



Fachhochschule für Druck und Medien

Verpackungstechnik

**Diplomarbeit
Kaschieren von metallisierten Folien**

Vorgelegt von:
Andreas Kästner
8. Semester Verpackungstechnik
Matrikelnummer: 10375

Gutachter:
Dr. Ingo Büren
Dr. Gerd Bolte

Panoramaweg 12
89269 Vöhringen

Telefon: +49 (0) 7306/928367

Erklärung

Ich erkläre hiermit das ich die Arbeit selbstständig angefertigt habe und sämtliche von mir verwendete Quellen im Literaturverzeichnis angegeben sind.

Vöhringen, 26.04.2002

Andreas Kästner

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Thema der Arbeit	1
1.2	Firmenportrait (Stand 04.01.2001)	2
1.2.1	Mitarbeiter	2
1.2.2	Unternehmensbereiche	2
2	Umweltvergleich Lösungsmittelhaltig (LH) – Lösungsmittelfrei (LF).....	6
2.1	Vorteile des Lösungsmittelfreien Kaschierens	6
2.2	Umweltbelastung Lösungsmittelhaltig gegenüber Lösungsmittelfrei.....	7
2.3	Fazit	10
3	Theorie zu den verwendeten Klebstoffen	11
3.1	Die verschiedenen Klebstoffgenerationen	14
3.1.1	1. Generation:	14
3.1.2	2. Generation	16
3.1.3	3. + 4. Generation :	18
3.1.4	Lösungsmittelfreie Universal – Kaschierklebstoffe	20
4	Theoretische Betrachtung.....	21
4.1	Theorie zum Kaschieren	21
4.2	Bedampfen	23
4.2.1	Direkt Metallisierung:	24
4.2.2	Transfer Metallisierung (Übertragungsmetallisierung)	25
4.2.3	Wirksamkeit	26
5	Praktische Durchführung.....	26
5.1	Die Versuchsanlage.....	26
5.2	Verwendete Klebstoff/Härter Kombinationen	29
5.3	Verwendete Folien.....	29
5.3.1	OPP mb400 (Standard OPP):	30
5.3.2	OPP met	31
5.3.3	PETp 12µ	31
5.3.4	PET met.....	32
5.3.5	PE k088.....	33
5.3.6	OPP Mobil MM488.....	33
6	Auswertung	34
6.1	Prüfmethoden	34
6.1.1	Verbundhaftung (VH)	34
6.1.2	Verbundhaftung unter Siegelnaht (VH unter SN)	34
6.1.3	Siegelnahthaftung (SNH)	35
6.1.4	Verbundhaftung in 90°C – Wasser (VH 90°C Wasser)	35
6.1.5	Prüfung der Siegelnahtfestigkeit von Verbundfolienstreifen bei Wärmebelastung (Warmnahtfestigkeit).....	36
6.1.6	Kochtest.....	37

6.2	Auswertung der Ergebnisse.....	37
6.2.1	Verbundhaftung.....	37
6.2.2	Verbundhaftung unter der Siegelnaht (VH unter SN)	47
6.2.3	Siegelnahthaftung (SNH)	54
6.2.4	Verbundhaftung unter Wärmebelastung (VH 90)	60
6.2.5	Siegelnahtfestigkeit bei Wärmebelastung (SNH 70).....	66
6.2.6	Kochtest.....	70
6.3	Werte nach Folien.....	75
6.3.1	Verbundhaftung.....	75
6.3.2	Verbundhaftung unter der Siegelnaht.....	76
6.3.3	Siegelnahthaftung.....	77
6.3.4	Verbundhaftung unter Wärmebelastung (VH 90)	78
6.3.5	Siegelnahthaftung unter Wärmebelastung (SNH 70)	79
6.3.6	Mittelwerte der Klebstoffe	80
6.4	Zusammenfassung.....	81
7	Schlusswort.....	81
8	Literaturverzeichnis	83
9	Anhang.....	84

1 Einleitung

1.1 Thema der Arbeit

Die Vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Thema des Kaschierens von metallisierten Folien gegen eine zweite, nicht - metallisierte Folie gleichen Materials. Insbesondere ist hierbei der Schwerpunkt auf einerseits OPP Folie bzw. andererseits PET Folie gelegt. Zu Untersuchen galt es hierbei das Unterschiedliche Verhalten verschiedener lösungsmittelfreier Klebstoffsysteme bei gleichen Kaschierbedingungen. Die Frage ist, ob es ein System gibt, welches sich universal für die untersuchten Folien einsetzen lässt.

Die Arbeit besteht aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Im praktischen Teil wurden die Folien kaschier und die Ergebnisse gemessen, der theoretische Teil gibt einen kleinen Überblick über die verwendeten Klebstoffsysteme und Hintergründe über das Metallisieren von Folien.

Der praktische Teil wurde bei der Firma Henkel an der firmeneigenen Laborkaschiermaschine, sowie in den Labors der Firma durchgeführt.

Die Folien werden nach dem Kaschieren mit gängigen Standardmethoden auf Verbundhaftung etc. untersucht, dazu später mehr.

Verwendet werden hierzu 2 verschiedene metallisierte OPP Folien und eine metallisierte PET Folie, welche gegen Ihre entsprechenden nicht – metallisierten Folien kaschier werden.

Die Arbeit gliedert sich in mehrere Abschnitte. Beginnend mit einem kurzen Exkurs über die Firma Henkel, welche die Diplomarbeit ermöglicht hat. Darauf folgend ein Umweltvergleich zwischen Lösungsmittelfreien und Lösungsmittelhaltigen Systemen, mit Vor- und Nachteilen derselben, um darzustellen, wieso keine Lösungsmittelhaltigen Klebstoffsysteme mit in die Untersuchung einbezogen werden. Danach ein Überblick über Grundsätzliches zu den Verwendeten Klebstoffsystemen.

Anschließend theoretisches zum kaschieren bzw. metallisieren von Folien, Daten zur verwendeten Kaschieranlage und meine Vorgehensweise, dann noch genaue Spezifikationen der eingesetzten Folien, sowie der betrachteten Klebstoffsysteme und die genaue Beschreibung der verwendeten Prüfverfahren.

Schließlich folgt der letzte Teil, der sich der Auswertung der erfassten Daten widmet.

Das Thema dieser Arbeit ist grundsätzlich interessant für die Praxis, da viele verschiedene Materialien am Markt sind, welche auch bei gleicher Metallisierung teilweise unterschiedliche Verklebbarkeit aufweisen.

Einen Fingerzeig dafür zu geben wieso oder warum dies so ist und mit welchem Klebstoffsystem es am wenigsten Probleme bzw. Unterschiedlichkeiten gibt ist sehr relevant im Hinblick auf Produktionskosten, Qualitätssicherung sowie Vergleichbarkeit verschiedener Folien.

Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Untersuchung von metallisierten OPP Folien und metallisierten PET Folien, wobei jeweils nur eine Standard - Folie stellvertretend untersucht wurde, um den Rahmen der Arbeit nicht zu sprengen. Bei den OPP Folien wurden zwei Folien untersucht, um zu prüfen ob sich die Ergebnisse unterscheiden. Ermöglicht wurde dies durch Unterstützung der Firma Exxon Mobil. Die gesamte Arbeit wird von der Firma Henkel betreut und finanziert, bei der ich mich an dieser Stelle für die Unterstützung bedanken möchte.

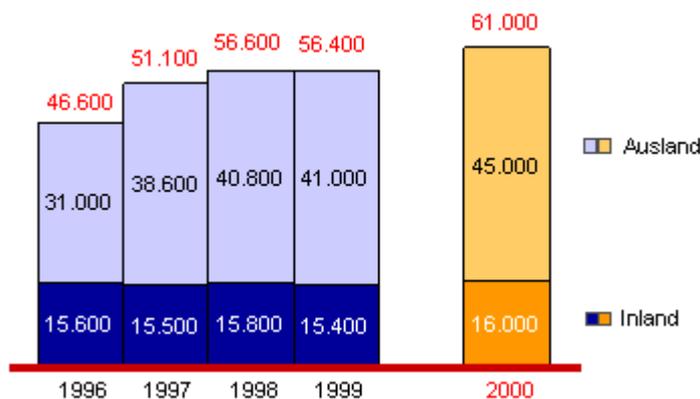
Ohne die Unterstützung wäre es mir nicht möglich gewesen diese Arbeit überhaupt zu schreiben.

1.2 Firmenportrait (Stand 04.01.2001)

1.2.1 Mitarbeiter ¹

Die zunehmende Globalisierung der Henkel-Gruppe spiegelt sich auch in der Entwicklung des Personalbestandes wider. Die Zahl der Mitarbeiter außerhalb Deutschlands hat sich in den vergangenen fünf Jahren um 17.000 auf 44.000 erhöht. Insgesamt sind mehr als 59.000 Mitarbeiter weltweit für Henkel tätig.

Entwicklung der Mitarbeiter-Zahl



1.2.2 Unternehmensbereiche ²

Klebstoffe

Der Unternehmensbereich Klebstoffe entwickelt, produziert und vertreibt Klebstoffe für Heim, Hobby und Büro sowie für Handwerker und industrielle Anwendungen. Mit mehr als 3.000 verschiedenen Kleb- und Dichtstoffen nimmt Henkel weltweit die Spitzenposition ein und bietet die mit Abstand größte Produktpalette auf diesem Markt an. Der Unternehmensbereich Klebstoffe besteht aus einer Geschäftseinheiten, die für ihre weltweite Geschäftstätigkeit verantwortlich ist: Klebstoffe für Konsumenten und

¹ Henkel, 04.01.2002, www.henkel.de/

² Henkel, 04.01.2002, www.henkel.de/

Handwerker. Obwohl von der Öffentlichkeit selten wahrgenommen, sind Klebstoffe überall und werden in allen Bereichen des täglichen Lebens verwendet.

Klebstoffe für Konsumenten und Handwerker

In diesem Bereich bietet Henkel eine breite Produktpalette von Markenartikeln für Haushalt, Büro und Heimwerker an. Für den Handwerker umfasst das Angebot unter anderem Klebstoffe und Fugendichtungsmittel für den Bau, Verlegewerkstoffe und Dachprodukte, Dekorations- und Renovierprodukte sowie Klebstoffe für Holz und Möbel.

Kosmetik

Die zahlreichen Markenprodukte, die der Unternehmensbereich Kosmetik/Körperpflege – auf dem Markt als Schwarzkopf & Henkel bekannt - weltweit entwickelt, herstellt und vertreibt, lassen sich in mehrere Produktparten unterteilen.

Dazu gehören: Haarcolorationen, Haarwasch- und Haarpflegemittel, Haarstylingprodukte und Dauerwellmittel, Hautcremes und Hautpflegeprodukte, Bade- und Duschzusätze, Feinseifen und Deodorantien, Produkte für die Zahnpflege und Mundhygiene,

Parfüms und Duftwässer

Markenprodukte für professionelle Anwendungen im Friseurgeschäft wie Schwarzkopf Professional ergänzen die Produktpalette.

Haarkosmetik

Zu den Haarkosmetika mit dem international größten Erfolg zählen das Haarwaschmittel Schauma, die Haarstyling-Serie Taft, Colorationsmarken wie Country Colors, Brillance und Palette sowie die Haarpflegemittel Gliss Kur und Poly Kur.

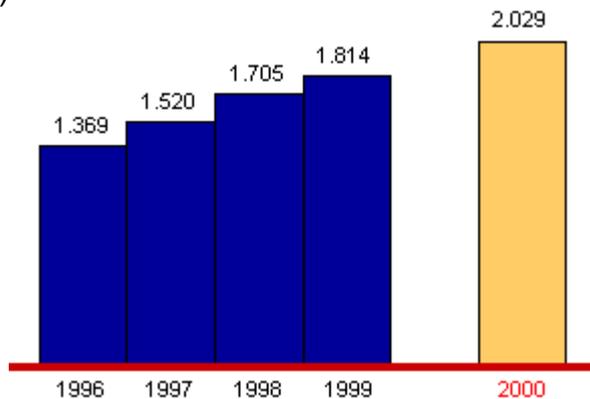
Mundhygiene / Hautpflege / Duftwässer

Theramed, Vademecum, Denivit und Licor del Polo sind die stärksten Marken im Segment Mundhygiene. Zu den bekanntesten Hautpflegeprodukten gehören Diadermine und Aok. Bei Duftwässern sind besonders die Linien Morris und Scorpio zu nennen.

Körperpflege

Die Marken Fa (Feinseifen, Badezusätze, Deodorantien), Bac und Vogue/Dané (Deodorantien), Neutromed (Badezusätze, Feinseifen), Mont St. Michel (Eau de Toilette, Feinseifen) und Barnängen (Seifen, Badezusätze) gehören zu den bekanntesten Körperpflegemarken in Europa und weltweit.

Anteil am Konzernumsatz: 16 Prozent
(Angaben in Mio. EUR)



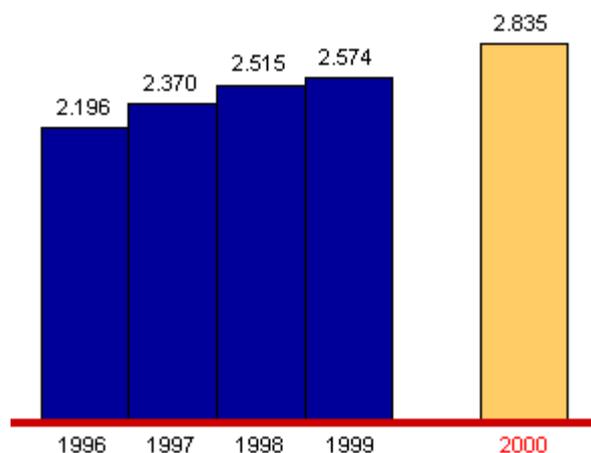
Waschmittel

Der Unternehmensbereich Wasch-/Reinigungsmittel entwickelt, produziert und vertreibt Markenprodukte, die weltweit den Qualitätsansprüchen der Privatverbraucher für Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel Rechnung tragen: Universalwaschmittel, Spezialwaschmittel, Weichspüler, Textilfrischer, Geschirrspülmittel, Haushaltsreiniger, Scheuermittel, Boden- und Teppichpflegemittel, Bad- und WC-Reiniger, Glasreiniger und Brillenputztücher, Küchenpflegemittel.

Die bekanntesten Marken

Zu den bekanntesten und erfolgreichsten Henkel-Produkten (von denen die meisten im Ausland unter anderen Markennamen vertrieben werden) gehören: Persil, Weißer Riese, Spee (Universalwaschmittel); Perwoll, Fewa, Dato, Sil und Saptil (Spezialwaschmittel); Vernel (Weichspüler); Svit und Fasa (Textilfrischer); Pril und Somat (Geschirrspülmittel); Der General und Dor (Haushaltsreiniger); Ata (Scheuermittel); WC Frisch und Biff (WC- und Badreiniger); Sofix und Sapur (Boden- und Teppichpflegemittel); Sidolin (Glasreiniger und Brillenputztücher).

Anteil am Konzernumsatz: 22 Prozent
(Angaben in Mio. EUR)



Henkel Technologies

Der Unternehmensbereich Henkel Technologies entwickelt, produziert und vertreibt Klebstoffe und Oberflächentechnik Systeme für industrielle Anwendungen. Mit mehr als 3.000 verschiedenen Kleb- und Dichtstoffen nimmt Henkel weltweit die Spitzenposition ein und bietet die mit Abstand größte Produktpalette auf diesem Markt an. Der Unternehmensbereich Klebstoffe besteht aus drei strategischen Geschäftseinheiten, die jeweils für ihre weltweite Geschäftstätigkeit verantwortlich sind: Industrie- und Verpackungsklebstoffe, Konstruktionsklebstoffe sowie Klebstoffe für Konsumenten und Handwerker. Obwohl von der Öffentlichkeit selten wahrgenommen, sind Klebstoffe überall und werden in allen Bereichen des täglichen Lebens verwendet.

Industrie- und Verpackungsklebstoffe

Die Industrie- und Verpackungsklebstoffe werden bei der Herstellung von Verpackungsmaterialien, Folien und Laminaten, in der Nahrungsmittel verarbeitenden Industrie, der Tabakwaren- und Schuhindustrie, der Holz verarbeitenden Industrie und in Buchbindereien eingesetzt. Zu den Kunden zählen eine Vielzahl von Montagebetrieben für Produkte wie Container oder Kühlschränke.

Loctite - Konstruktionsklebstoffe

Hauptabnehmer für die Konstruktionsklebstoffe sind das Transportwesen und die Elektronikindustrie. Die Anwendungen reichen vom Kleben, Abdichten und Versteifen von Teilen in Automobilen, Flugzeugen und Schiffen bis zum Chip-Bonding (Kleben von Chips an Leiterplatten) und der Herstellung von Kabeln.

Henkel Surface Technologies

Henkel Surface Technologies bietet weltweit Dienstleistungen, Systeme und Produkte zur Oberflächenbehandlung in der Metall- und Kunststoffindustrie an und trägt durch die Beratung seiner Kunden entscheidend zu einer Optimierung mit gesteigerter Wertschöpfung der Fertigungsprozesse bei. Hauptabnehmer sind die Automobilindustrie, die Stahl- und Bandbeschichtungsindustrie, die Hersteller von Konserven- und Getränkedosen, die Aluminium- und Haushaltsgeräteindustrie, die Zulieferer für die Automobilindustrie, die Luft- und Raumfahrtindustrie, Kaltumformungsbetriebe, das Transportwesen, sowie die allgemeine Industrie.

2 Umweltvergleich Lösungsmittelhaltig (LH) – Lösungsmittelfrei (LF)

2.1 Vorteile des Lösungsmittelfreien Kaschierens ³

Gegenüber Lösungsmittelhaltigen Klebstoffen haben Lösungsmittelfreie Klebstoffe einige Vorteile. So verbraucht die Herstellung von Verbunden mit Lösungsmittelhaltigen Klebstoffen ein hohes Maß an Energie für die Trocknung. Es werden zudem größere Mengen an Lösungsmittelhaltigem Klebstoff gebraucht, da der Festkörperanteil von lösungsmittelhaltigen und lösungsmittelfreien Klebstoffen zwar gleich ist, der lösungsmittelhaltige Klebstoff aber ein höheres Auftraggewicht (ca. 30% mehr) benötigt. Auch die Umweltverträglichkeit der Lösungsmittelfreien Klebstoffe ist gegenüber den Lösungsmittelhaltigen wesentlich besser, selbst wenn eine Lösungsmittelrückgewinnungsanlage angeschlossen ist.

Vorteile im Überblick :

- keine Luftbelastung durch Lösungsmittel
- keine Feuer- und Explosionsgefahr
- keine Lösungsmittelrückstände in Laminaten
- geringere Produktionskosten (Klebstoff, Lösungsmittel)
- keine Trocknungsenergie
- keine Lösungsmittelrückgewinnung oder Nachverbrennung
- Kompakte Kaschiermaschine

³ G. Henke, o.J., Seite 2

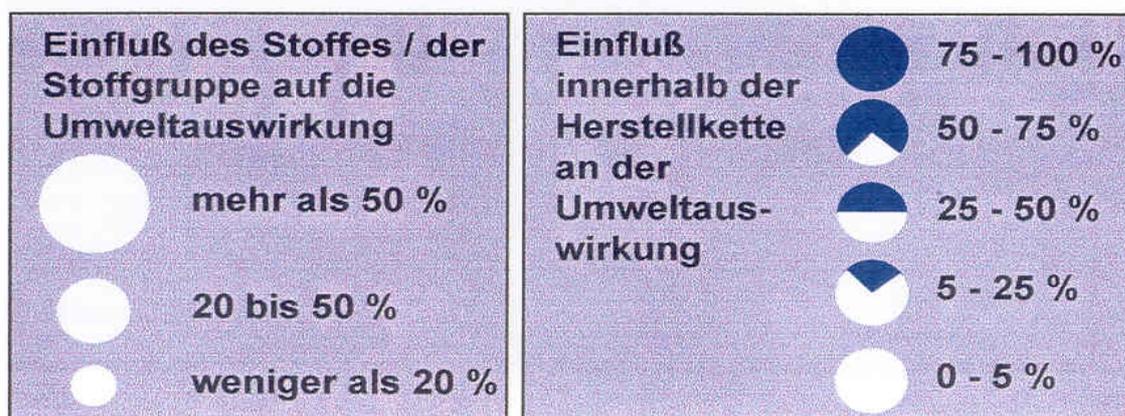
2.2 Umweltbelastung Lösungsmittelhaltig gegenüber Lösungsmittelfrei

Im folgenden werden die Klebstofftypen nach Umweltauswirkung, Treibhauseffekt, Eutrophierung und saurer Regen sowie Primärenergieverbrauch und Abfall aufgegliedert. Daneben auch eine Einstufung der verschiedenen Schritte in der Herstellerkette auf diese Umweltauswirkungen.

