	12,0 g/m ²	1,2	10 %	5	11,6 g/m ²	95 s	4,0	4 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L1	Massenbelegung und Lackierung	1 d	ST 50 KF	9,2 g/m ²	0,6	6 %	5	9,4 g/m ²	0,7	8 %	5	9,3 g/m ²	87 s	4,8	6 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P1-L0	Massenbelegung und Prägung	1 d	ST 50 KF	14,3 g/m ²	0,5	4 %	5	14,3 g/m ²	0,7	5 %	5	14,3 g/m ²	156 s	18,8	12 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P1-L0	Massenbelegung und Prägung	1 d	ST 50 KF	11,1 g/m ²	0,3	3 %	5	12,0 g/m ²	1,2	10 %	5	11,6 g/m ²	204 s	19,6	10 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P1-L0	Massenbelegung und Prägung	1 d	ST 50 KF	9,2 g/m ²	0,6	6 %	5	9,4 g/m ²	0,7	8 %	5	9,3 g/m ²	263 s	15,5	6 %	10																Nein	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Massenbelegung und Klebstoffsorte	1 d	KE 51 EW	10,6 g/m ²	0,6	6 %	4	11,0 g/m ²	1,2	11 %	4	10,8 g/m ²	511 s	33,0	6 %	8															Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L1	Massenbelegung und Klebstoffsorte	1 d	KE 51 EW	13,2 g/m ²	1,3	9 %	5	12,7 g/m ²	1,1	9 %	5	13,0 g/m ²	522 s	19,2	4 %	10															Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L2	Massenbelegung und Klebstoffsorte	1 d	KE 51 EW	19,5 g/m ²	1,2	6 %	5	19,8 g/m ²	1,1	5 %	5	19,7 g/m ²	412 s	14,1	3 %	10															Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L3	Massenbelegung und Klebstoffsorte	1 d	KE 51 EW	40,3 g/m ²	1,4	3 %	5	43,1 g/m ²	2,3	5 %	5	41,7 g/m ²	391 s	29,5	8 %	10															Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Beleimungsform: DIN 16524-6	1 d	ST 50 KF mit Indikator	45,4 g/m ²	3,3	7 %	10				10	45,4 g/m ²	84 s	2,9	3 %	9															Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Beleimungsform: DIN 16524-6	1 d	ST 50 KF mit Indikator	45,4 g/m ²	3,3	7 %	10				10	45,4 g/m ²	145 s	6,3	4 %	9															Nein		

Methode	Abschnitt	Etikett	Merkmal	Dauer der Verklebung	Klebstoffsorte	Massenbelegung 1	Standardabweichung 1	Variationskoeffizient 1	n 1	Massenbelegung 2	Standardabweichung 2	Variationskoeffizient 2	n 2	Mittelwert (1+2): Massenbelegung	Ablösezeit	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des überlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des unterlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	pH-Wert der Reinigungslauge	Leitwert der Reinigungslauge	Konzentration Tensid (Sopura MIX250BPRD 43)	Konzentration der Reinigungslauge	Temperatur der Reinigungslauge	CSB der Reinigungslauge (250 ml)	Kaltendvergütung	Überlappung bzw. Kantentlänge	Lagertemperatur; Lagerdauer	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Beleimungsform: „modifizierter Methode“	1 d	ST 50 KF	13,6 g/m ²	0,9	6 %	5				5	13,6 g/m ²	392 s	54,3	14 %	5																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Dauer der Verklebung	1 d	ST 50 KF	22,3 g/m ²	0,9	4 %	5	23,2 g/m ²	0,4	2 %	5	22,7 g/m ²	89 s	3,9	4 %	9																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Dauer der Verklebung	4 d	ST 50 KF	23,2 g/m ²	0,4	2 %	5	25,4 