In diesem Überblick wird ein Bewertungsschema verwendet, um die Ergebnisse besser visualisieren zu können. Dargestellt wird der Einfluss einer Substanz auf die jeweilige Umweltauswirkung, z.B. wenn Kohlendioxid mehr als 50% des

Treibhauseffektes bewirkt, erhält es den entsprechenden Kreis.

Abbildung 21: Bewertungsschema ökologische Schwerpunkte



4

Entsprechend dem Einfluss der jeweiligen Produktionsschritte an der Umweltauswirkung wird in einem weiteren Schritt ein dunkles Kreissegment zugeordnet. Die Größe derselben orientieren sich hierbei am oberen Wert des Bereiches.

Zu einer Aussage kommt man, indem man zuerst in der vertikalen Achse die wichtigsten Substanzen abgelesen werden. Anschließend lässt sich in der horizontalen Achse der Verursacher in der Herstellerkette erkennen.

4 Walter Rudolf Jäger, 1996, Seite 34

Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für den Lösungsmittelhaltigen Typ.⁵

Abbildung 22: Ökologische Schwerpunkte für den Lösungsmittel-haltige Liofoltyp

Lösungsmittel-haltig	Liofol Logistik	Liofol Produktion	Polyester Produktion	Polyester Rohstoffe/ Vorprod.	sonstige Rohstoffe/ Vorprod.
Abfälle (niedrige Hypothek)					
Abfälle (hohe Hypothek)					
Saurer Regen (Schwefeloxide)					
Saurer Regen (Stickoxide)					
Treibhauseffekt (Kohlendioxid)					
Treibhauseffekt (Kohlenwasserstoffe)					
Eutrophierung (Phosphor)					
Eutrophierung (Stickoxide)					
Primärenergieverbrauch (Öl)					
Primärenergieverbrauch (Gas)					

Der Schwerpunkt für Verbesserungspotential befindet sich hier bei den beiden atmosphärischen Emissionen und bei den Abfällen.

⁵ Walter Rudolf Jäger, 1996, Seite 35

Nachfolgend die Tabelle für den Lösungsmittelfreien Klebstofftyp : ⁶

Abbildung 23: Ökologische Schwerpunkte für den Lösemittel-freie Liofoltyp

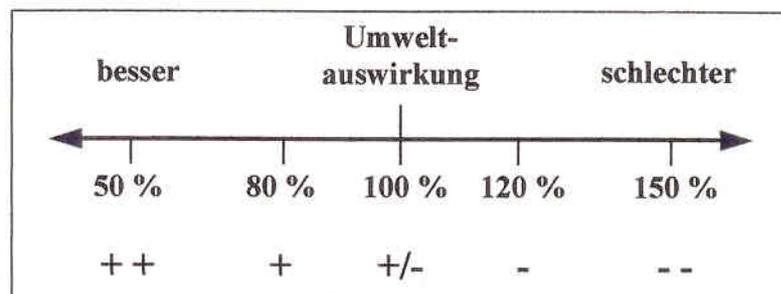
Lösemittel-frei	Liofol Logistik	Liofol Produktion	sonstige Rohstoffe/ Vorprod.
Abfälle (niedrige Hypothek)			
Abfälle (hohe Hypothek)			
Saurer Regen (Schwefeloxide)			
Saurer Regen (Stickoxide)			
Treibhauseffekt (Kohlendioxid)			
Treibhauseffekt (Kohlenwasserstoffe)			
Eutrophierung (Phosphor)			
Eutrophierung (Stickoxide)			
Primärenergieverbrauch (Öl)			
Primärenergieverbrauch (Gas)			

⁶ Walter Rudolf Jäger, 1996, Seite 36

2.3 Fazit ⁷

Für die abschließende Bewertung wurde, um einfacher Vergleichen zu können, der lösungsmittelhaltige Klebstofftyp in seinen Umweltauswirkungen mit jeweils 100% angenommen. Wenn die Werte des anderen Klebstofftyps um 20% besser bzw. schlechter sind, so wird ein + oder ein – vergeben, analog dazu wenn der Wert um 50% besser bzw. schlechter ist wird ein ++ oder ein – vergeben.

Abbildung 26: Bewertungsschema



8

Vorweg ist zu sagen, dass der lösungsmittelfreie Klebstofftyp in allen Umweltauswirkungen besser liegt als der lösungsmittelhaltige Klebstofftyp.

Tabelle zur Bewertung der Umweltauswirkungen:

Umweltauswirkung	Lösungsmittelhaltig	Lösungsmittelfrei
Rohöläquivalent	+/-	++
Treibhauseffekt	+/-	++
Saurer Regen	+/-	++
Smogbildung	+/-	++
Eutrophierung	+/-	+
Abfall	+/-	+

9

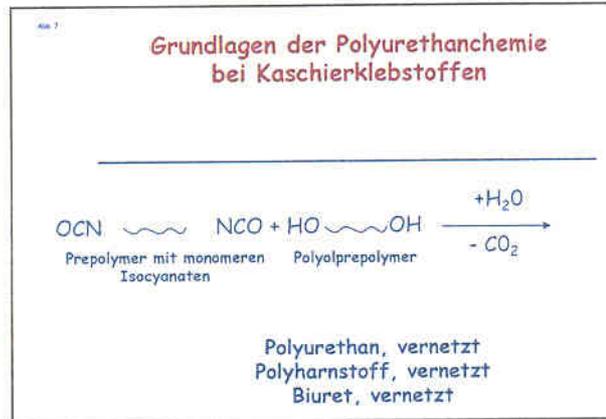
Anhand dieses Umweltvergleichs wird deutlich, wieso sich die Arbeit auf lösungsmittelfreie Klebstoffe konzentriert und die lösungsmittelhaltigen nicht mit einbezieht. Betrachtet man die reinen Umweltdaten, so schneiden lösungsmittelfreie Klebstoffe wesentlich besser ab und müssen somit für die Zukunft vermehrt eingesetzt werden.

⁷ Walter Rudolf Jäger, 1996, Seite 41

⁸ Walter Rudolf Jäger, 1996, Seite 41

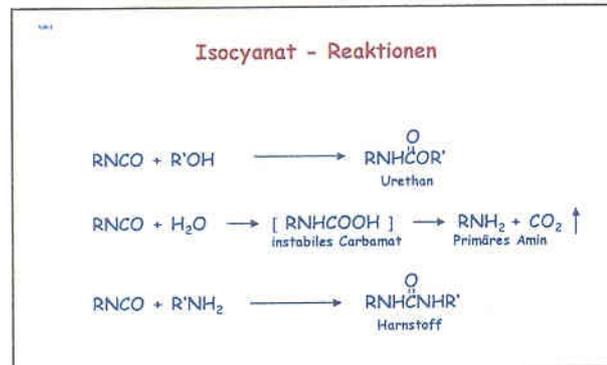
⁹ Walter Rudolf Jäger, 1996, Seite 41

3 Theorie zu den verwendeten Klebstoffen



10

Die Hauptreaktion ist die Umsetzung der NCO Gruppe mit der OH Gruppe zur Urethan Gruppe, fast 10 mal langsamer reagiert Wasser mit der NCO Gruppe bzw. Auch die gebildete Urethangruppe mit der NCO Gruppe zum Allophanat.¹¹

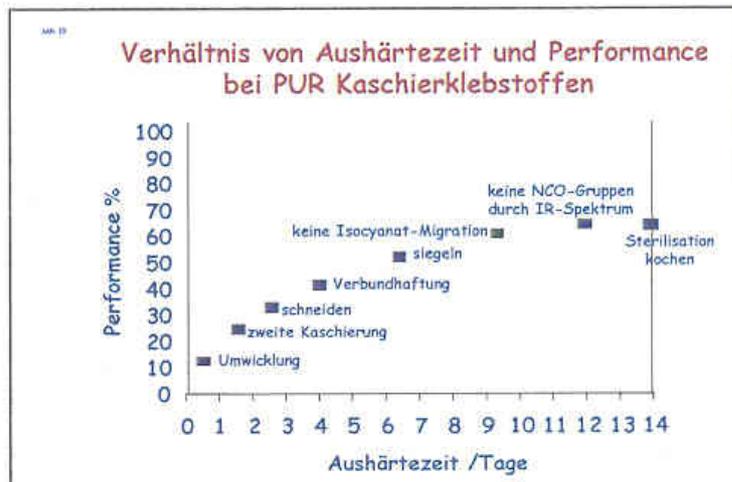


12

10 G. Henke, o.J., Seite 3

11 G. Henke, o.J., Seite 3

12 G. Henke, o.J. Seite 3



13

Gut zu sehen ist, das ein Verbund nicht sofort nach dem Kaschieren zur Weiterverarbeitung geeignet ist. Kurz nach dem Kaschieren ist z.B. nur eine Umwicklung möglich, das kaschieren einer zweiten Schicht sollte erst einen Tag später erfolgen. Inline - Schneiden ist oft nicht möglich, da der Klebstoff dazu neigt an den Schneidmessern zu haften.

Verbundhaftungsmessung nach 4 bis 5 Tagen um die Werte des vollständig vernetzten Klebstoffes zu erfassen, aber besser erst später, da der Verbund erst nach 6 bis 8 Tagen frei von Migration ist, was bedeutet, man kann mit geeigneten Messmethoden keine Migration von Isocyanaten mehr feststellen. Außerdem gilt zu beachten, dass, falls der Verbund für Lebensmittel verwendet wird, nicht nur die mechanische Belastbarkeit ausschlaggebend ist, sondern auch die Migrationsfreiheit.¹⁴

Die Vernetzung und Aushärtung von PUR Klebstoffen ist abhängig von:¹⁵

- Aushärtmechanismus
- Anteil freier Monomere
- Mischungsverhältnis NCO/OH
- Relative Feuchtigkeit während der Verarbeitung
- Vernetzungstemperatur
- Auftragsgewicht des Klebstoffes
- Chemische Zusammensetzung der eingesetzten Folien

Die Aushärtung der Kaschierklebstoffe wird von mehreren Faktoren beeinflusst, wobei die wichtigsten der Aushärtmechanismus, der freie Monomergehalt sowie das Verhältnis von Isocyanat zu OH – Gruppen sind.

Daneben gibt es weitere Einflussgrößen, welche für die Aushärtung von Bedeutung sind, wie etwa die relative Feuchtigkeit während des Produktionsprozesses, die

13 G. Henke, o.J., Seite 3

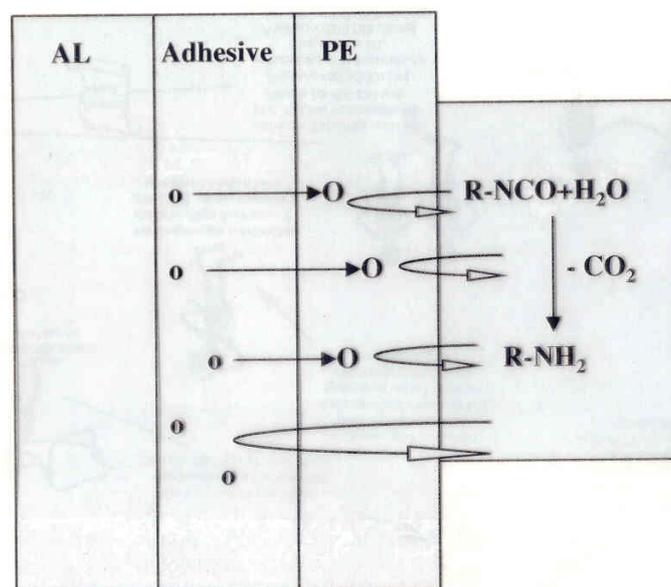
14 G. Henke, o.J., Seite 3 - 4

15 G. Henke, o.J., Seite 4

Temperatur während der Vernetzung in der Rolle, das Auftragsgewicht des Klebstoffes und die chemische Zusammensetzung der kaschierten Folien.

Wenn der Klebstoff vor vollständigem Aushärten mit einem flüssigen Füllgut befüllt wird, kann es aufgrund der Reaktion der im Klebstofffilm noch enthaltenen Restmonomere mit einem Überschuss an Wasser zur Bildung von Aminen, d.h. Migraten kommen. Keine Migraten bilden sich hingegen, wenn ein Überschuss an Isocyanaten vorhanden ist, da Amin sehr viel schneller mit diesen reagiert als mit Feuchtigkeit.

Migration of aromatic amines



Die verwendete Folie beeinflusst die Migration sehr stark, da je nach Dichte, Barriereigenschaften, Pigmentierung und Gleitmittelgehalt die Migrationseigenschaften verändert werden und so die Isocyanatmonomere mehr oder weniger leicht durch die Folie wandern können. Besonders stark von dieser Migration sind Ethylenvinylacetatcopolymerer, speziell als pigmentierte und gleitmittelhaltige Folien, betroffen aber auch ganz normale Polyamid – Polyethylenverbunde.¹⁶

Die Bedingungen unter denen die Aushärtung erfolgt beeinflussen die Geschwindigkeit der Vernetzung. Allen voran ist hier die Temperatur zu nennen, je wärmer, desto schneller die Vernetzung. Des weiteren muss die Luftfeuchtigkeit beachtet werden, da Wasser als Härter fungiert, welcher je nach Konzentration Einfluss auf die Vernetzung hat.

Auch ist die Permeationsfreudigkeit der Folie, entsprechend ihrem chemischen Aufbau und Ordnungszustand, beeinflusst durch Co – Monomere, Kristallinität und Additivierung / Pigmentierung, von großer Bedeutung für die Aushärtung. Die Klebstoffauftragsmenge entspricht zwar dem Vorrat an migrationsfähigen Substanzen, aber hat auf die Geschwindigkeit der Vernetzung, falls die Auftragsdicke im Rahmen von 1,5 – 2,5 variiert, keinen Einfluss.¹⁷

3.1 Die verschiedenen Klebstoffgenerationen

Die verwendeten Klebstoffsysteme lassen sich in 5 Kategorien unterteilen :

- 1. Generation (1 Komponenten System)
- 2. Generation
- 3. Generation
- 4. Generation
- Lösungsmittelfreie Universal – Kaschierklebstoffe

3.1.1 1. Generation:

1. Generation
Lösemittelfreie Kaschierklebstoffe

Parameter	1. Generation
Monomere Isocyanate (%)	mittel
Auftragstemperatur	70-100 °C
Viskosität bei Auftragstemperatur	700-3 500 mPas
Auftragsgewicht	1,5-3,5 g/m ²
Anfangshaftung	mittel-hoch
Verbundaufbau	Papier/Film, Film/Film (Feuchtigkeit), Papier/Folie

Aushärtung von 1-Komponenten-Klebstoffen:

$$\text{OCN-} \boxed{\text{PUR-Prepolymer}} \text{-NCO} \xrightarrow[\text{-CO}_2]{\text{Feuchtigkeit}} \text{--- -NH} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \end{array} \text{NH - PUR ---}$$

Harnstoff:

(- Vernetzung durch Allophanat, Biuret)

18

17 G. Henke, o.J., Seite 4

18 G. Henke. o.J., Seite 8

Die erste Generation von lösungsmittelfreien Klebstoffen wurde Mitte der 70er Jahre entwickelt. Es handelt sich hierbei um 1-Komponenten-Systeme, welche über Feuchtigkeit aushärten. Um zu einem Polyharnstoff zu vernetzen, sind diese als NCO-terminiertes Polyether-Prepolymer hergestellten Systeme auf zugeführte Feuchtigkeit angewiesen. Die Verarbeitungstemperatur liegt bei 80° bis 100° Celsius.

Das Problem dieser Kaschierklebstoffe besteht darin, dass sie, wie schon erwähnt Feuchtigkeit zum Aushärten brauchen. Bei Kunststoff oder Aluminiumverbunden (allgemein Barrierefolien) ist diese Feuchtigkeitzufuhr, auch mit Dampf von außen, aber nicht immer zu gewährleisten, was zu Verzögerungen oder Ungleichmäßigkeiten bei der Aushärtung oder bei Doppelbarrierefolien (zwei Barrierefolien aneinander kaschiert) sogar zu CO₂-Blasen führen kann. Auch das Schneiden bei trockenen oder kalten Bedingungen bereitet kann erst später erfolgen, wenn nicht genügend Feuchtigkeit zur Verfügung steht. Des Weiteren zeichnet diese Kaschierklebstoffe ein relativ hoher Restmonomergehalt aus, welche sich als Migrat oder durch Antisiegeleffekte im Zusammenspiel mit dem auf Wasser basierenden Reaktionsmechanismus, welcher langsam ist und somit die Bildung von Migraten begünstigt, in der Anwendung störend bemerkbar machen.

Wegen dieser Probleme werden Systeme der 1. Generation vorwiegend für Papierverbunde eingesetzt. Durch die Wasserdurchlässigkeit des Papiers ist eine gute Vernetzung gewährleistet.

Beispiele für die Verwendung sind etwa gerecktes Polypropylen gegen Papier (bedruckt und unbedruckt), Papier gegen Aluminium oder auch Papier gegen Polyester.¹⁹

Application of First Generation

	1. Generation
Physical Properties	1-K-hot 700 - 1.500 mPas/100°C
Laminate Composition	paper/film film/film (moisturing) paper/foil

20

19 G. Henke, o.J., Seite 8

20 G. Bolte, o.J., Seite 2

3.1.2 2. Generation

Um die Limitierungen der feuchtigkeitsvernetzenden lösungsmittelfreien 1 - Komponentensysteme zu umgehen wurden um 1975 2 - Komponentensysteme entwickelt. Diese 2 - Komponentensysteme enthalten eine Isocyanat und eine OH Komponente, wobei die Basis sowohl Polyester als auch Polyether sein kann. Beide Komponenten sind bei Raumtemperatur flüssig und können bei 20° - 40° Celsius verarbeitet werden. Das Aushärten dieser Systeme lässt sich durch das Reaktionsverhältnis zwischen Basiskomponente und Härterkomponente viel besser steuern, da man nicht auf so stark auf Feuchtigkeit angewiesen ist.²¹

2. Generation
Lösemittelfreie Standard-Kaschierklebstoffe

Parameter	2. Generation
Monomere Isocyanate (%)	hoch
Auftragstemperatur	25-45 (70) °C
Viskosität bei Auftragstemperatur	2 000-3 000 mPas frische Mischung
Topfzeit	30-120 min.
Auftragsgewicht	1,5-3 g/m ²
Anfangshaftung	niedrig-mittel
Verbundaufbau	Film/Film, Film/Alu-Folie

Aushärtung der 2. Generation (Standardsysteme):

OCN - PUR-Prepolymer
mit freiem MDI - NCO + HO - Polyol - OH → -OCN-PUR-HN  O-Polyol-OH
 Urethan

22

Die Vorteile der 2. Generation liegen in der Einfachen Handhabung, in der guten Endhaftung und in einem deutlich verbesserten Eigenschaftsprofil gegenüber den feuchtigkeitshärtenden 1 - Komponentensystemen.²³

21 G. Henke, o.J., Seite 8

22 G. Henke, o.J., Seite 8

23 G. Henke, o.J., Seite 8

*Second Generation, Solventfree Laminating Adhesives -
 Applications and Advantages*

	2. Generation
Physical Properties	2K-cold 2 000 - 8 000 mPas/RT
Laminate Composition	film/film film/foil

* easy processing
 * good metal adhesion

24

Abgesehen von den Erwähnten Vorteilen, verbleiben aber zwei kritische Punkte. Es ist zwar möglich folgende Folienkombinationen mit kalt zu verarbeitenden klassischen 2 - Komponentenklebstoffen zu Kaschieren, aber es wird im allgemeinen davon abgeraten:

- Kunststoff- /EVAc- oder Metallfolien/EVAc- CPA/PE- Verbunde
- Hochgleitfähiges PE oder weiß – pigmentiertes PE/EVAc
 - Isocyanat – Migration
 - Anti – Siegel – Effekt

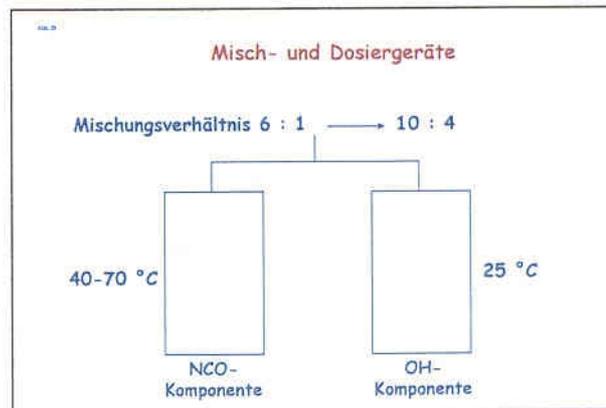
Bedingt durch den niedermolekularen Aufbau enthalten die Systeme der 2. Generation einen hohen Monomeranteil, welcher sich besonders bei Polyamidverbunden oder bei Ethylen – Vinylacetat – modifizierten Folien durch Migration bemerkbar macht. Weiterhin können speziell bei gleitmittelhaltigen EVA – haltigen Folien oder bei weiß pigmentierten Polyethylen- und EVA – haltigen Folien Antisiegel effekte auftreten. Auch die langen Migratzeiten sind in der Praxis von Nachteil.