g/m ²	1,2	5 %	5	24,3 g/m ²	87 s	2,7	3 %	9																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Dauer der Verklebung	7 d	ST 50 KF	23,2 g/m ²	0,4	2 %	5	25,4 g/m ²	1,2	5 %	5	24,3 g/m ²	87 s	3,2	4 %	10																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Dauer der Verklebung	1 d	ST 50 KF	24,0 g/m ²	0,8	3 %	5	25,0 g/m ²	1,3	5 %	5	24,5 g/m ²	149 s	6,9	5 %	9																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Dauer der Verklebung	4 d	ST 50 KF	24,0 g/m ²	0,8	3 %	5	25,0 g/m ²	1,3	5 %	5	24,5 g/m ²	144 s	7,2	5 %	10																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Dauer der Verklebung	7 d	ST 50 KF	24,0 g/m ²	0,8	3 %	5	25,0 g/m ²	1,3	5 %	5	24,5 g/m ²	137 s	5,4	4 %	10																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Dauer der Verklebung	1 d	ST 50 KF	14,9 g/m ²	1,4	9 %	5	14,2 g/m ²	0,8	6 %	5	14,6 g/m ²	307 s	15,5	5 %	5																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Dauer der Verklebung	10 d	ST 50 KF	14,9 g/m ²	1,4	9 %	5	14,2 g/m ²	0,8	6 %	5	14,6 g/m ²	299 s	24,6	8 %	5																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Dauer der Verklebung	15 d	ST 50 KF	14,9 g/m ²	1,4	9 %	5	14,2 g/m ²	0,8	6 %	5	14,6 g/m ²	290 s	27,5	9 %	5																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Dauer der Verklebung	21 d	ST 50 KF	14,9 g/m ²	1,4	9 %	5	14,2 g/m ²	0,8	6 %	5	14,6 g/m ²	261 s	21,7	8 %	4																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Dauer der Verklebung	25 d	ST 50 KF	14,9 g/m ²	1,4	9 %	5	14,2 g/m ²	0,8	6 %	5	14,6 g/m ²	298 s	6,2	2 %	4																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Dauer der Verklebung	35 d	ST 50 KF	14,9 g/m ²	1,4	9 %	5	14,2 g/m ²	0,8	6 %	5	14,6 g/m ²	303 s	35,8	12 %	4																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Klebstofflagerung	1 d	ST 50 KF	15,0 g/m ²	1,1	7 %	5				5	15,0 g/m ²	73 s	2,3	3 %	9																Nein	23 °C; 55 d	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Klebstofflagerung	1 d	ST 50 KF	15,3 g/m ²	1,1	7 %	5				5	15,3 g/m ²	71 s	1,7	2 %	10																Nein	40 °C; 55 d	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L2	Klebstofflagerung	1 d	ST 50 KF	15,3 g/m ²	0,2	1 %	5				5	15,3 g/m ²	263 s	23,9	9 %	10																Nein	23 °C; 55 d	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L3	Klebstofflagerung	1 d	ST 50 KF	14,4 g/m ²	0,3	2 %	5				5	14,4 g/m ²	238 s	23,2	10 %	10																Nein	40 °C; 55 d	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	ST 50 KF	18,3 g/m ²	0,7	4 %	5	19,0 g/m ²	1,3	7 %	5	18,6 g/m ²	89 s	5,6	6 %	10																Ja		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	ST 50 KF	18,3 g/m ²	0,7	4 %	5	19,0 g/m ²	1,3	7 %	5	18,6 g/m ²	85 s	3,2	4 %	10																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	ST 50 AF	16,1 g/m ²	0,9	6 %	5	17,4 g/m ²	0,8	4 %	5	16,8 g/m ²	97 s	2,9	3 %	8																Ja		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	ST 50 AF	16,1 g/m ²	0,9	6 %	5	17,4 g/m ²	0,8	4 %	5	16,8 g/m ²	94 s	2,2	2 %	10																Nein		