Um diese Systeme verarbeiten zu können, muss ein 2 – Komponente Dosier und Mischgerät verwendet werden, welches die Basiskomponente und die Härterkomponente im richtigen Mischungsverhältnis dosieren, mischen und in den Walzenspalt der Kaschiermaschine pumpen kann.

Die Topfzeit von ca. 45 Minuten kann dadurch gehandhabt werden, in dem die eingespeiste Menge exakt auf den Verbrauch beim Kaschieren abgestimmt wird. Nur bei einem längeren Maschinenstopp muss die Klebstoffmischung gegen eine frische Ausgetauscht werden.²⁵

24 G. Bolte, o.J., Seite 3

25 G. Henke, o.J., Seite 8



26

3.1.3 3. + 4. Generation :

**3. und 4. Generation
 Lösemittelfreie Kaschierklebstoffe**

Parameter	3. und 4. Generation
Monomere Isocyanate (%)	niedrig
Auftragstemperatur	60-70 °C
Viskosität bei Auftragstemperatur	1 500-3 800 mPas frische Mischung
Topfzeit	30 min.
Auftragsgewicht	1,5-3 g/m ²
Anfangshaftung	mittel-hoch
Aushärtung durch	2-Stufen Mechanismus

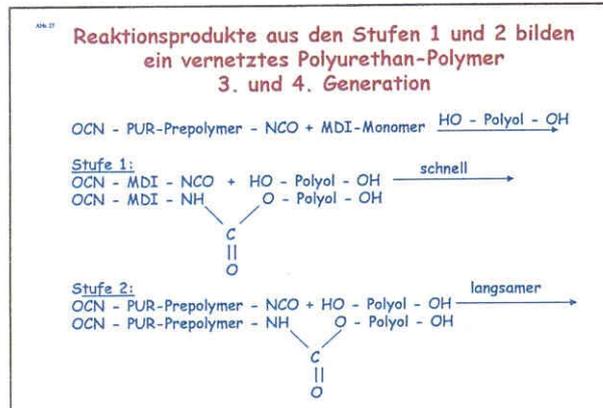
27

Diese Generation lösungsmittelfreier Kaschierklebstoffe verbindet die Vorteile einer hohen Anfangshaftung mit der leichten Verarbeitbarkeit einer Lösungsmittelfreien Flüssigphase. Die Prepolymeren werden so synthetisiert, das eine schnelle Aushärtung

26 G. Henke, o.J., Seite 9

27 G. Henke, o.J., Seite 9

mit dem Härter in Stufen erfolgt. Durch einen besonderen Aushärtmechanismus reagiert das Diisocyanat Restmonomere bevorzugt ab.



28

29

Vorteile und Anwendungen: ³⁰

- Gute Maschinengängigkeit
- Hohe Anfangshaftung, geringe Tunnelbildung
- Schnelles Aushärten, frühzeitiges Schneiden
- Geeignet für alle Folientypen einschließlich PA, weiß pigmentiertem PE und EVA
- Gutes optisches Erscheinungsbild
- Sterilisationsbeständige Beutel PETP/Alu/CPP
- Entsprechen BGVV Empfehlung XXVIII., EEC 90/128 und FDA §175.105 Klebstoffe
- Wirtschaftlich und umweltfreundlich

Der Monomeranteil sowie die Migratzeiten sind deutlich niedriger als bei den Systemen der 2. Generation. Dadurch ergibt sich aber auch eine erhöhte Verarbeitungstemperatur von ca. 70° Celsius, damit die gewünschte Verarbeitungsviskosität erreicht werden kann.

Aufgrund dieser Tatsachen sind diese Systeme für alle Folienkombinationen einsetzbar, auch für weiß pigmentierte PE- und EVA- Folien sowie für Polyamid Folien. Die Kaschierklebstoffe der Systeme der 3. Generation können füllgutbeständig bei aggressiven Füllgütern wie z.B. Fruchtsäften sein. Die Wärmebeständigkeit von Spezialprodukten erlaubt die Sterilisation von Aluminiumverbunden bei 121° Celsius für 30 Minuten. Antisiegeleffekte mit PE- oder EVA- Folien und Migrate aus den Isocyanaten konnten bei dieser Generation beseitigt werden.

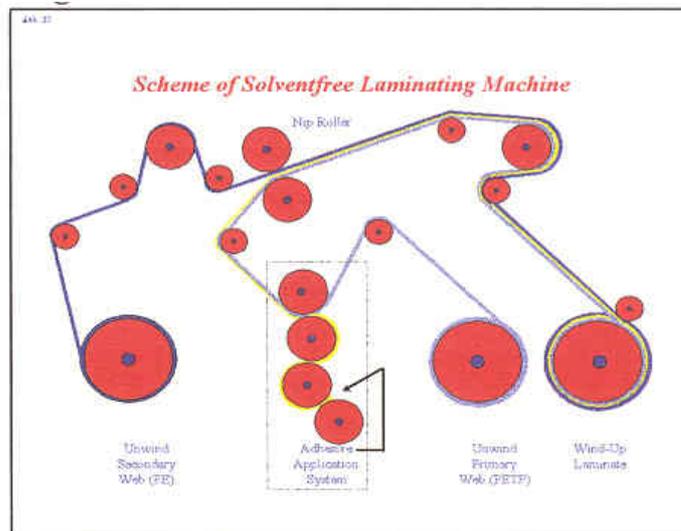
Da diese Systeme nicht auf Basis aliphatischer Isocyanate aufgebaut sind erfüllen sie nicht den Code Federal Regulations title 21 § 177.1390 für sterilisierbare Verbunde.

28 G. Henke, o.J., Seite 9

29 G. Henke, o.J., Seite 9

30 G. Henke, o.J., Seite 9

Die Verarbeitung dieser lösungsmittelfreien Kaschierklebstoffe erfolgt auf speziell für diesen Zweck konzipierten Kaschiermaschinen, welche mindestens ein 3 – Walzen, aber hauptsächlich ein 4 - Walzen Auftragswerk haben, um die Klebstoffschichtdicken auf 1,5 – 3 μ , entsprechend ca. 1,5 – 3 g/cm² zu dosieren.



31

Darüber hinaus müssen wegen der geringen Anfangshaftung die Bahnspannung der Träger und Zulauffolie sehr genau einstellbar sein, damit keine Falten und keine Rollneigungen im Verbund entstehen.

3.1.4 Lösungsmittelfreie Universal – Kaschierklebstoffe

Eigenschaften: ³²

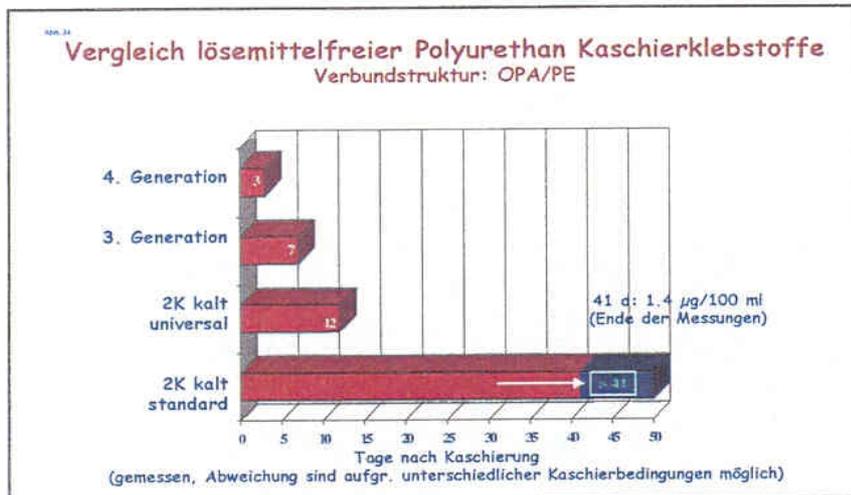
- 2 – Komponenten – Kaltsystem (40° Celsius)
- gute Benetzbarkeit
- gute Anfangshaftung
- geeignet für Koch und sterilisationsfeste Verbunde
- kein Antisiegeleffekt bei PE und EVA – Folien weiß pigmentiert mit 750 ppm ESA/35 μ und 850 ppm ESA/40 μ
- schnelle Vernetzung und Migratfreiheit im Vergleich zu den Standardsystemen der 2. Generation.

Der Reaktionsmechanismus dieser Universal – Kaschierklebstoffe beruht auf dem der 3./4. Generation (MDI/TDI basiert). Zudem zeichnet diese Systeme eine niedrige Anfangsviskosität aus, was bedeutet, die Verarbeitungstemperatur kann auf ca. 40°

31 G. Henke, o.J., Seite 3

32 G. Henke, o.J. Seite 11

Celsius gesenkt werden. Der Monomergehalt ist gegenüber den Systemen der 3./4. Generation höher, was sich auch in etwas längeren Migratzeiten bemerkbar macht.



33

4 Theoretische Betrachtung

4.1 Theorie zum Kaschieren³⁴

Definition :

Unter Kaschieren, manchmal auch als Laminieren bezeichnet, versteht man das dauerhafte vollflächige Zusammenfügen von mindestens zwei flächigen Materialien, die in der Regel als Bahn von der Rolle verarbeitet werden. Man erhält Verbundwerkstoffe, z.B. Verbundfolien, die aus zwei oder mehr Einzelschichten bestehen. Auch Verbunde von Pappe, Papier, Aluminiumfolien oder Textilien mit Kunststoff – Folien können durch Kaschieren gewonnen werden.³⁵

Das Verbinden der Bahnen kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen :

- Unter Verwendung von Kaschierklebstoffen, die zuvor auf eine Bahn aufgetragen werden. Erfolgt das Kaschieren unmittelbar nach dem Klebstoffauftrag, so spricht man von Nasskaschieren, wird der Klebstoff zuvor getrocknet, von Trockenkaschieren. Eine andere Variante ist das Wachskaschieren, bei welcher Schmelzklebstoffe ohne Lösungsmittel zum Einsatz kommen. Die durch kaschieren zu verbindenden Materialien werden in der Regel von Rollen abgenommen und mittels des Klebstoffes zusammengeführt. Die beiden bahnen werden zwischen Kaschierwalzen, Kaschiertrommeln oder in Kaschierpresse, meist bei erhöhter Temperatur und erhöhtem Druck zusammengeführt.

33 G. Henke, o.J., Seite 11

34 Nentwig, 2000, Seite 155

35 Nentwig, 2000, Seite 155

Kaschierklebstoffe werden immer in flüssiger Form angewendet. Hierzu werden Bindemittel entweder in geeigneten Lösemitteln gelöst oder in Wasser dispergiert. Eine andere Möglichkeit ist, dass diese in 100% Festkörper vorliegen. Zum senken der Lösemittelmengen wurden so genannte High Solid Systeme entwickelt, bei denen der Bindemittelanteil bei über 60% liegt. Besser sind hier nur die lösemittelfreien Systeme.

Man kann zwei verschiedene Wirkmechanismen unterscheiden:

- Physikalisch Härtende Systeme. Die Bindekraft dieses Klebstoffes beruht auf physikalischen Prozessen, d.h. Auf der Trocknung des Klebstoffes durch verdampfen des Lösungsmittels. Es werden natürliche und synthetische, niedermolekulare Polymere als Bindemittel eingesetzt.
 - Auch mit Schmelzklebstoffen oder Hotmelts, die zu 100% aus festen Klebemitteln bestehen kann, kann die Kaschierung lösemittelfrei durchgeführt werden. Basis sind hierbei niedermolekulare thermoplastische Klebstoffe, die gemeinsam mit Wachsen und/oder Harzen in geschmolzenem Zustand angewendet werden und die nach dem Abkühlen eine feste Verbindung der behandelten Materialien ergeben. Das mit Abstand am häufigsten benutzte Material sind Ethylen – Vinylacetat – Copolymere (EVA). Diese Produkte besitzen über einen weiten Temperaturbereich sehr gute Stabilität der Schmelze und ausgezeichnete Cohäsionsfähigkeit. Meist werden Wachse und niedermolekulare, klebrige Harze zugesetzt, um Viskosität und Haftkraft zu erhöhen.
 - Beim Thermokaschieren oder Heißkaschieren werden zwei Bahnen ohne Klebstoffauftrag unter Druck und Hitze Verbunden. Voraussetzung hierfür ist eine entsprechende Ausrüstung einer der beiden Folienbahnen. Dieses Verfahren dient meistens zur Hochglanzkaschierung von Papier und Pappe.
 - Wird die Verbindung der beiden Materialien durch Erweichen der Oberfläche einer der Bahnen mittels Beflammen oder seltener Infrarotheizung erreicht, so spricht man von Flammkaschieren. Das Verfahren eignet sich nicht für die Verbindung Folie/Folie, Folie/Papier oder Folie/Karton. Es wird sehr häufig zum Verbinden von Schaumstoffen oder Textilien mit Folie angewendet.
- Chemisch Härtende Systeme. Sie werden auch als Reaktionsklebstoffe bezeichnet, da hier die Aushärtung auf einer chemischen Reaktion beruht. Die besonders wichtigen Polyadditionsklebstoffe sind Polyurethane und Epoxide, welche meistens als Zweikomponentenklebstoffe eingesetzt werden. Die Reaktionspartner (Komponenten) werden erst kurz vor dem Kaschieren vermengt, da die Mischung nur eine bestimmte Zeit (Topfzeit) beständig ist. Polyurethan-klebstoffe spalten während der Reaktion keine niedermolekularen, flüchtigen Verbindungen ab und sind frei von Lösungsmitteln.

4.2 Bedampfen ³⁶

Durch die Bedampfung von Folienoberflächen mit einer äußerst dünnen Aufлагeschicht kann eine wesentliche Veränderung der Folienoberfläche und somit auch der Folieneigenschaften erreicht werden. Hierbei kommt vor allem die Metallisierung zum Einsatz, aber auch ein neueres Verfahren, die SiO_x oder MO_x - Bedampfung.

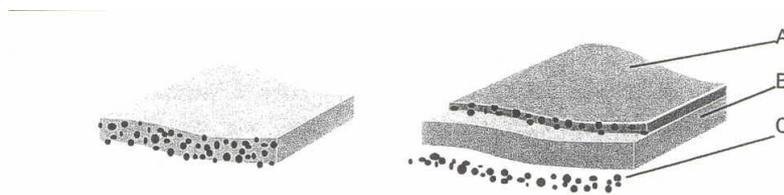


Bild 99 PET Mono- und Dreischichtfolie (Quelle: Mitsubishi Polyester Film)

37

Es gibt 3 Parameter, welche einen Einfluss auf die Barriereigenschaften nach einer Metallisierung haben :

- Topografie der Folienoberfläche
- Orientierung der Folie
- chemische Struktur der Folienoberfläche

Bei der Metallisierung, die zu einer sehr dünnen Aluminiumschicht führt, dürfen PP Folien möglichst wenig migrierende Anteile, vor allem keine Gleitmittel enthalten, was auf der anderen Seite immer zu einer hohen Reibzahl führt und somit auch zu einer geringeren Leistung an den Verpackungsmaschinen, was es nötig macht spezielle Antiblockmittel ohne migrierende Anteile einzusetzen.

Die Barriereigenschaften können durch eine Verringerung der Oberflächenrauigkeit und damit die Anzahl der Lichtporen (Pinholes) in der Metallschicht verbessert werden.

36 Nentwig, 2000, Seite 162 - 165

37 Nentwig, 2000, Seite 163

Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, welche für Kunststofffolien angewendet werden. Zum einen die Direkt Metallisierung zum anderen die Transfermetallisierung.

4.2.1 Direkt Metallisierung: ³⁸

Zum Bedampfen werden Folienrollen durch eine evakuierbare Anlage in einem halbkontinuierlichen Prozess umgewickelt. Mit getrennten Wickel- und Bedampfungskammern lässt sich die Produktionsgeschwindigkeit, sowie die Folienqualität steigern. Abgesehen davon gibt es Anlagen zur einseitigen, sowie zur beidseitigen Bedampfung.

Folgende Grafik verdeutlicht das Prinzip der direkt Metallisierung:

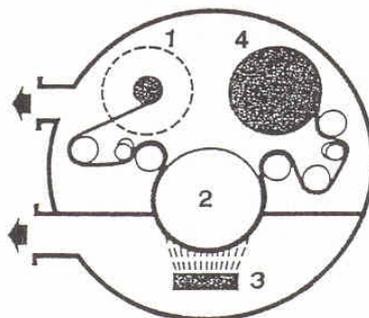


Bild 100 Verfahrensprinzip der Metallisierung
(Quelle: Leybold-Heraeus)
1 Abwickelstation, 2 Bedampfungswalze,
3 Bedampfungsquelle, 4 Abwicklung

(39)

Von der Abwicklung (1) aus wird die Folienbahn mittels mehrerer Umlenkwalzen über die Bedampfungswalze (2), unter welcher sich die Bedampfungsquelle befindet, zur Aufwicklung (4) geführt.

Die Bedampfungswalze kann je nach Folientyp beheizt oder gekühlt werden, letzteres ist für empfindliche Folien von Nöten. Das Verdampfen des Metalls an sich wird durch ein System aus 10 bis 24 halbleitenden Schiffchen durchgeführt, welche durch elektrischen Strom erhitzt werden. Das als Draht zugeführte Metall wird in diesen Schiffchen geschmolzen und in einem Hochvakuum (ca. 10^{-4} Millibar), welches durch Diffusionspumpen erzeugt wird, als Dampf auf die Folie übertragen. Die eingesetzten Metalle können unterschiedlich sein, aber mit einem Anteil von 99,98% ist Reinst – Aluminium das am häufigsten verwendete Metall.

38 Nentwig, 2000, Seite 163

39 Nentwig, 2000, Seite 163

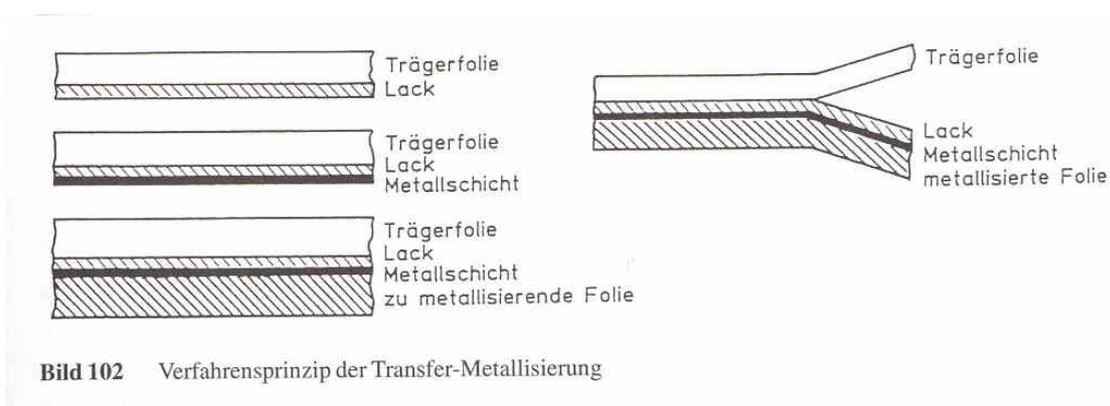
Um die Bedampfungsdichte zu variieren kann man im wesentlichen zwei Faktoren verändern : zum einen die Temperatur des Metalls und zum anderen die Bahngeschwindigkeit der Folie. Je höher die Temperatur und je niedriger die Bahngeschwindigkeit, desto höher ist die Bedampfungsdichte, welche im Schnitt zwischen 0,03 und 0,04 μm liegt. Ob die Schicht gleichmäßig ist, lässt sich am besten mittels Lichtdurchlässigkeit oder elektrischer Leitfähigkeit ermitteln.

4.2.2 Transfer Metallisierung (Übertragungsmetallisierung) ⁴⁰

Die Transfer Metallisierung kommt vor allem für Produkte mit hohem Wasseranteil oder anderen flüchtigen Bestandteilen, welche durch die direkt Metallisierung verloren gehen würden, zum tragen. Beispiele hierfür sind unter anderem Kartonagen oder auch Tapeten.

Bei Folien wird dieses Verfahren meist nur für Spezialeffekte und / oder für Folien mit hoher Reflexion.

Um die Hitzebelastung zu umgehen wird eine Trägerfolie mit Lack beschichtet und auf der lackierten Seite metallisiert. Anschließend wird diese dann mit der metallisierten Seite auf die zu metallisierende Folie kaschiert, worauf im letzten Schritt dann die Trägerfolie wieder abgezogen wird (was durch den Lack ermöglicht wird). Im folgenden ein Schema, zum Verdeutlichen des Vorgangs:



40 Nentwig, 2000, Seite 164

41 Nentwig, 2000, Seite 165

4.2.3 Wirksamkeit ⁴²

Mittels der Metallisierung lässt sich die Wasserdampfdurchlässigkeit sowie die Sauerstoffdurchlässigkeit in großem Umfang senken :

Tabelle 30 Durchlässigkeit von metallisierten Folien (Quelle: World Packaging Directory 1987, S. 194)

Material	O ₂ -Durchlässigkeit [ml/m ² · d · bar]		H ₂ O-Dampf-Durchlässigkeit* [g/m ² · d]	
	ohne Metallisierung	mit Metallisierung	ohne Metallisierung	mit Metallisierung
BOPP	1900	150	7	0
PET	90	0,7	40	0,6
PA	80	1,5	140	3-9
Cellophan	8	2	5	2

* 85% rel. Luftfeuchte

43

Des weiteren kann man mittels einer Metallisierung die Lichtdurchlässigkeit einer Folie von fast 100% auf unter 1% reduzieren.

5 Praktische Durchführung

5.1 Die Versuchsanlage

Als Versuchsanlage wurde eine Polytype – Kaschiermaschine für Lösungsmittelfreie Klebstoffsysteme verwendet. Es handelt sich hierbei um eine Laborkaschiermaschine mit max. 5m/min Abzugsgeschwindigkeit. Sie kann Klebstoffsysteme mit Verarbeitungstemperaturen bis maximal 90°C und Viskositäten von ca. 500 bis 12000 mPas verarbeiten. Aufgrund des fehlenden Trockenkanals ist ein Einsatz von lösungsmittelhaltigen Systemen auf dieser Anlage nicht möglich.

Die Maschine wird nur zur Produktentwicklung, Bemusterung und dem Testen von lösungsmittelfreien Klebstoffen, bzw. Klebstoffsystemen eingesetzt.

Maschinendaten :

maximale Walzentemperatur (Thermostat) :	90°C
Bahngeschwindigkeit :	5 Meter / Minute
Maximaler Rollenaußendurchmesser :	350mm
Definiert Rollenbreite :	300mm
Definierter Hülseninnendurchmesser :	76mm

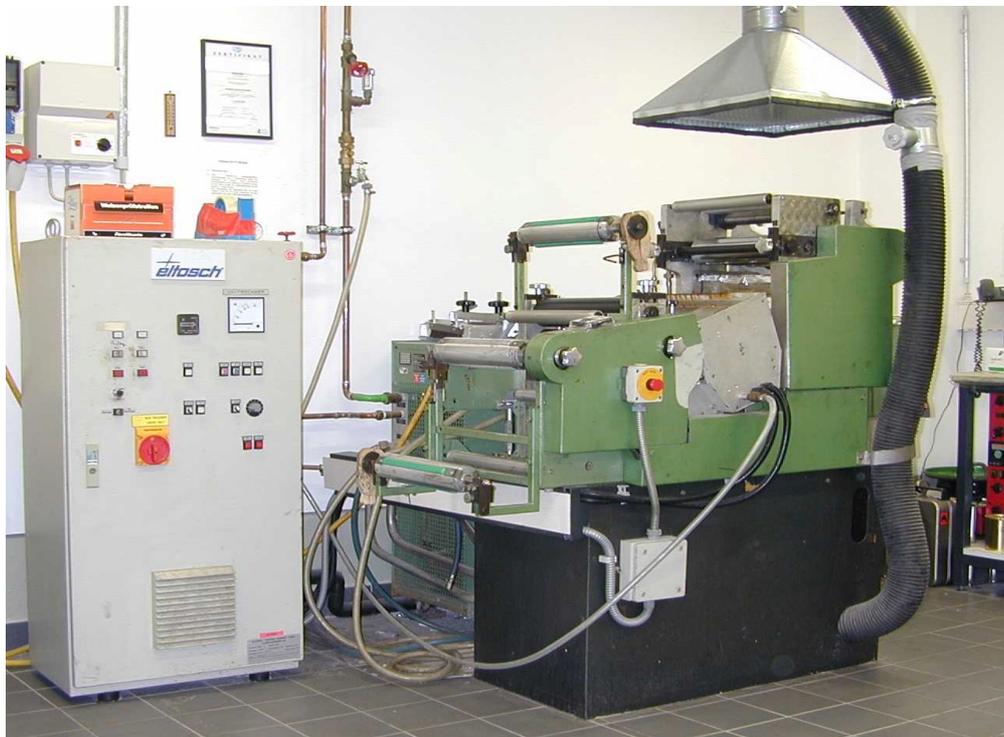
42 Nentwig, 2000, Seite 165

43 Nentwig, 2000, Seite 165

Diplomarbeit Kaschieren von metallisierten Folien
Vorgelegt von Andreas Kästner

Das Auftragswerk besteht aus 4 aneinander liegenden Auftragswalzen (Stahl und Gummi, Skizze nächste Seite). Der Klebstoff sollte von der Walze 3 (Gummi) mit nicht zu viel Anpressdruck auf die Folie überführt werden. Die Temperatur des Auftragswerkes ist dem Klebstoffsystem anzupassen, wobei der Temperaturverlust zur Walze ca. 4°C beträgt.

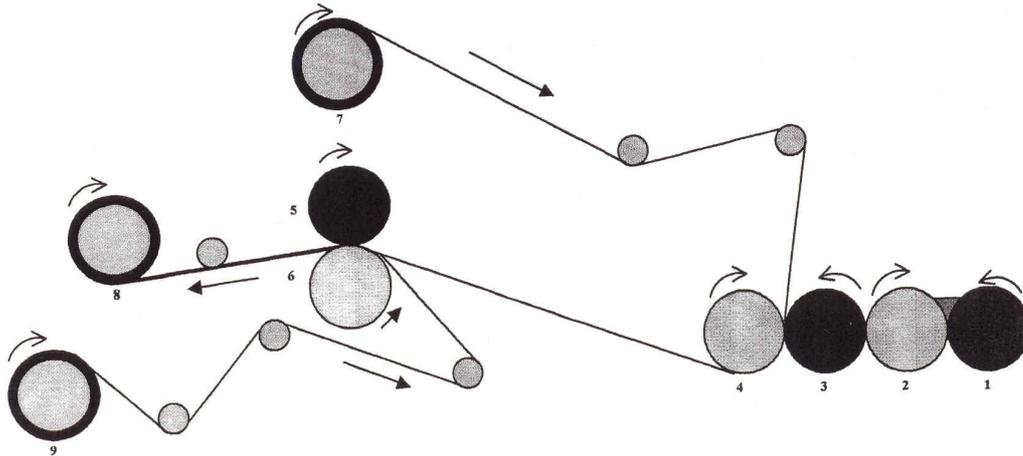
Bild der Polytype Kaschiermaschine:



Diplomarbeit Kaschieren von metallisierten Folien
Vorgelegt von Andreas Kästner

Skizze Walzenverlauf :

1 - 4 = Auftragswerk: 1 = Gummiwalze, 2 = Stahlwalze (Klebstoffwalzenspalt), 3 = Gummiauftragswalze (überführt Klebstoff auf Auftragsfolie), 4 = Stahlanpresswalze,
5-6 = Kaschierwerk: 5 = Gummianpresswalze, 6 = Stahlwalze, 7 = Abwicklung Auftragsfolie, 8 = Aufwicklung Verbund, 9 = Abwicklung Zulauffolie, kleine grüne Kreis-
flächen = Umlenkwalzen



1 – 4 = Auftragswerk;

1 = Gummiwalze, 2 = Stahlwalze (Klebstoffwalzenspalt), 3 = Gummiauftragswalze (überführt Klebstoff auf Auftragsfolie); 4 = Stahlanpresswalze

5 – 6 = Kaschierwerk :

5 = Gummianpresswalze; 6 = Stahlwalze;

7 = Abwicklung Auftragsfolie; 8 = Aufwicklung Verbund; 9 = Abwicklung Zulauffolie

kleine Kreisflächen = Umlenkrollen



5.2 Verwendete Klebstoff/Härter Kombinationen

Klebstoff	Härter	Mischungsverhältnis
1 Komponenten NCO – Terminiert		
A	-	-
kalt verarbeitbar, konventionelles System		
B	1	100/40
C	2	100/50
warm verarbeitbar, 2 - Stufen Mechanismus		
D	3 (Polyether)	6/1
E (Polyester/Ether)	4 (mit Haftvermittler)	6/1
	5 (ohne Haftvermittler)	6/1
warm verarbeitbar, 2 - Stufen Mechanismus, geringe Restmonomere		
F (Polyesterether)	6 (ohne Haftvermittler)	5/1
		6/1
		7/1
G (Polyester)	4 (mit Haftvermittler)	6/1
kalt verarbeitbar, 2 – Stufen Mechanismus		
H	7	100/45
	8	100/40
I	9	100/35
		100/40
		100/45
		100/40
Getempert (nur PET)		100/40
Direkt triplex (nur PET)		100/40

5.3 Verwendete Folien

- OPP mb400
- OPP met.
- PETp 12my
- PETp met.
- PE k088
- Mobil OPP mm488

Aus diesen Folien wurden 3 verschiedene Verbunde kaschiert. Zum einen aus OPP mb400 und OPPmet ein Verbund, zum anderen aus OPP mb400 und Mobil OPP mm488. Zu guter letzt noch ein Verbund aus PETp 12my mit PETp met und als dritte Lage PE k088.

Diplomarbeit Kaschieren von metallisierten Folien
Vorgelegt von Andreas Kästner

Im folgenden die Daten der einzelnen Folien im Überblick:

5.3.1 OPP mb400 (Standard OPP):

PROPERTIES	TEST CONDITIONS	UNITS	MB 400							
			17	20	25	30	35	40		
Tensile strength <i>Résistance à la traction</i> Reißfestigkeit	MD - Längs TD - Quer	ASTM D 882 DIN 53455	N/mm ²	140 290	140 290	140 290	140 290	140 290	140 290	
Modulus of elasticity <i>Module d'élasticité</i> Zug E. Modul	MD - Längs TD - Quer	ASTM D 882 DIN 53457	N/mm ²	2000 3500	2000 3500	2000 3500	2000 3500	2000 3500	2000 3500	
Breaking elongation <i>Allongement à la rupture</i> Reißdehnung	MD - Längs TD - Quer	ASTM D 882 DIN 53455	%	205 55	205 55	205 55	205 55	205 55	205 55	
Coefficient of friction <i>Coefficient de frottement</i> Reibungswert	Treated side <i>Face traitée</i> Behandelte Seite Untreated side <i>Face non traitée</i> Unbeh. Seite	ASTM D 1894-e DIN 53375		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
				0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
Water vapour permeability <i>Perméabilité à la vapeur d'eau</i> Wasserdampfdurchlässigkeit		ASTM F 1249 BS 3177 DIN 53122	38°C 90 % RH 25°C 75 % RH 23°C 85 % RH	g/m ² /24 h	7.7 1.5 1.3	7.0 1.4 1.2	5.0 1.3 1.1	4.5 1.1 1.0	4.0 1.1 1.0	3.5 1.0 0.8
		ASTM D 3985 DIN 53380	23°C 0 % RH 23°C 75 % RH	cm ³ /m ² /24 h	1900 1800	1700 1600	1400 1300	1200 1100	1000 900	900 800
		ASTM D 1003		%	1.6	1.8	1.8	2.0	2.0	2.0
		ASTM D 2457		%	85	85	85	85	85	85
Heat seal range <i>Plage de scellage</i> Heißsiegelbereich		OTTO BRUGGER	°C	30	30	30	30	30	30	
Seal strength <i>Force de scellage</i> Siegefestigkeit		140°C-2.5 bar/0.2 sec. Crimp seal 140°C-2.5 bar/0.2 sec. Scellage cranté 140°C-2.5 bar/0.2 sek. Quernahtversiegelung	g/25mm	400	450	500	550	550	550	
Dimensional stability <i>Stabilité dimensionnelle</i> Dimensionsstabilität	MD - Längs TD - Quer	Mobil 135°C - 7 min.	%	-5 -5	-5 -5	-5 -5	-5 -5	-5 -5	-5 -5	
Unit weight <i>Grammage</i> Flächengewicht		Mobil (ASTM D 2673)	g/m ²	15.5	18.2	22.8	27.3	31.8	36.4	
Yield <i>Rendement</i> Flächenausbeute		Mobil (ASTM D 2673)	m ² /kg	64.6	54.9	44.0	36.6	31.4	27.5	

5.3.2 OPP met

Laut Spezifikationen von Henkel, entspricht die verwendete metallisierte OPP Folie dem Material von Mobil (MM488):

5.3.3 PETp 12μ

Typical Property Values

Property	Units	Typical Values	Test Method	Test Conditions	
MECHANICAL					
Tensile strength	12 μm 23 μm	N/mm ² N/mm ²	MD* 230 TD* 260 MD* 230 TD* 260	ISO 527-1-2 or VDE 0345	Test speed 100%/min.; 23 °C, 50 % r.h.
Elongation at break	12 μm 23 μm	% %	MD* 110 TD* 90 MD* 110 TD* 90	ISO 527-1-2 or VDE 0345	Test speed 100%/min.; 23 °C, 50 % r.h.
Young's Modulus	12 μm 23 μm	N/mm ² N/mm ²	MD* 4 400 TD* 5 200 MD* 4 400 TD* 5 200	ISO 527-1-2	Test speed 1%/min.; 23 °C, 50 % r.h.
Tensile stress required to cause 5 % elongation (F5-value)	12 μm 23 μm	N/mm ² N/mm ²	MD* 110 TD* 110 MD* 110 TD* 110	ISO 527-1-2 or VDE 0345	Test speed 100%/min.; 23 °C, 50 % r.h.
THERMAL					
Shrinkage	% %	MD* 1.3 TD* 0.1	DIN 40634 or VDE 0345	150 °C, 15 min 150 °C, 15 min	
OPTICAL					
Haze	12 μm 23 μm	% %	1.8 2.2	ASTM D 1003-61 Method A	Enlarged measurement angle
SURFACE					
Coefficient of friction (static)		0.4	DIN 53375 or ASTM D 1894	–	
PHYSICAL/CHEMICAL					
Density	g/cm ³	1.395	ASTM D 1505-68 Method C	23 °C	

5.3.4 PET met

Eigenschaften Properties Propriétés	Einheit Unit Unités	Prüfmethode Test method Norme	Prüfbedingungen Test conditions Condition de essai	12 µm
Dichte Density Densité	g/cm ³	ASTM D1505-68 Methode C	23°C	1,4
Ergiebigkeit Area yield Rendement	m ² /kg	-	-	60
Flächengewicht Weight yield Poids par surface	g/m ²	ASTM D882-83 DIN 53455	23°C/ 50% r.F.	17
Reißdehnung längs/quer Elongation at break MD/TD Allongement à la rupture L/T	%	DIN 53455	23°C/ 50% r.F.	110/90
Zugfestigkeit längs/quer Tensile strength MD/TD Résistance à la rupture L/T	N/mm ²	DIN 53455	23°C/ 50% r.F.	230/260
Optische Dichte Optical density Densité optique	-	Macbeth/TD 904	Rotfilter Red filter Filtre rouge	2,4 -3,0
Wasserdampfdurchlässigkeit Water vapour permeability Perméabilité à la vapeur d'eau	g/m ² d	DIN 53122/II	23°C/ 85% r.F.	< 0,4
Sauerstoffdurchlässigkeit Oxygen permeability Perméabilité à l'oxygene	cm ³ /m ² d bar	DIN 53380/II	23°C/ 50% r.F.	< 1,0

MD=Machine direction L=longitudinal

Diplomarbeit Kaschieren von metallisierten Folien
Vorgelegt von Andreas Kästner

5.3.5 PE k088

Qualität :	LLDPE, LDPE		
Besonderheiten :			
Minimaldicke :	20	µm	Toleranzen: < 40 µm ± 10 % ≥ 40 µm ± 8 %
Maximaldicke :	200	µm	
MFI :	0,7 - 1,3	g/10 min	
Dichte :	0,920	g/cm ³	Gesamtdichte der Folie
Siegelbereich ab :	120	° C	niedrigster Siegelpunkt Siegelseite = Gegenseite der Vorbehandlung
Max.Rollenbreite :	2600	mm	Minimalbreite = 60 mm
Max.Rollendurchmesser :	1000	mm	Hülsendurchmesser = 152 mm
Vorbehandlung :	min. 42	dyn	gemessen am Extruder
Lagerfähigkeit ca.:	26	Wochen	Garantie auf Kaschierfähigkeit und Verarbeitbarkeit
Additive :	Gleitmittel ESA = niedrig, Antiblockmittel SiO ₂ = niedrig, Antioxidantien		
Anwendung :	Transparente Kaschierfolie		

5.3.6 OPP Mobil MM488

PROPERTIES		TEST CONDITIONS		UNITS	MM 488
					18
Tensile strength <i>Résistance à la traction</i> Reißfestigkeit	MD - Längs TD - Quer	ASTM D 882	DIN 53455	N/mm ²	140 290
Modulus of elasticity <i>Module d'élasticité</i> Zug E-Modul	MD - Längs TD - Quer	ASTM D 882	DIN 53457	N/mm ²	2000 3700
Breaking elongation <i>Allongement à la rupture</i> Reißdehnung	MD - Längs TD - Quer	ASTM D 882	DIN 53455	%	205 55
Coefficient of friction <i>Coefficient de frottement</i> Reibungswert		ASTM D 1894-e	DIN 53375		0.70
Optical density <i>Densité optique</i> Optische Dichte		Theimer type DDM 4			2.3
Water vapour permeability <i>Perméabilité à la vapeur d'eau</i> Wasserdampfdurchlässigkeit		ASTM F 1249 BS 3177 DIN 53122	38°C 90 % RH 25°C 75 % RH 23°C 85 % RH	g/m ² /24 h	0.7 0.2 0.2
Oxygen permeability <i>Perméabilité à l'oxygène</i> Sauerstoffdurchlässigkeit		ASTM D 3985 DIN 53380	23°C 0 % RH 23°C 75 % RH	cm ³ /m ² /24 h	100 100
Heat seal range <i>Plage de scellage</i> Heißsiegelbereich		OTTO BRUGGER		°C	40
Seal strength <i>Force de scellage</i> Siegefestigkeit		140°C-2.5 bar/0.2 sec. Crimp seal 140°C-2.5 bar/0.2 sec. <i>Scellage cranté</i> 140°C-2.5 bar/0.2 sek. Quernahtversiegelung		g/25mm	450
Dimensional stability <i>Stabilité dimensionnelle</i> Dimensionsstabilität	MD - Längs TD - Quer	Mobil 135°C - 7 minutes		%	-4 -4
Unit weight <i>Grammage</i> Flächengewicht		Mobil (ASTM D 2673)		g/m ²	16.4
Yield <i>Rendement</i> Flächenausbeute		Mobil (ASTM D 2673)		m ² /kg	61.1

6 Auswertung

6.1 Prüfmethoden

6.1.1 Verbundhaftung (VH)

Probenvorbereitung mittels Streifenschneider 15mm breite Streifen schneiden

Messgeräte

Universal – Zugprüfmaschine mit Synchron – Schreiber für Messdiagramm,
Kraftbereich 10-20-50 N, je nach Haftniveau einzustellen.

Durchführung

Einspannen der Verbundstreifen und Zugprüfmaschine anfahren. Dünne Folien erst langsam anziehen und dann auf Abzugsgeschwindigkeit steigern.

Abzugsgeschwindigkeit = 100mm/min

Abzugswinkel = 90° (manuell einhalten)

Abzugslänge = 5 – 10 cm (je nach Schwankungsbereich)

6.1.2 Verbundhaftung unter Siegelnaht (VH unter SN)

Probenvorbereitung

Flächige Verschweißung des Verbundmaterials (ca. 3cm breit) durch überlappende Siegelnähte. Aus der Versiegelung 15mm breite Streifen schneiden und an einer 150-170°C heißen Siegelbacke antrennen. Darauf achten, dass eine echte Verbundantrennung erreicht wird und nicht eine Trennung der Siegelschicht in sich (Folienschmelze bei 150° C). Dies gelingt durch ca. 1-2mm Abstand der Trennzone von der heißen Siegelbackenkante während des Aufziehens, so dass nicht die volle Temperatur wirksam wird.

Messgeräte

Universal – Zugprüfmaschine mit Synchron – Schreiber für Messdiagramm,
Kraftbereich 10-20-50N, je nach Haftniveau einzustellen.

Durchführung

Einspannen der vorher angetrennten Verbundstreifen und Maschine anfahren.