Methode	Abschnitt	Etikett	Merkmal	Dauer der Verklebung	Klebstoffsorte	Massenbelegung 1	Standardabweichung 1	Variationskoeffizient 1	n 1	Massenbelegung 2	Standardabweichung 2	Variationskoeffizient 2	n 2	Mittelwert (1+2): Massenbelegung	Ablösezeit	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des überlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des unterlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	pH-Wert der Reinigungslauge	Leitwert der Reinigungslauge	Konzentration Tensid (Sopura MIX250BPRD 43)	Konzentration der Reinigungslauge	Temperatur der Reinigungslauge	CSB der Reinigungslauge (250 ml)	Kaltendvergütung	Überlappung bzw. Kantentlänge	Lagertemperatur; Lagerdauer	
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	KE 55	15,2 g/m ²	0,4	3 %	5	14,8 g/m ²	0,3	2 %	5	15,0 g/m ²	106 s	2,3	2 %	9																Ja		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	KE 55	15,2 g/m ²	0,4	3 %	5	14,8 g/m ²	0,3	2 %	5	15,0 g/m ²	104 s	6,8	7 %	10																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	KE 51 EW	16,7 g/m ²	1,1	7 %	5	16,6 g/m ²	1,3	8 %	5	16,6 g/m ²	139 s	9,9	7 %	10																Ja		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP1_OS_M0-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	KE 51 EW	16,7 g/m ²	1,1	7 %	5	16,6 g/m ²	1,3	8 %	5	16,6 g/m ²	138 s	3,5	3 %	9																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	ST 50 KF	19,0 g/m ²	1,4	7 %	5	17,7 g/m ²	1,3	7 %	5	18,3 g/m ²	197 s	12,9	7 %	10																Ja		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	ST 50 KF	19,0 g/m ²	1,4	7 %	5	17,7 g/m ²	1,3	7 %	5	18,3 g/m ²	206 s	15,6	8 %	10																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	ST 50 AF	16,1 g/m ²	0,9	6 %	5	17,4 g/m ²	0,8	4 %	5	16,8 g/m ²	304 s	31,7	10 %	10																Ja		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	ST 50 AF	16,1 g/m ²	0,9	6 %	5	17,4 g/m ²	0,8	4 %	5	16,8 g/m ²	286 s	27,0	9 %	10																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	KE 55	15,2 g/m ²	0,4	3 %	5	14,8 g/m ²	0,3	2 %	5	15,0 g/m ²	274 s	15,4	6 %	9																Ja		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	KE 55	15,2 g/m ²	0,4	3 %	5	14,8 g/m ²	0,3	2 %	5	15,0 g/m ²	269 s	10,5	4 %	9																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	KE 51 EW	16,7 g/m ²	1,1	7 %	5	16,6 g/m ²	1,3	8 %	5	16,6 g/m ²	315 s	18,1	6 %	8																Ja		
Arbeitsmethode	5.4.2	BP2_OS_M1-P0-L0	Kaltendvergütung und Klebstoffsorte	1 d	KE 51 EW	16,7 g/m ²	1,1	7 %	5	16,6 g/m ²	1,3	8 %	5	16,6 g/m ²	319 s	15,5	5 %	10																Nein		
Arbeitsmethode	5.4.3.2.4	BP3_OS_M0-P1-L0	Etikettenfläche und Kantentlänge	3 d	ST 50 KF	10,0 g/m ²	0,5	5 %	5	9,7 g/m ²	0,8	8 %	5	9,8 g/m ²	69 s	5,4	8 %	8															Nein	5 cm; 25 cm ²		
Arbeitsmethode	5.4.3.2.4	BP3_OS_M0-P1-L0	Etikettenfläche und Kantentlänge	3 d	ST 50 KF	10,0 g/m ²	0,5	5 %	5	9,7 g/m ²	0,8	8 %	5	9,8 g/m ²	69 s	2,9	4 %	10															Nein	7 cm; 49 cm ²		