Abzugsgeschwindigkeit = 100mm/min

Abzugswinkel = 90° (manuell einhalten)

Abzugslänge = 5 – 10 cm (je nach Schwankungsbereich)

6.1.3 Siegelnahthaftung (SNH)

Probenvorbereitung

Herstellung der Siegelnaht mittels eines Labor – Tischsiegelgerätes. Temperatur, Zeit und Druck variierbar.

Standard :

PE – Folien 150 °C beidseitig, 1s, 50N/cm²

PP – Folien 170 °C beidseitig, 1s, 50 N/cm²

Aus einer Siegelnaht werden im 90° Winkel drei Proben mittels 15mm Streifenschneider geschnitten (je nach Problematik auch mehrere Siegelnähte über die Verbundbreite verteilt).

Messgeräte

Universal – Zugprüfmaschine mit Synchron – Schreiber für Messdiagramm, Kraftbereich 50 – 100 N, je nach Haftniveau einzustellen.

Durchführung

Einspannen der Probenstreifen und Maschine anfahren.

Abzugsgeschwindigkeit = 100mm/min

Abzugswinkel = 90° (manuell einhalten)

Abzugslänge = bis Maximalwert mit Materialbruch

6.1.4 Verbundhaftung in 90°C – Wasser (VH 90°C Wasser)

Interne Methode, speziell für höher beanspruchte Verbundfolien im Bereich Pasteurisation, Kochen oder Sterilisation im wässrigen Medium. Thermisch ausreichend beständige Folien werden direkt am Duplex oder Triplex gemessen, z.B. Alu kaschiert gegen PETP, OPP, OPA, PP, HDPE oder PETP/PP, PA/PP, u.a., während LDPE – Verbunde durch flächige Versiegelung erst verstärkt werden müssen (Messung dann unter der Siegelnaht) – Alu/LLDPE, Alu/PE, PETP/PE, PA/PE u.a.

Probenvorbereitung

15mm Streifen aus dem Original- bzw. flächig versiegelten Verbund (siehe Probenvorbereitung zu „VH unter SN“) schneiden. Mindestlänge 22cm und Verbundantrennung ca. 5cm ist zum Einspannen der Probenstreifen in der Spezialmessvorrichtung erforderlich.

Messgeräte

Universal – Zugprüfmaschine mit Synchron – Schreiber für Messdiagramm, Kraftbereich von 0 – 20 N.

Zusatzmesseinrichtung bestehend aus einem eckigen Stahlbehälter mit Wasserumlaufsystem und einer darin drehbar eingehängten Stahlrolle (2,8kg) als Einspannvorrichtung für 15mm Streifen, die während der Messung im heißen Wasser eintaucht und sich weiter dreht.

Durchführung

Fixierung des Probestreifens auf der Stahlrolle (außerhalb des Heißwasserbehälters). Zuerst die untere Folie des angetrennten Verbundabschnittes (z.B. Alu) mittels Klemmschraube fixieren, die zweite Folie (z.B. PETP) bleibt zunächst lose. Danach wird unter Spannung das nicht angetrennte Ende des Verbundstreifens (z.B. ALU/PETP) mittels zweiter Klemmschraube fixiert. Die Klemmschrauben müssen sich auf 180° gegenüberstehen, wodurch eine Massebalance der Messvorrichtung mit einem während der Messung konstanten Rollreibungswiderstand von 1N entsteht. Einhängen der Stahlrolle in den Heißwasserbehälter. Wartezeit max. 2min. Einspannen des losen Folienabschnittes (z.B. PETP) in die obere Spannbacke der Zugprüfmaschine (ist kettenverlängert) und die Maschine anfahren. Erst langsam anfahren, um ein Einreißen dünner Folien zu vermeiden. Danach auf Prüfgeschwindigkeit steigern.

Abzugsgeschwindigkeit = 100mm/min

Abzugswinkel = 90° (annähernd eingehalten durch die sich drehende Rolle)

Abzugslänge = 10 cm (bis Probenende)

6.1.5 Prüfung der Siegelnahtfestigkeit von Verbundfolienstreifen bei Wärmebelastung (Warmnahtfestigkeit)

Die Methode dient zur Bestimmung der thermischen Stabilität von Siegelnähten, hergestellt aus Verbundfolienmaterial (PETP(Alu/LLDPE))

Probenvorbereitung

Zur Versuchsdurchführung werden Verbundmuster mittels des Labor - Tischsiegelgerätes bei 170 °C, beheizte Stahl – Siegelbacke gegen eine nicht beheizte Gummi – Siegelbacke 0,8s mit 7 bar gesiegelt. Die Gummi - Siegelbacke hat eine Shore A Härte von 90°. Die Stahl – Siegelbacke ist 10mm, die Gummi – Siegelbacke 20mm breit. Für jedes Prüfmuster werden 5 Prüfstreifen mit einer Breite von 15mm benötigt.

Messgeräte

Universal – Zugprüfmaschine mit einem Kraftbereich von 0,2 bis 100N und Synchron – Schreiber für Messdiagramm. Zudem Temperierkammer mit Gebläse sowie Tischsiegelgerät.

Durchführung

Die Temperierkammer wird auf 70 °C vorgeheizt. Der vorbereitete Prüfstreifen wird mittels der Klemmvorrichtung eingespannt. Nach dem Schließen der Kammer wird während der des Einspannens entstandene Temperaturverlust ausgeglichen. 1 Minute nach Erreichen der 70 °C wird die Maschine angefahren.

Meßtemperatur :	70 °C
Abzugsgeschwindigkeit :	50 mm/min
Abzugsstrecke :	10mm (bis max. Anreißkraft)

Der Prüfstreifen wird aus dem Gerät genommen und beurteilt.

6.1.6 Kochtest

Die Durchführung des Kochtestes ist vergleichsweise einfach. Hierbei werden Beutel mit einer Kantenlänge (ohne Siegelnaht) von 140mm aus dem zu Prüfenden Material angefertigt. Die Siegeltemperatur entspricht hierbei den üblichen Werten für das jeweilige Material.

Diese Beutel werden mit 15ml Flüssigkeit, vorzugsweise destilliertes Wasser, befüllt und Komplett versiegelt. Anschließend werden diese Beutel einzeln 20 Minuten in Wasser gekocht

Zur Beurteilung werden diese dann entnommen und visuell auf Delamination, Ablösen der Metallisierung, Dichtigkeit der Siegelnähte etc. untersucht.

6.2 Auswertung der Ergebnisse

Im Folgenden Abschnitt werden die ermittelten Ergebnisse der oben beschriebenen Prüfungsmethoden zusammengefasst und analysiert.

Wichtige Faktoren zur Bewertung sind hierbei

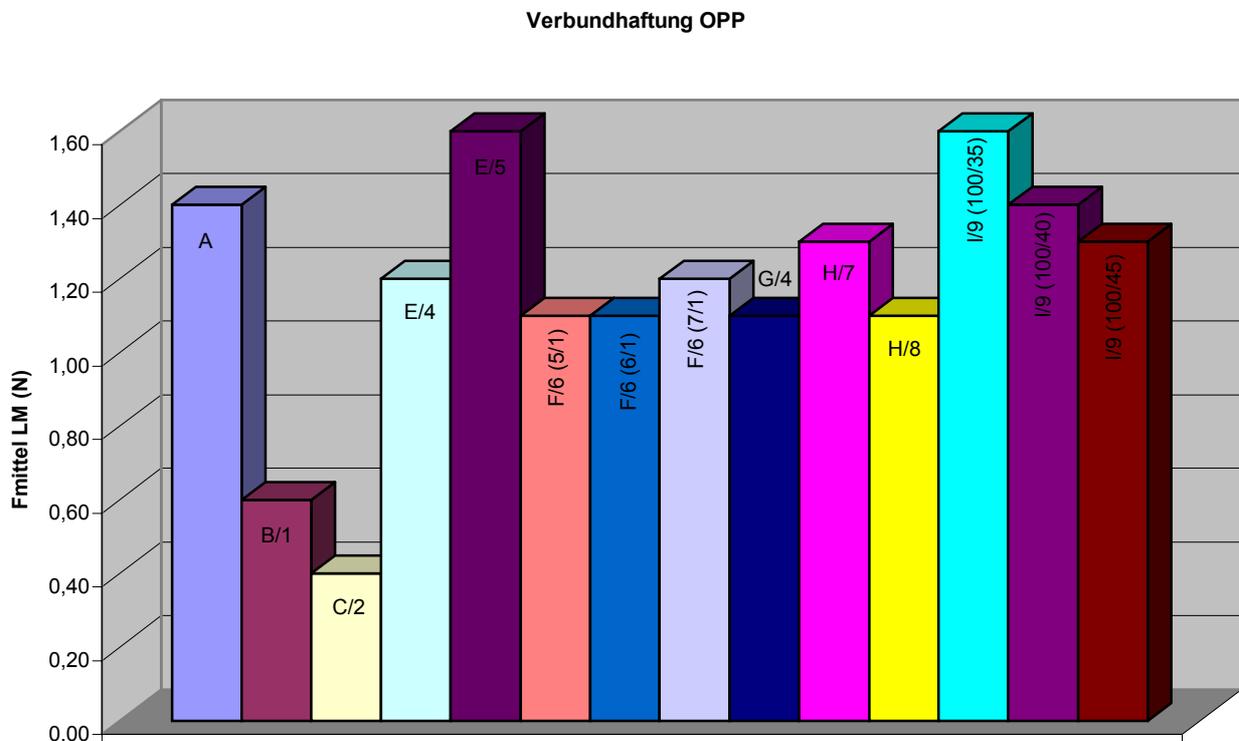
- Der ermittelte Mittelwert der Kraft, welche benötigt wird, die Folien wieder zu trennen
- Das Trennbild
- Visuelle Beurteilung der Flächen

6.2.1 Verbundhaftung

Für die Untersuchung der Verbundhaftung wurden pro Folien- beziehungsweise Folien – Klebstoffkombination mindestens 3 Prüfstreifen angefertigt und mittels einer Zwick Zugprüfmaschine getrennt.

Die ermittelten Daten sind als Ausdrucke mit Messdiagramm und Eingescanntem Trennbild verfügbar und im Anhang von Seite 1 bis Seite 168 nach Folien und Klebstoffen unterteilt nachzuschlagen.

6.2.1.1 Verbundhaftung OPP (Folie von Henkel)



Betrachtet man das Diagramm so sieht man, dass die Verbundhaftung für diese Folie im besten Fall bei 1,6 N liegt. Erreicht wird dieser Wert von E/5 (Seite 11 Anhang), sowie von I/9 (Seite 25 Anhang), letzterer Klebstoff in einem Mischungsverhältnis von 100/35.

Schlechtestes Ergebnis mit einem Wert von nur 0,4 N erreicht die Kombination C/2 (Seite 5 Anhang). Zum Wert von 1,6 N ist dies gerade mal 25% der Haftkraft.

Prüft man allerdings das Trennbild zusätzlich sieht die Sache zumindest zum Teil anders aus, da beim I/9 ein teilweiser Übergang der Metallisierung zu sehen ist. Das bedeutet nicht der Klebstoff wurde gemessen, sondern die Kraft, welche zum Ablösen der Metallisierung erforderlich ist. Auch E/5 hat stellenweise Übergang der Metallisierung. Keinen Übergang zeigen dagegen C/2 und F/6 in den Mischungsverhältnissen 5/1 und 6/1, alle anderen dagegen schon.

Klebstoff	Trennbild
A	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt teilweise
B/1	Verbundtrennung mit leichtem Übergang der Met.
C/2	Verbundtrennung
E/4	OPP Folie reißt beim Auftrennen ab
E/5	Verbundtrennung mit stellenweise Übergang der Met.
F/6 (5/1)	Verbundtrennung
F/6 (6/1)	Verbundtrennung
F/6 (7/1)	Verbundtrennung, teilweise Übergang der Metallisierung
G/4	Verbundtrennung mit Metallisierungsübergang
H/7	Fast kompletter Übergang der Metallisierung
H/8	Fast kompletter Übergang der Metallisierung
I/9 (100/35)	Verbundtrennung mit stellenweise Übergang der Met.
I/9 (100/40)	Verbundtrennung mit stellenweise Übergang der Met.
I/9 (100/45)	Verbundtrennung mit stellenweise Übergang der Met.

Diese Tabelle bietet einen Überblick über die Trennbilder, auffällig hierbei ist, dass fast alle Proben ein Ablösen der Metallisierung von der Trägerfolie zeigen, wobei die einzelnen Werte nicht signifikant unterscheiden.

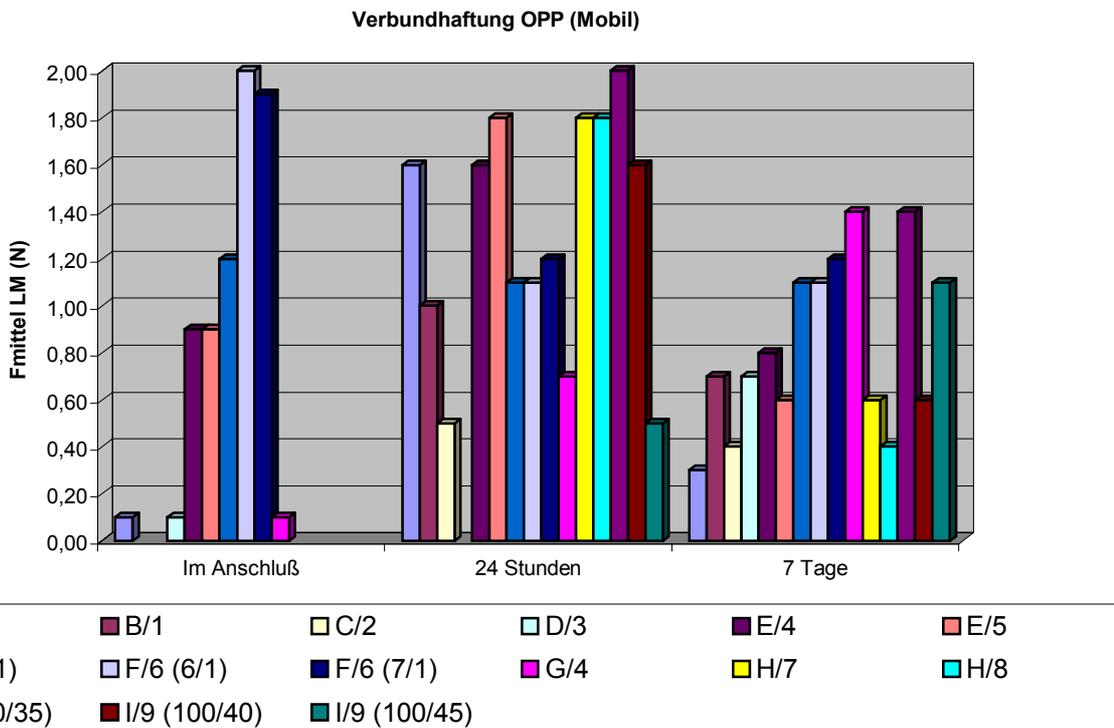
Auffällig ist auch, dass z.B. F/6 (6/1) keinen Übergang der Metallisierung zeigt, während dies bei G/4 der Fall ist, obwohl beide Proben vom Messwert her gleich sind.

Dies lässt den Schluss zu, dass einige Klebstoffe wie z.B. F die Metallisierung noch zusätzlich verankern. Nur im Mischungsverhältnis 7/1 zeigt auch F einen Übergang der Metallisierung, was am erhöhten Messwert von 1,2N gegenüber 1,1N bei 5/1 und 6/1 liegen kann. Bei C/2 hingegen ist der Umstand, dass die Metallisierung nicht übergeht, wohl eher darauf zurückzuführen, dass der Messwert des Klebstoffes den Haftungswert der Metallisierung unterschreitet und somit nicht für den Effekt sorgen kann.

Die 3 Variationen im Mischungsverhältnis von I schlagen sich nur in unterschiedlichen Messwerten nieder, nicht aber im Trennbild, welches zwar variiert aber nicht in dem Ausmaß, das man von komplett unterschiedlichen Trennbildern sprechen könnte. Die Standardmischung von 100/40 bringt nicht das beste Ergebnis, sondern die Variation 100/35. Das Mischungsverhältnis von 100/45 liegt aber schlechter als das Standardmischungsverhältnis.

Aus diesem Verhalten des Verbundes lässt sich schlussfolgern, dass der limitierende Faktor hierbei nicht die Haftwerte der Klebstoffsysteme sind, sondern die Metallisierung auf der OPP Folie. Auch lässt sich sagen, dass Systeme mit Haftvermittler (also Härter Nr.4) eine tendenziell bessere Haftung erreichen als ohne Haftvermittler, was sich im Ablösen der Metallisierung zeigt. Sind die Haftkräfte zu niedrig, wie bei C/2, so ist nur Verbundtrennung zu sehen. Allerdings kommt es darauf an, wie der Klebstoff sich mit der anderen Folie vernetzt, da bei fast gleichen Werten doch Unterschiede im Trennbild zu erkennen sind (F/6, G/4 und H/8). Dies deutet darauf hin, dass F/6 nicht so vernetzt ist wie z.B. G/4, da sich bei ersterem System die Metallisierung nicht ablöst, bei zweiterem aber schon.

6.2.1.2 Verbundhaftung OPP (Folie von Mobil)



Bei dieser Folie war die Gelegenheit die Verbundhaftung über die Zeit zu messen, das heißt im einzelnen, einige Verbunde wurden bereits am selben Tag gemessen, dann nochmals nach 24 Stunden und schließlich nach 7 Tagen. Ziel hierbei war es, aufzuzeigen, ob und wie sich die Messwerte der Verbundhaftung ändern und ob sich eine Änderung im Trennbild ergibt, lässt man die Verbunde länger aushärten. Die einzelnen Diagramme und Trennbilder sind im Anhang von Seite 31 bis Seite 104 zu finden.

Die Ergebnisse hierbei sind unterschiedlich. Während A am selben Tag nur 0,1 N erreicht, liegt der Wert nach 24 Stunden schon bei 1,6N. Allerdings verringert sich dieser Wert nach 7 Tagen auf 0,3N. Auffallend ist das unterschiedliche Trennbild, während am selben Tag nur die Metallisierung leicht übergeht, reißt die Probe nach 24 Stunden komplett. Nach 7 Tagen dann reißt nur noch die Trägerfolie nach Metallisierungsübergang.

Dies hängt mit dem Aushärteverlauf, d.h. der Reaktionsgeschwindigkeit des Klebstoffes zusammen. Im Anfangsstadium verhält sich der Klebstoff als Haftkleber, d.h. er ist noch weich, nach einem Tag ist er schon etwas vernetzt und nunmehr ein starker

Haftklebstoff, was sich auch im Trennbild zeigt. Nach 7 Tagen ist der Klebstoff letztendlich vernetzt und somit nicht mehr weich, sondern hart. Das führt dazu, dass er die Metallisierung komplett mit abreißt.

D kann seine Werte von nur 0,1 am selben Tag auf 0,7 nach 7 Tagen steigern. Weil diese Folie erst später Kaschiert wurde, liegen keine Messwerte für 24 Stunden vor. Da sich die Trennbilder auch nicht unterscheiden (beides Mal Verbundtrennung), ist in diesem Fall von einer Aushärtung wie sie vorgesehen ist auszugehen.

Bei den beiden Variationen von E ist derselbe Effekt wie bei A zu beobachten. Auch hier steigert sich der gemessene Wert nach 24 Stunden um dann nach 7 Tagen wieder darunter zu liegen. Interessant ist auch, dass E/5 nach 24 Stunden einen höheren Wert hat als E/4, nach 7 Tagen aber unter diesem liegt, wobei beide Systeme zu Anfang den selben Wert aufweisen.

Am selben Tag weisen beide Systeme noch Verbundtrennung mit leichtem Übergang der Metallisierung auf, nach 24 Stunden ist dieser Übergang schon stärker, während nach 7 Tagen die Trägerfolie reißt, nachdem die Metallisierung flächig übergegangen ist.

Die 3 Mischungsverhältnisvariationen von F/6 verhalten sich dagegen anders. Am selben Tag haben diese 3 Folien den höchsten Messwert, welcher dann nach 24 Stunden abfällt, aber auch nach 7 Tagen auf dem Niveau von 24 Stunden ist. Während Mischungsverhältnis 6/1, welches am selben Tag mit 2,0N den höchsten Wert erzielte nach 24 Stunden auf das gleiche Niveau zurückgeht wie Mischungsverhältnis 5/1 (1,1N) liegt Mischungsverhältnis 7/1 mit 1,2 etwas höher. Das Trennbild verändert sich in der Zeit nicht, es liegt immer Verbundtrennung vor.