Arbeitsmethode	5.4.3.2.4	BP3_OS_M0-P1-L0	Etikettenfläche und Kantentlänge	3 d	ST 50 KF	10,0 g/m ²	0,5	5 %	5	9,7 g/m ²	0,8	8 %	5	9,8 g/m ²	67 s	3,2	5 %	10															Nein	9 cm; 81 cm ²		
Arbeitsmethode	5.4.3.2.4	BP4_OS_M1-P0-L0	Etikettenfläche und Kantentlänge	3 d	ST 50 KF	10,0 g/m ²	0,5	5 %	5	9,7 g/m ²	0,8	8 %	5	9,8 g/m ²	268 s	60,6	23 %	10															Nein	5 cm; 25 cm ²		
Arbeitsmethode	5.4.3.2.4	BP4_OS_M1-P0-L0	Etikettenfläche und Kantentlänge	3 d	ST 50 KF	10,0 g/m ²	0,5	5 %	5	9,7 g/m ²	0,8	8 %	5	9,8 g/m ²	314 s	62,0	20 %	9															Nein	7 cm; 49 cm ²		
Arbeitsmethode	5.4.3.2.4	BP4_OS_M1-P0-L0	Etikettenfläche und Kantentlänge	3 d	ST 50 KF	10,0 g/m ²	0,5	5 %	5	9,7 g/m ²	0,8	8 %	5	9,8 g/m ²	358 s	83,0	23 %	10															Nein	9 cm; 81 cm ²		
Arbeitsmethode	5.6.4.1	BP1_OS_M0-P0-L0	Überlappende Verklebung	7 d	ST 50 KF	12,7 g/m ²	0,5	4 %	5	13,5 g/m ²	0,5	3 %	5	13,1 g/m ²	72 s	1,5	2 %	6															Nein	0,0 mm		
Arbeitsmethode	5.6.4.1	BP1_OS_M0-P0-L0	Überlappende Verklebung	7 d	ST 50 KF	12,7 g/m ²	0,5	4 %	5	13,5 g/m ²	0,5	3 %	5	13,1 g/m ²					71 s	1,5	2 %	6	117 s	6,1	5 %	7							Nein	10,0 mm		
Arbeitsmethode	5.6.4.1	BP1_OS_M0-P0-L0	Überlappende Verklebung	7 d	ST 50 KF	12,7 g/m ²	0,5	4 %	5	13,5 g/m ²	0,5	3 %	5	13,1 g/m ²					71 s	2,2	3 %	8	109 s	7,6	7 %	8							Nein	8,5 mm		
Arbeitsmethode	5.6.4.1	BP1_OS_M0-P0-L0	Überlappende Verklebung	7 d	ST 50 KF	12,7 g/m ²	0,5	4 %	5	13,5 g/m ²	0,5	3 %	5	13,1 g/m ²					74 s	3,0	4 %	7	102 s	10,0	10 %	8							Nein	7,0 mm		

Methode	Abschnitt	Etikett	Merkmal	Dauer der Verklebung	Klebstoffsorte	Massenbelegung 1	Standardabweichung 1	Variationskoeffizient 1	n 1	Massenbelegung 2	Standardabweichung 2	Variationskoeffizient 2	n 2	Mittelwert (1+2); Massenbelegung	Ablösezeit	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des überlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	Ablösezeit des unterlappenden Etiketts	Standardabweichung	Variationskoeffizient	n	pH-Wert der Reinigungs-lauge	Leitwert der Reinigungs-lauge	Konzentration Tensid (Sopura MIX250BPRD 43)	Konzentration der Reinigungs-lauge	Temperatur der Reinigungs-lauge	CSB der Reinigungs-lauge (250 ml)	Kaltendvergütung	Überlappung bzw. Kantentlänge	Lagertemperatur; Lagerdauer
Arbeitsmethode	5.6.4.1	BP1_OS_M0-P0-L0	Überlappende Verklebung	7 d	ST 50 KF	13,5 g/m ²	0,5	3 %	5	13,5 g/m ²	0,8	6 %	5	13,5 g/m ²	339 s	38,6	11 %	8															Nein	0,0 mm	
Arbeitsmethode	5.6.4.1	BP1_OS_M0-P0-L0	Überlappende Verklebung	7 d	ST 50 KF	13,5 g/m ²	0,5	3 %	5	13,5 g/m ²	0,8	6 %	5	13,5 g/m ²					302 s	16,0	5 %	7	387 s	22,7	6 %	7							Nein	10,0 mm	
Arbeitsmethode	5.6.4.1	BP1_OS_M0-P0-L0	Überlappende Verklebung	7 d	ST 50 KF	13,5 g/m ²	0,5	3 %	5	13,5 g/m ²	0,8	6 %	5	13,5 g/m ²					289 s	25,7	9 %	7	311 s	19,6	6 %	8							Nein	8,5 mm	
Arbeitsmethode	5.6.4.1	BP1_OS_M0-P0-L0	Überlappende Verklebung	7 d	ST 50 KF	13,5 g/m ²	0,5	3 %	5	13,5 g/m ²	0,8	6 %	5	13,5 g/m ²					313 s	29,7	9 %	8	330 s	20,6	6 %	8							Nein	7,0 mm	