Das System G/4 kann die Haftung von Anfangs (am selben Tag) gerade mal 0,1N auf 0,7N nach 24 Stunden und nach 7 Tagen sogar auf 1,4N steigern. Auch hier ist das Trennbild stets gleich (Verbundtrennung).

B/1 und C/2 Verzeichnen beide bei der Messung nach 7 Tagen (0,7N bzw. 0,4N) einen Rückgang der Haftungswerte gegenüber der Messung nach 24 Stunden (1,0N bzw. 0,5N). Beide Folien waren am selben Tag nicht gemessen worden, so dass es keine Werte dafür gibt. Während bei B/1 die Metallisierung komplett übergeht und im Anschluss dann die Trägerfolie reißt zeigt sich bei C/2 normale Verbundtrennung.

Auch H in beiden Härtervariationen bricht von einem Messwert von 1,8N nach 24 Stunden auf 0,6N bzw. 0,4N ein. Hierbei ist interessant, dass obwohl sie denselben Ausgangswert hatten, H/8 nach 7 Tagen niedriger liegt. Auch für diese Klebstoffsysteme liegen keine Messwerte am selben Tag vor.

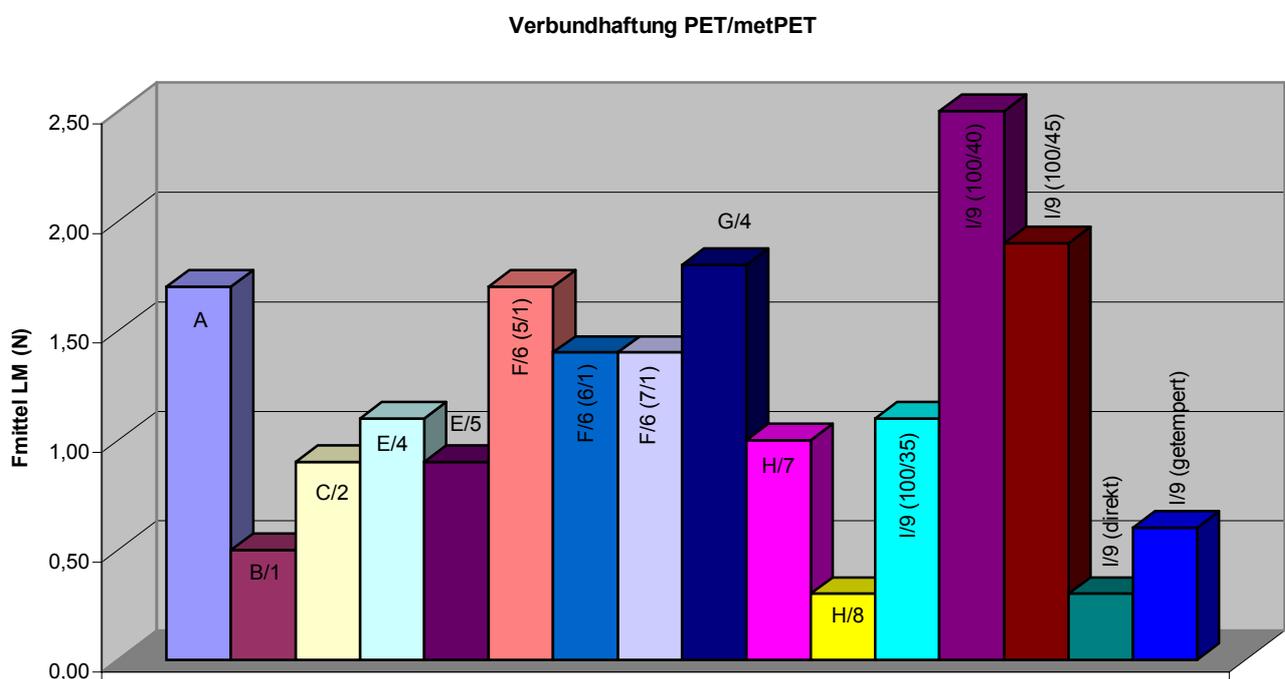
Während bei der Messung nach 24 Stunden noch Verbundtrennung, im Fall von H/8 mit leichtem Übergang der Metallisierung, zu beobachten ist, so sieht es bei der Messung nach 7 Tagen anders aus. H/7 zeigt ausgeprägten Übergang der Metallisierung gefolgt von Abriss der Trägerfolie, H/8 hingegen reißt sofort komplett ab. Auch dies liegt, wie schon zuvor, am Aushärteverlauf des Klebstoffes. (Haftklebstoff, starker Haftklebstoff, vernetzter Klebstoff).

Bei den 3 Variationen zu I/9 ist ein unterschiedliches Ergebnis zu sehen. Während die beiden Mischungsverhältnisse 100/35 und 100/40 bei der Messung nach 7 Tagen (1,4N bzw. 0,6N) gegenüber der 24 Stunden Messung (2,0N bzw. 1,6N) an Wert verlieren, kann das Mischungsverhältnis 100/45 diesen steigern (1,1N gegenüber 0,5N). Im Trennbild unterscheiden sich die drei Variationen hingegen kaum, auch nicht in Hinblick auf die Messung nach 24 Stunden bzw. nach 7 Tagen. In jedem Fall ist ein Übergang der Metallisierung gefolgt von einem Abriss der Trägerfolie zu sehen. Nur das Mischungsverhältnis 100/35 zeigt nach 24 Stunden bei einer Probe Verbundtrennung mit leichtem Übergang der Metallisierung.

Auch hier zeigt sich wieder die Metallisierung als limitierende Schicht des Verbundes. Ein System mit Haftvermittler ist nach 7 Tagen neben dem Kaltsystem I/9 (100/35) das mit dem besten Ergebnis - dies lässt den Schluss zu, das der Haftvermittler eine positive Wirkung auf das Klebstoffsystem hat.

Die Systeme, welche Verbundtrennung zeigen, haben die höchsten Werte, da hier die Metallisierung nicht übergeht. Dies liegt daran, das jene Klebstoffe eine bessere Fixierung der Metallisierung erreichen, als jene, bei denen sich die Metallisierung von der Trägerfolie löst.

6.2.1.3 Verbundhaftung PET (PET/metPET)



Bei dem PET Verbund handelt es sich um einen Triplex Verbund, bestehend aus PET/metPET/PE. Da sich hierdurch zwei Flächen ergeben, an denen die Verbundhaftung gemessen werden kann, wurden diese gesondert betrachtet. Zum einen die Verbundhaftung zwischen PET und dem metallisierten PET, wobei die Metallisierung nach innen genommen wurde. Zum anderen zwischen dem metallisierten PET und der PE Folie, wobei hier die Metallisierung nicht zwischen den Folien ist. Als Variation wurde mit dem Klebstoffsystem I/9 eine Rolle nach dem tempnern kaschiert eine andere wurde direkt im Anschluß an das PET/metPET kaschieren mit PE kaschiert. Allen übrigen Rollen wurde vor dem zweiten Kaschieren Zeit zum Aushärten gegeben. Gemessen wurde nach mindestens weiteren 7 Tagen um ein Aushärten zu gewährleisten.

Rein von den Messwerten liegt I/9 im Mischungsverhältnis 100/40 mit einem Wert von 2,5 N an der Spitze. Schlechtestes Ergebnis mit 0,3 N zeigen H/8 und gleichauf I in der getemperten Variante.

I/9 zeigt in den 5 Varianten, welche untersucht wurden ein differenziertes Resultat. So sind die getemperte Variante sowie die direkt im Anschluss zum Triplex kaschierte Variante deutlich schlechter als die Varianten, bei denen lediglich das Mischungsverhältnis variiert wurde, wobei sich auch bei diesen Unterschiede zeigen. Alle Proben ist gemein, das die Metallisierung übergeht und die PET Folie im Anschluss öfters abreißt. Das Trennbild ist undefiniert und fleckig, es lässt sich kein klarer Trend ablesen, nachdem die Metallisierung übergeht. (Anhang Seite 127 bis 136).

Bei den 3 Variationen im Mischungsverhältnis von F/6 zeigt sich, das die Variante 5/1 den besten Mittelwert mit 1,7N erzielt. Die Standardmischung 6/1 und Mischungsverhältnis 7/1 liegen mit 1,4N knapp dahinter. Alle 3 Proben haben einen Übergang der Metallisierung von der Trägerfolie auf die PET Folie mit einem unbestimmten Muster, das heißt es ist eine Art „Fleckenteppich“. Mischungsverhältnis 7/1 zeigt zudem einen Rattereffekt, was sich auch im Messdiagramm sehr gut sehen lässt.

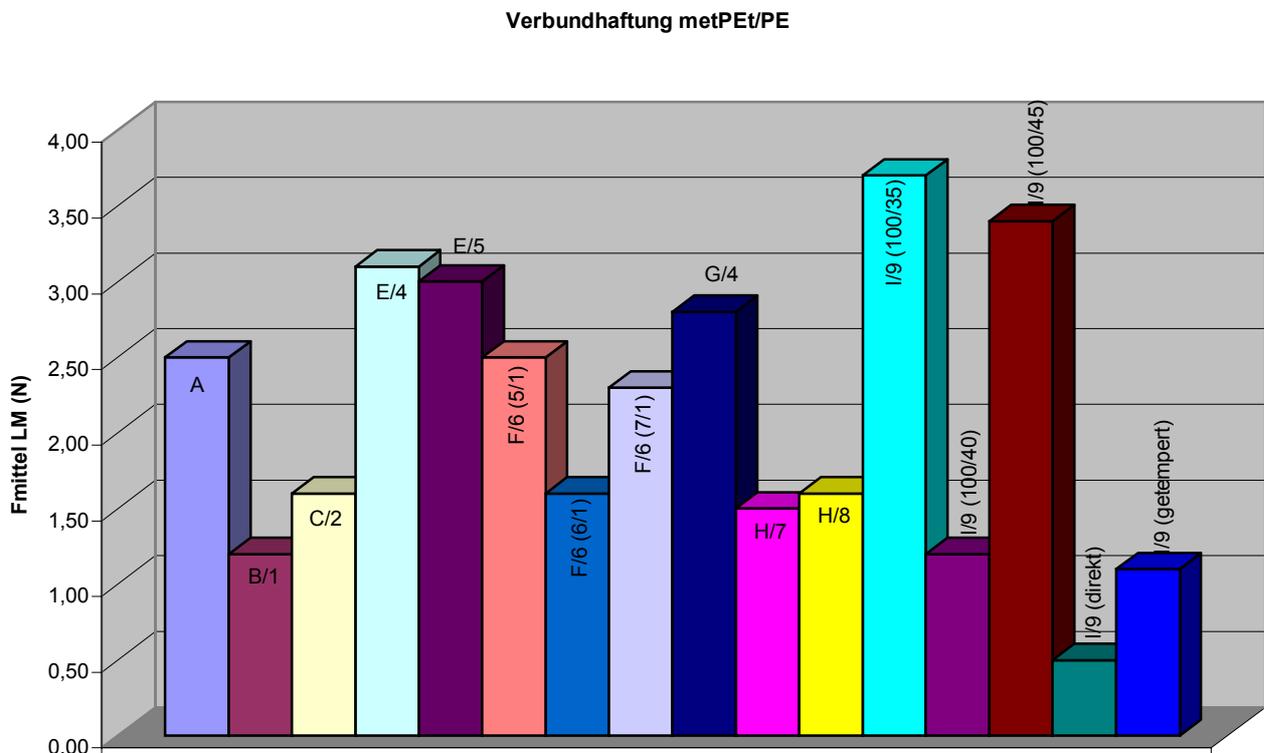
Generell ist zum Trennbild zu sagen, dass keine Klebstoff- Folienkombination klare Verbundtrennung zeigt.

Klebstoff	Trennbild
A	Kompletter Übergang der Metallisierung, teilweise Abriss
B/1	Teilweise Übergang der Met., Rattereffekt
C/2	Fleckenweise Übergang der Metallisierung
E/4	Übergang der Met. mit Rattereffekt, Abriss der Trägerfolie
E/5	Übergang der Met. mit Rattereffekt, Teilweise Abriss
F/6 (5/1)	Übergang der Metallisierung in einem Fleckenmuster
F/6 (6/1)	Übergang der Metallisierung in einem Fleckenmuster
F/6 (7/1)	Übergang der Met. in einem Fleckenmuster, Rattereffekt
G/4	Teilweiser Übergang der Metallisierung
H/7	Kompletter Übergang de Met, Abriss der Trägerfolie
H/ 8	Abriss des PET, welches sich nicht vom metPET trennt
I/9 (100/35)	Abriss des PET
I/9 (100/40)	Teilweise Übergang der Metallisierung
I/ 9 (100/45)	Teilweise Übergang der Metallisierung
I/9 (direkt)	Teilweise Übergang der Metallisierung, Teilw. Abriss des PET
I/9 (getempert)	Teilweise Übergang der Metallisierung, Teilw. Abriss des PET

Wie man anhand der verschiedenen Trennbilder erkennen kann, so ist auch hier die Metallisierung von großer Bedeutung. Um eine Schlussfolgerung aus den Ergebnissen ziehen zu können, sind diese leider zu verschieden. So zeigen sich sogar Unterschiede im Trennbild, wenn das selbe System verwendet, und nur das Mischungsverhältnis geändert wurde. Demzufolge sind die Unterschiede mit dem Härtegrad der Klebstoffe zu erklären, ein weich aushärtender Klebstoff bewirkt nur ein teilweises Ablösen der Metallisierung, während ein Harter Klebstoff zum Abriss führt.

Ausgehend hiervon ist das System I/9 in den Mischungsverhältnissen 100/40 und 100/45 noch mit das beste, auch von den Messwerten her.

6.2.1.4 Verbundhaftung PET (metPET/PE)



Die Werte der Messung zwischen metPET/PE sind durch die Bank höher, als die Werte zwischen PET/metPET. Das kann daran liegen, dass die Metallisierung auf der dem PE abgewandten Seite liegt und somit nicht als Grenzfläche in Erscheinung tritt.

Auch hier ist zu beobachten, dass I/9 den höchsten Wert stellt, allerdings nicht wie zuvor im Mischungsverhältnis 100/40, welches bei dieser Messung stark zurückfällt, sondern nun im Mischungsverhältnis 100/35.

Eine Erklärung hierfür findet sich im Trennbild. Während die Mischungsverhältnisse 100/35 und 100/45 klare Verbundtrennung aufweisen, verbleibt beim Mischungsverhältnis 100/40 die metPET Folie auf dem PE, da durch den Metallisierungsübergang die PET Folie abreißt.

Wie schon zuvor sind auch hier die getemperte Variante und die direkt im Anschluss zum 3er – Verbund kaschierte Variante schlechter als die anderen 3 Varianten des Klebstoffsystems, wobei das Mischungsverhältnis 100/40 nicht deutlich besser ist.

Auch bei diesen beiden Varianten kommt es zu einem Ablösen der PET Schicht, d.h. im Prinzip wurde die Haftung zwischen Metallisierung und PET gemessen, nicht aber die Haftung zwischen metPET und PE.

Klebstoff	Trennbild
A	Die Metallisierung geht über, VT nicht zw. metPE und PE
B/1	Übergang der Metallisierung, Rattereffekt
C/2	Verbundtrennung, PE ist getrübt
E/4	Verbundtrennung, PE ist getrübt
E/5	Verbundtrennung, teilweise verbleibt aber metPET am PE
F/6 (5/1)	Übergang der Metallisierung auf das PET
F/6 (6/1)	Übergang der Metallisierung auf das PET
F/6 (7/1)	Teilweise verbleibt metPET am PE, Verbund trennt sich zw. PET/metPET
G/4	Verbundtrennung, PE ist getrübt
H/7	Teilweise verbleibt metPET am PE, Verbund trennt sich zw. PET/metPET
H/ 8	Abriss nach Übergang der Metallisierung
I/9 (100/35)	Verbundtrennung, PE ist getrübt
I/9 (100/40)	Reißt teilweise ab, nachdem metPET am PE verbleibt
I/ 9 (100/45)	Verbundtrennung
I/9 (direkt)	Teilweise verbleibt metPET am PE, Verbund trennt sich zw. PET/metPET
I/9 (getempert)	Teilweise verbleibt metPET am PE, Verbund trennt sich zw. PET/metPET

Wie man aus der Übersicht ganz gut erkennen kann neigt die Metallisierung dazu an der kaschierten PET _ Folie zu verbleiben, was dazu führt das bei einigen Messungen nicht die Verbundhaftung zwischen metPET und PE zum tragen kam, sondern die Haftung der Metallisierung an der (metallisierten) PET Folie. Der Effekt ist dann, das die metPET/PE Folie nicht auftrennt, sondern der Verbund zwischen PET und metPET auftrennt, wobei sich die Metallisierung ablöst und auf dem PET zu finden ist. Dies ist ein Zeichen dafür, das die Haftwerte zwischen metPET und dem PE so hoch sind, das sich die Metallisierung vom PET löst. Der limitierende Faktor ist in solch einem Fall also wieder ein mal die Metallisierung und nicht das Klebstoffsystem. Leider lässt sich nicht generell sagen, die Klebstoffe mit einer weicheren Aushärtung führen zur Verbundtrennung ohne Übergang der Metallisierung. Bei I/9 z.B. zeigt das System mit höherem Härteranteil (100/45) Verbundtrennung, während das System mit niedrigerem Anteil (100/40) teilweise abreißt.

Auch hier schneidet I/9 am besten ab (auch im Trennbild), allerdings in den Mischungsverhältnissen 100/35) und (100/40).

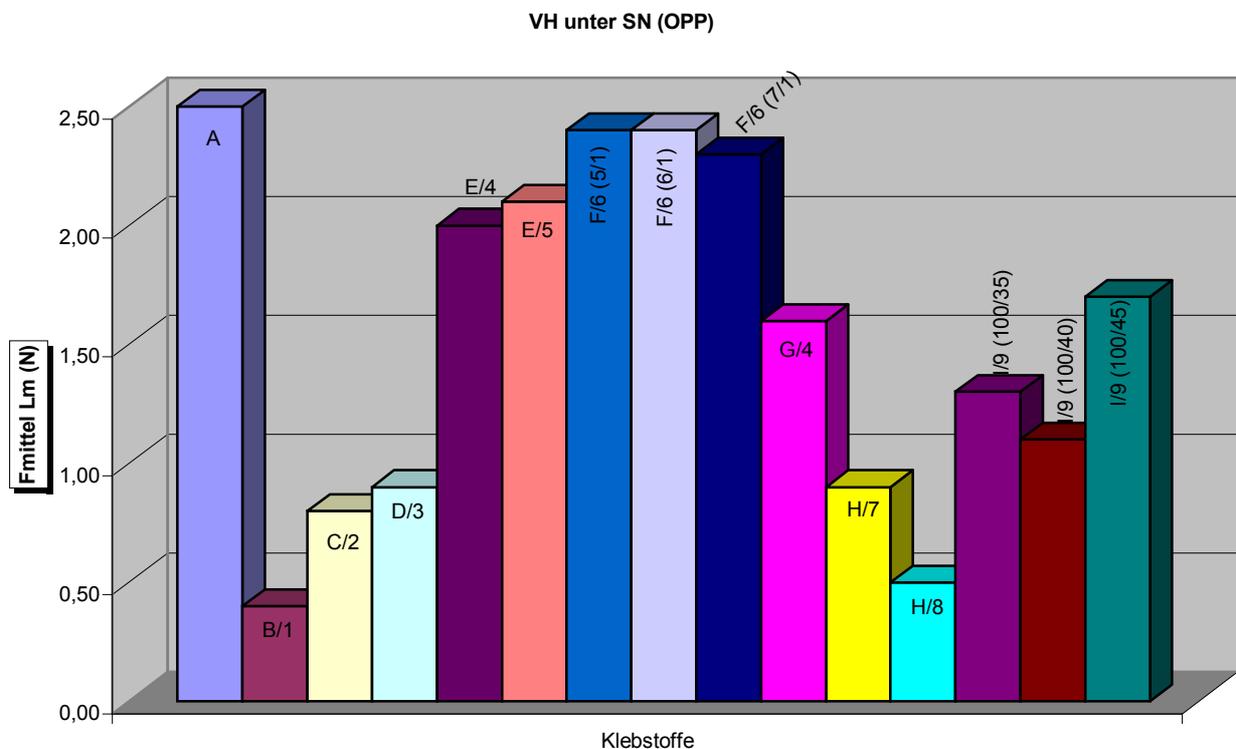
6.2.2 Verbundhaftung unter der Siegelnaht (VH unter SN)

Auch für diese Prüfmethode wurden mindestens 3 Prüfstreifen angefertigt und wie unter Punkt 6.1.2 beschrieben geprüft.

Auch diese Ergebnisse sind als einzelne Datenblätter mit jeweiligem Prüfdiagramm und eingescanntem Trennbild im Anhang von Seite 169 bis Seite 292 verfügbar.

Wie schon zuvor wurden auf für diese Prüfung zwei verschiedene metallisierte OPP Folien und eine metallisierte PET Folie verwendet.

6.2.2.1 Verbundhaftung unter der Siegelnaht OPP (Folie von Henkel)



Das beste Ergebnis erzielt hier das 1-Komponentensystem A als System der 1. Generation härtet über Feuchtigkeit aus. Durch seinen hohen Anteil an Harnstoffen wird eine gute Haftung an Metall erzielt. Des Weiteren spielt hier das Siegeln eine Rolle, da durch Temperatur und Druck eine Nachbenetzung des Klebstoffes erfolgt. Das Trennbild zeigt normale Verbundtrennung.

Bei den 3 Variationen zum Mischungsverhältnissen von F/6 treten nur geringe Unterschiede in der Kraft auf. Mischungsverhältnis 5/1 und 6/1 sind mit 2,4N etwas besser als Mischungsverhältnis 7/1 mit 2,3N. Das Trennbild unterscheidet sich nicht erheblich voneinander, in allen Fällen ist Verbundtrennung zu beobachten.

Deutlicher sind die Unterschiede bei den Variationen im Mischungsverhältnis bei I/9. Hier erzielt das Verhältnis 100/45 mit 1,6 N vor 100/35 mit 1,3N und 100/40 mit 1,1N, das beste Ergebnis.

Begründet sind diese Unterschiede aber wohl im Ablösen der Metallisierung, welche bei allen Proben vollflächig auf das OPP übergeht.

Schlechtester Wert ist mit 0,4N der von B/1 aber auch hier löst sich die Metallisierung vollflächig von der Trägerfolie.

Bei H/7 bzw. H/8 ist schön zu sehen, das ein anderer Härter durchaus einen Einfluss auf das Endergebnis haben kann. Während H in Kombination mit Härter 7 eine Wert von 0,9N erreicht, kommt derselbe Klebstoff mit Härter 8 nur auf 0,5N. Ergänzend zu diesem Ergebnis muss man allerdings anmerken das die Metallisierung, bei beiden gleich, sich von der Trägerfolie löst. Damit relativiert sich der Wert, weil das schwächste Glied die Metallisierung ist.

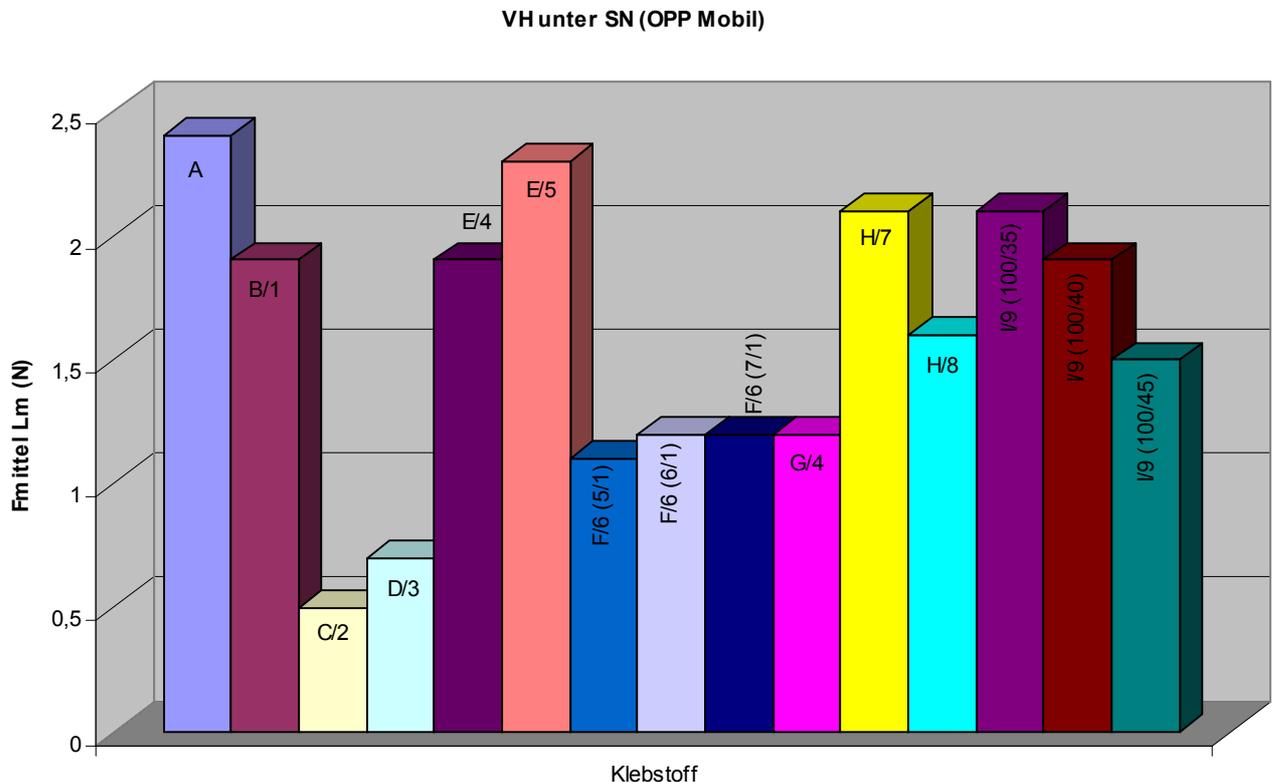
Klebstoff	Trennbild
A	Verbundtrennung
B/1	Metallisierung löst sich vollflächig von der Trägerfolie
C/2	Metallisierung löst sich Fleckenweise von der Trägerfolie
D/3	Metallisierung löst sich vollflächig von der Trägerfolie
E/4	Metallisierung löst sich streifenweise, OPP Folie reißt ab
E/5	Stellenweise Ablösen der Metallisierung
F/6 (5/1)	Verbundtrennung
F/6 (6/1)	Verbundtrennung
F/6 (7/1)	Verbundtrennung
G/4	Verbundtrennung, minimaler Übergang der Metallisierung
H/7	Metallisierung löst sich vollflächig von der Trägerfolie
H/ 8	Metallisierung löst sich vollflächig von der Trägerfolie
I/9 (100/35)	Metallisierung löst sich vollflächig von der Trägerfolie
I/9 (100/40)	Metallisierung löst sich vollflächig von der Trägerfolie
I/ 9 (100/45)	Metallisierung löst sich vollflächig von der Trägerfolie

Nur wenige Systeme trennen mit Verbundtrennung (um genau zu sein 5, falls man den Metallisierungsschleier von G außer acht lässt), bei den meisten ist ein Ablösen der Metallisierung von der Trägerfolie zu beobachten. In diesem Fall wird auch hier nicht die Verbundhaftung zwischen OPP und metOPP gemessen, sondern die Haftung der Metallisierung auf dem OPP. Oder anders ausgedrückt, die Haftung der Klebstoffe ist meist höher als die der Metallisierung.

Die Trennbilder lassen den Schluss zu, das die Kaltsysteme durch das Siegeln stärker nachvernetzt werden als die Warmsysteme mit geringem Restmonomergehalt. Dies führt dazu, das letztere in den Werten besser sind, da die Metallisierung nicht übergeht. Auch ist den Trennbildern zu entnehmen, das Systeme mit Haftvermittler dazu neigen, das sich die Metallisierung von der Trägerfolie löst.

Betrachtet man Werte und Trennbild, so zeigt sich das F/6 neben A das beste Ergebnis liefert.

6.2.2.2 Verbundhaftung unter der Siegelnaht OPP (Folie von Mobil)



Auch hier ist der beste Wert mit 2,4 vom 1-Komponenten System A erzielt worden, dicht gefolgt von E/5 mit 2,3N. Dies ist wiederum durch die Aushärtung auf Feuchtigkeitsbasis, sowie die Nachbenetzung durch Temperatur und Druck zu erklären. Während bei A die Metallisierung komplett übergeht und anschließend die OPP Trägerfolie abreißt, ist bei E/5 nur ein teilweiser Transfer der Metallisierung zu beobachten und die Folie reißt nicht ab.

Die Variationen zu F/6 unterschieden sich auch hier nicht wesentlich voneinander, die Werte bewegen sich bei 1,1N und 1,2 N. Auch im Trennbild zeigen sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Mischungsverhältnissen.

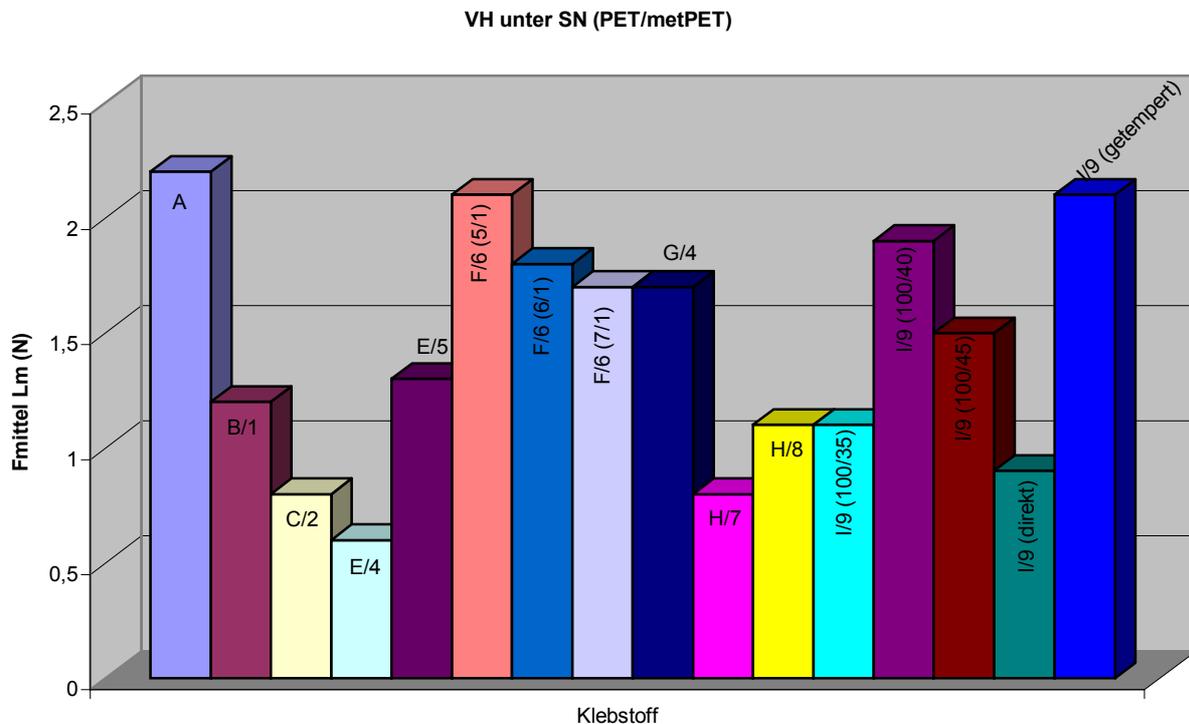
Anders sieht es mit I/9 aus, hier ist zu beobachten, dass je höher der Härteranteil wird, die Verbundhaftung abnimmt.

Klebstoff	Trennbild
A	Metallisierung geht über, dann reißt Trägerfolie ab
B/1	Metallisierung geht über, dann reißt Trägerfolie ab
C/2	Verbundtrennung
D/3	Verbundtrennung
E/4	Metallisierung geht über, dann reißt Trägerfolie ab
E/5	Teilweise geht Metallisierung über
F/6 (5/1)	Verbundtrennung
F/6 (6/1)	Verbundtrennung
F/6 (7/1)	Verbundtrennung
G/4	Verbundtrennung
H/7	Metallisierung geht über, dann reißt Trägerfolie ab
H/ 8	Metallisierung geht über, dann reißt Trägerfolie ab
I/9 (100/35)	Metallisierung geht über, dann reißt Trägerfolie ab
I/9 (100/40)	Metallisierung geht über, dann reißt Trägerfolie ab
I/ 9 (100/45)	Metallisierung geht über, dann reißt Trägerfolie ab

Diese Trennbilder legen den selben Schluss nahe, wie schon bei dem anderen OPP – Verbund. Durch die Siegelung werden die Kaltsysteme stärker nachvernetzt als die Warmsysteme, nur hier ist die Folienqualität bzw. die Qualität der Metallisierung besser, so dass sich der Verbund öfters sauber trennt und im Falle der konventionellen Kaltsysteme auch nicht zum ablösen der Metallisierung von der Trägerfolie führt (außer bei B/1).

Allerdings ist auch zu sehen, das die höchsten Messwerte nicht an den Systemen erzielt wurden, bei denen es zur sauberen Verbundtrennung kommt. Daraus folgt, das diese System in Punkto Haftung den Verbund nicht ausreizen, sondern besser sein könnten. Vor diesem Hintergrund ist E/5 das beste System hier, da hierbei nur ein Teil der Metallisierung über geht, aber trotzdem der höchste Wert erreicht wurde.

6.2.2.3 Verbundhaftung unter der Siegelnaht PET (PET/metPET)



Den höchsten Wert mit 2,2N steuert auch hier wieder das 1-komponenten System A bei, dicht gefolgt von F/6 (5/1) und der direkt kaschierten Variante von I/9 mit jeweils 2,1N. Der hohe Wert von A kommt, wie schon zuvor erwähnt durch den hohen Harnstoffanteil sowie die Nachbenetzung durch Temperatur und Druck beim Siegelzustande.

Die 3 Varianten von F/6 mit den unterschiedlichen Mischungsverhältnissen unterscheiden sich deutlich in den Messwerten. So kommt F/6 (5/1) auf 2,1 N während die beiden andern bei 1,8N (6/1) bzw. 1,7N (7/1) liegen. Auch im Trennbild unterscheiden sich die 3. Während Mischungsverhältnis 5/1 einen schwachen Übergang der Metallisierung zeigt, ist bei den beiden anderen Vorrangig Verbundtrennung zu beobachten. Zwar geht auch bei diesen die Metallisierung über, aber nicht im gleichen Ausmaß wie bei Mischungsverhältnis 5/1.

Auch die 5 verschiedenen Variationen von I/9 unterscheiden sich in Bezug auf die Messwerte. Während I/9 (100/35) mit 1,1N noch gleichauf mit H/8 liegt, ist der Wert von Mischungsverhältnis 100/40 mit 1,9N schon deutlich höher. Mischungsverhältnis 100/45 und vor allem die getemperte Folie fallen im Vergleich zu diesem Wert augenscheinlich ab. 100/45 kommt auf 1,5N und die getemperte Folie auf 0,9N. Im Trennbild dagegen

unterscheiden sich die Varianten nicht, bei allen geht die Metallisierung über und im Anschluss reißt dann die Trägerfolie ab.

Den schlechtesten Wert steuert E/4 mit nur 0,6N bei. Mit dem anderen Härter (5) ist E deutlich besser und kommt auf einen Wert von 1,3N. Auch hier geht die Metallisierung über und die Trägerfolie reißt dann im Verlauf ab.

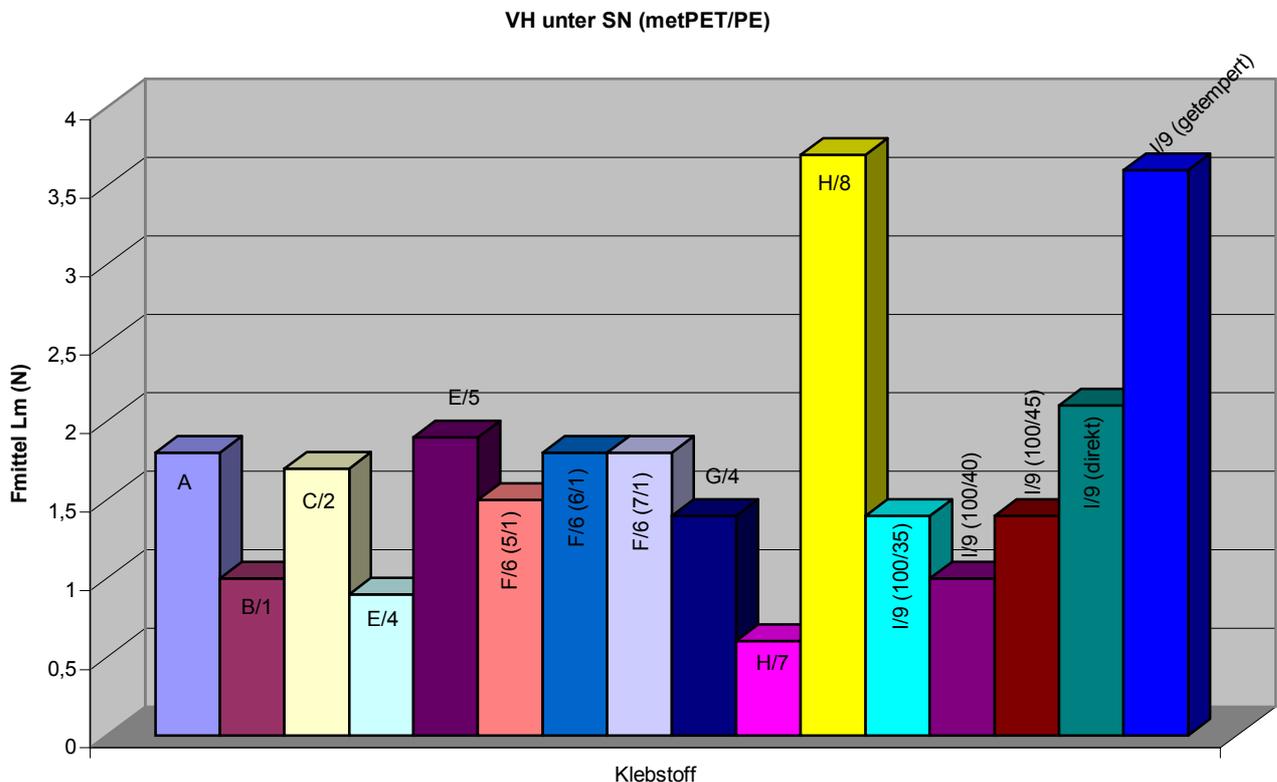
Auch bei H sieht man Unterschiede, welche durch die Härterkomponente verursacht werden. Mit Härter 7 kommt das System auf einen Wert von 0,8N während es Härter 8 immerhin auf einen Wert von 1,1N bringt.

Klebstoff	Trennbild
A	Metallisierung geht stellenweise über, reißt vereinzelt
B/1	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab
C/2	Verbundtrennung
E/4	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab
E/5	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab
F/6 (5/1)	Metallisierung geht schwach über
F/6 (6/1)	Verbundtrennung, vereinzelt schwacher Übergang der Met.
F/6 (7/1)	Verbundtrennung, stellenweise Übergang der Met.
G/4	Verbundtrennung (nur 1.Probe nicht)
H/7	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab
H/ 8	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab
I/9 (100/35)	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab
I/9 (100/40)	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab
I/ 9 (100/45)	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab
I/9 (direkt)	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab
I/9 (getempert)	Metallisierung geht über, Trägerfolie reißt ab

Die Kaltsysteme zeigen auch hier fast alle (bis auf C/2) einen Übergang der Metallisierung mit gefolgttem Abriss der Trägerfolie. Wie schon bei den beiden OPP – Verbunden ist dies auf die erfolgte Nachvernetzung durch Temperatur und Druck beim Siegeln zurückzuführen.

Da hier aber die Metallisierung bei E/4 übergeht, obwohl E/4 einen niedrigeren Messwert hat als z.B. C/2 welches Verbundtrennung zeigt, ist daraus zu schließen das dieses als Warmsystem anders aushärtet als C/2, welches ein Kaltsystem repräsentiert.

6.2.2.4 Verbundhaftung unter der Siegelnaht (metPET/PE)



Den höchsten Wert mit 3,7N liefert hier H/8, gefolgt von I/9 in der direkt kaschierten Version mit einem Wert von 3,6N.

Der niedrigste Wert liegt bei 0,6N und wird von H/7 erreicht.

Bei I/9 zeigen sich deutliche Unterschiede bei den einzelnen Varianten. So ist das Standardmischungsverhältnis von 100/40 dasjenige welches den niedrigsten Wert (1,0N) in dieser Gruppe liefert. Die beiden anderen Mischungsverhältnisse liegen mit jeweils 1,4N klar darüber. Übertroffen wird dies nur noch durch die getemperte Folie mit einem Wert von 2,1 und wie Eingangs schon erwähnt von der direkt im Anschluss zur ersten Kaschierung verklebten Folie mit einem Wert von 3,6N. Allen 5 Varianten gemein ist, das die Metallisierung übergeht und anschließend die Trägerfolie Abreißt.

F/6 verhält sich nicht so spannend, nur das Mischungsverhältnis 5/1 erreicht mit 1,5N einen niedrigeren Wert wie die beiden Anderen (1,8N). Im Trennbild unterscheiden sie sich auch kaum, in allen Fällen löst sich die Metallisierung komplett von der Trägerfolie, nur bei Mischungsverhältnis 7/1 etwas weniger stark.

Der Messwert von E variiert auch mit dem Härter. Mit Härter 4 erreicht E einen Wert von 0,9N während mit Härter 5 ein Wert von 1,9N gemessen wird.

Auch diese Beiden unterscheiden sich nicht im Trennbild.

Der gravierendste Unterschied in Bezug auf die Härterkomponente verzeichnet wohl H. Mit Härter 7 liegt der Messwert gerade mal bei 0,6N, im Gegensatz zu Härter 8, hier liegt der Messwert den H erreicht bei 3,7N. Wie bei den beiden E Systemen ist auch hier das Trennbild nicht unterschiedlich.

Klebstoff	Trennbild
A	Stellenweise Übergang der Metallisierung
B/1	Übergang der Metallisierung, reißt ab
C/2	Metallisierung löst sich komplett von Trägerfolie
E/4	Metallisierung geht über, reißt ab
E/5	Metallisierung geht über, reißt ab
F/6 (5/1)	Metallisierung löst sich komplett von Trägerfolie
F/6 (6/1)	Metallisierung löst sich komplett von Trägerfolie
F/6 (7/1)	Metallisierung löst sich fast komplett von Trägerfolie
G/4	Übergang der Metallisierung
H/7	Metallisierung geht über, reißt ab
H/ 8	Metallisierung geht über, reißt ab
I/9 (100/35)	Metallisierung geht über, reißt ab
I/9 (100/40)	Metallisierung geht über, reißt ab
I/ 9 (100/45)	Metallisierung geht über, reißt ab
I/9 (direkt)	Metallisierung geht über, reißt ab
I/9 (getempert)	Metallisierung geht über, reißt ab

Obwohl hier die Metallisierung nicht die Grenzfläche ist, zeigen doch alle Systeme einen Übergang derselben.

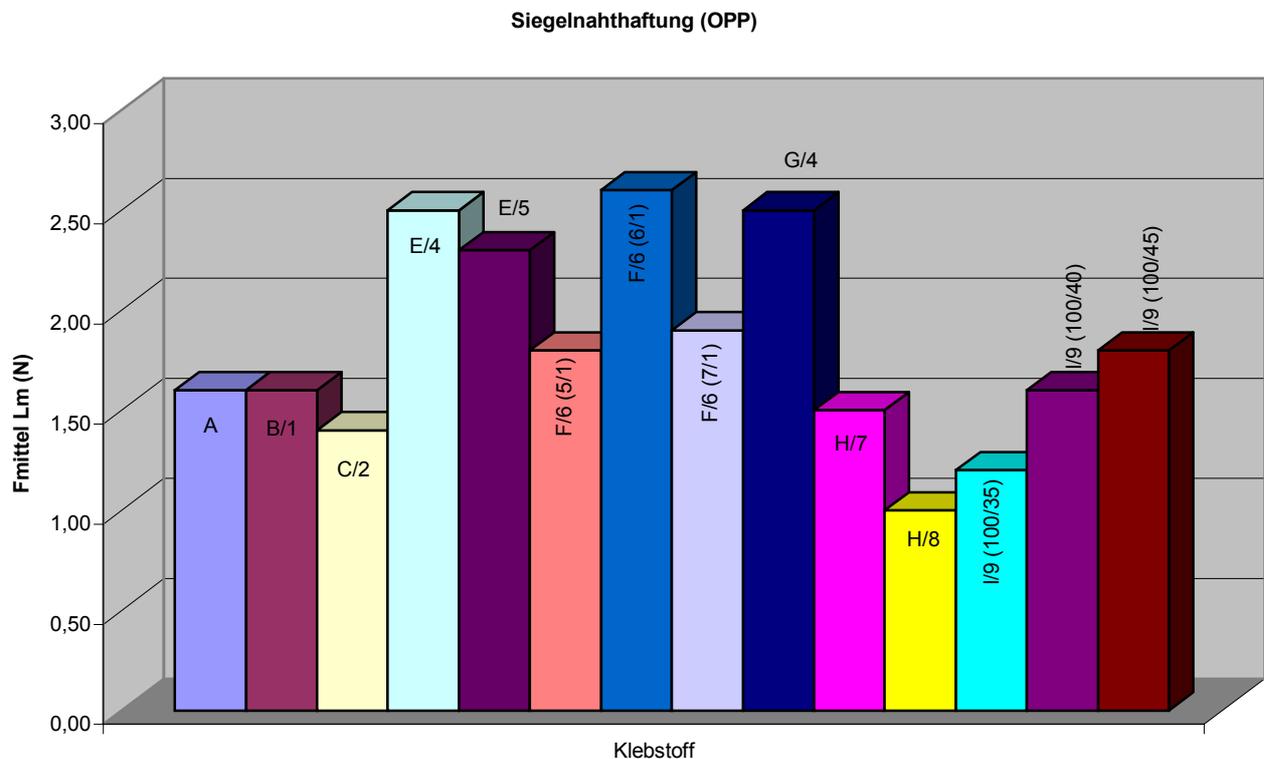
Es gibt allerdings Unterschiede im Weiterreißverhalten der Klebstoffsysteme. So zeigen alle Kaltsysteme bis auf C/2 eine Abriss. Auch dies ist, wie schon zuvor mit dem unterschiedlichen reagieren auf Temperatur und Druck zu erklären. Das sich die Metallisierung in jedem Fall ablöst, zeigt, das die Haftwerte der Systeme in jedem Fall höher waren, als die der Metallisierung, was es unmöglich macht eine Aussage zu treffen, welches Klebstoffsystem denn nun am besten abgeschnitten hat.

6.2.3 Siegelnahthaftung (SNH)

Die Messungen zur Bestimmung der Siegelnahthaftung wurden mit jeweils drei Proben, welche gemäß den Parametern in Punkt 6.1.3 angefertigt worden sind, durchgeführt. Auch hierbei ermöglichte es das Prüfprogramm pro Messung ein Datenblatt mit Diagramm anzufertigen, welches jeweils durch ein eingescanntes Trennbild ergänzt wurde.

Zu finden sind diese Datenblätter im Anhang auf Seite 293 bis 283, jeweils nach Klebstoffkombination bzw. Folienkombination geordnet.

6.2.3.1 Siegelnahthaftung OPP (Folie von Henkel)



Da alle Proben das gleiche Trennbild aufweisen, müssen eigentlich nur die Werte verglichen werden.

Den Höchsten Wert hat F/6 (6/1) mit 2,6N, gefolgt von E/4 und G/4 mit jeweils 2,5N. Schlechtester Wert ist 1,0N von H/8.

Vergleicht man die 3 Variationen von F/6 miteinander, so zeigt sich, das Standardmischungsverhältnis ist deutlich besser als die beiden anderen Abwandlungen. 5/1 kommt auf 1,8N während 7/1 auf 1,9N kommt.

Auch bei den Abwandlungen um I/9 ist das Standardmischungsverhältnis von 100/40 mit einem Wert von 1,6N besser als Mischungsverhältnis 100/35 mit 1,2N, allerdings ist hier Mischungsverhältnis 100/45 mit 1,8N besser.

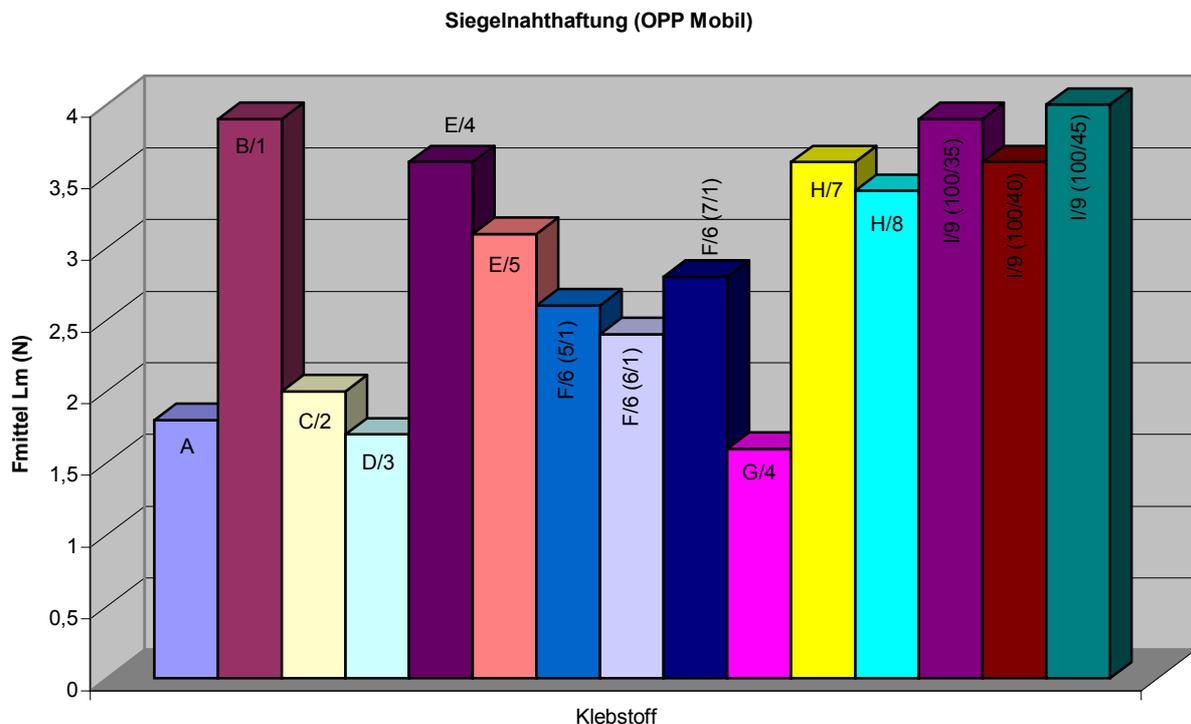
E unterscheidet sich in seinen zwei Härterkombinationen auch im Wert. In Verbindung mit Härter 4 erreicht das System einen Wert von 2,5N, wohingegen in Kombination mit Härter 5 nur 2,3N erreicht werden.

Gleiches gilt für H mit seinen zwei verschiedenen Härtern. In Kopplung mit Härter 7 erreicht der Klebstoff einen SNH Wert von 1,5N, mit Härter 8 dahingegen nur einen Wert von 1N.

A und B/1 sind mit einem Wert von 1,6N gleichauf, C/2 fällt gegenüber den beiden mit einem Wert von 1,4N leicht ab

Klebstoff	Trennbild
A	Schältrennung unter der Siegelnaht
B/1	Schältrennung unter der Siegelnaht
C/2	Schältrennung unter der Siegelnaht
E/4	Schältrennung unter der Siegelnaht
E/5	Schältrennung unter der Siegelnaht
F/6 (5/1)	Schältrennung unter der Siegelnaht
F/6 (6/1)	Schältrennung unter der Siegelnaht
F/6 (7/1)	Schältrennung unter der Siegelnaht
G/4	Schältrennung unter der Siegelnaht
H/7	Schältrennung unter der Siegelnaht
H/ 8	Schältrennung unter der Siegelnaht
I/9 (100/35)	Schältrennung unter der Siegelnaht
I/9 (100/40)	Schältrennung unter der Siegelnaht
I/ 9 (100/45)	Schältrennung unter der Siegelnaht

6.2.3.2 Siegelnahthaftung OPP (Folie von Mobil)



Die Werte bei dieser Messung / Folie sind durch die Bank höher als die vorherige, obwohl es sich ebenfalls um einen OPP/metOPP Verbund handelt. Der Höchste Wert liegt hier bei 4,0N, erreicht von I/9 (100/45). Niedrigster Wert wird mit 1,6 von G/4 beigesteuert.

Im Gegensatz zur letzten Messung liegen hier die 3 Mischungsverhältnisse von F/6 recht dicht beisammen. Den höchsten Wert erreicht hier Mischungsverhältnis 7/1 mit 2,8N, gefolgt von Mischungsverhältnis 5/1 mit 2,6N. Schlusslicht in dieser Gruppe ist das Standardmischungsverhältnis von 6/1, dieses kommt nur auf einen Wert von 2,4N. Betrachtet man das Trennbild so zeigen 5/1 und 6/1 Metallisierungsübergang, Mischungsverhältnis 7/1 reißt in Folge sogar.

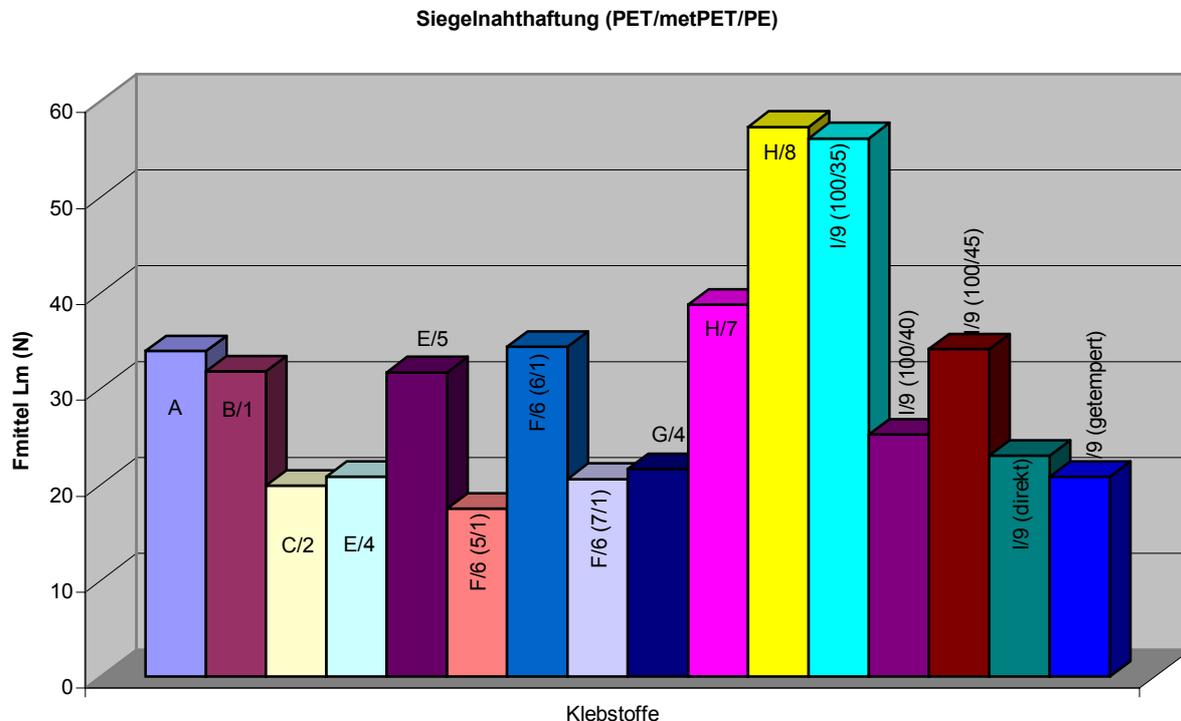
Auch die Werte der 3 Variationen I/9 liegen höher als bei der vorherigen Messung. Hier kommt das Mischungsverhältnis wie Eingangs erwähnt mit einem Wert von 4N am besten weg. Aber auch Mischungsverhältnis 100/35 steht dem mit 3,9N in nichts nach. Nur die Standardmischung von 100/40 ist auch hier die mit 3,6N die Schlechteste. Während Mischungsverhältnis 100/35 und 100/40 einen Übergang der Metallisierung und in folge einen Abriss zeigen, so ist bei 100/45 nur Schältrennung zu beobachten.

Von der Tendenz her gleich ist auch das Verhalten von E mit seinen zwei verschiedenen Härtern. In Verbindung mit Härter 4 kommt das System auf 3,6N, mit Härter 5 nur auf 3,1N. In Punkto Trennbild unterscheiden sich die beiden dahingehend, das ersteres System Schältrennung zeigt, während zweiteres dazu übergeht die Metallisierung von der OPP Folie zu lösen.

Gleiches Verhalten ist auch bei H zu sehen. Mit Härter 7 erreicht das System einen Wert von 3,6N mit Härter 8 nur 3,4N. Das Trennbild ist in diesem Fall aber gleich, mit der Ausnahme, das H/8 neben der Schältrennung Materialriss zeigt.

Klebstoff	Trennbild
A	Schältrennung unter der Siegelnaht
B/1	Schältrennung unter der Siegelnaht
C/2	Schältrennung unter der Siegelnaht
D/3	OPP Folie löst sich von Metallisierung
E/4	Schältrennung unter der Siegelnaht
E/5	OPP Folie löst sich von Metallisierung
F/6 (5/1)	OPP Folie löst sich von Metallisierung
F/6 (6/1)	OPP Folie löst sich von Metallisierung
F/6 (7/1)	OPP Folie löst sich von Metallisierung, reißt
G/4	Schältrennung unter der Siegelnaht
H/7	Schältrennung unter der Siegelnaht
H/ 8	Schältrennung unter der Siegelnaht, Materialriss
I/9 (100/35)	OPP Folie löst sich von Metallisierung, reißt
I/9 (100/40)	OPP Folie löst sich von Metallisierung, reißt
I/ 9 (100/45)	Schältrennung unter der Siegelnaht

6.2.3.3 Siegelhaftung PET



Die Werte für die Siegelhaftung bei PET liegen um ein vielfaches höher als die Werte für die beiden OPP Folien. Ein Grund hierfür kann die bessere Siegelbarkeit der PE Folie sein, welche gegen das PET kaschiert wurde.

Der höchste Wert liegt hier bei 57,3N, erreicht von H/8.

Die 5 Variationen von I/9 zeigen deutliche Unterschiede in den Werten. So kommt das Mischungsverhältnis 100/35 mit 56,1N fast an H/8 heran. Die anderen Mischungsverhältnisse und auch die direkt kaschierte und die getemperte Folie dagegen kommen nicht über einen Wert von 34,1N (100/45) hinaus. Den niedrigsten Wert in dieser Gruppe hat die direkt im Anschluss zum 3er Verbund kaschierte Folie mit 20,8N. Die getemperte Folie liegt mit 23N etwas besser, aber selbst die Standardmischung (100/40) kommt mit 25,2N nicht an den Wert von 100/35 heran. Dieser hohe Wert lässt sich dadurch erklären, dass 100/35 als einziges Mischungsverhältnis eine Abriss an der Siegelnahtkante zeigt, während die anderen Variationen von I/9 alle unter der Siegelnaht delaminieren.

Bei F/6 dagegen hat das Standardmischungsverhältnis (6/1) den höchsten Wert (34,4). Die anderen beiden liegen mit 17,5N (5/1) bzw. 20,6N (7/1) deutlich darunter. Allerdings lässt sich dies nicht durch das Trennbild erklären, denn alle drei zeigen einen Abriss an der Siegelnahtkante.

Im Gegensatz zu den OPP Folien liegt das Verhältnis bei E mit seinen zwei Härtern bei PET genau umgekehrt. Während bei den OPP Folien die Kombination mit Härter 4 die bessere war so ist dies hier der Härter 5. In Verbindung mit diesem kommt das System auf 31,7N, mit Härter 4 nur auf 20,8N. Das Trennbild unter den beiden Systemen ist gleich, beides mal Verbundtrennung unter der Siegelnaht.

Auch bei H ist eine Wende zu beobachten. Bei den OPP Folien war noch die Kombination mit Härter 7 die bessere, bei PET ist dies nun offenbar Härter 8. Dieser ist mit 57,3N wesentlich besser als Härter 7 mit 38,3N. Das äußert sich auch im Trennbild. Bei H/7 ist Verbundtrennung unter der Siegelnaht zu sehen, H/8 dagegen reißt an der Siegelnahtkante ab.

Klebstoff	Trennbild
A	Reißt an Siegelnahtkante
B/1	Delamination unter der Siegelnaht
C/2	Verbundtrennung unter Siegelnaht
E/4	Verbundtrennung unter Siegelnaht
E/5	Verbundtrennung unter Siegelnaht
F/6 (5/1)	Reißt an Siegelnahtkante
F/6 (6/1)	Reißt an Siegelnahtkante
F/6 (7/1)	Reißt an Siegelnahtkante
G/4	Verbundtrennung unter Siegelnaht
H/7	Verbundtrennung unter Siegelnaht
H/ 8	Reißt an Siegelnahtkante
I/9 (100/35)	Reißt an Siegelnahtkante
I/9 (100/40)	Delamination unter der Siegelnaht
I/ 9 (100/45)	Delamination unter der Siegelnaht
I/9 (direkt)	Delamination unter der Siegelnaht
I/9 (getempert)	Delamination unter der Siegelnaht

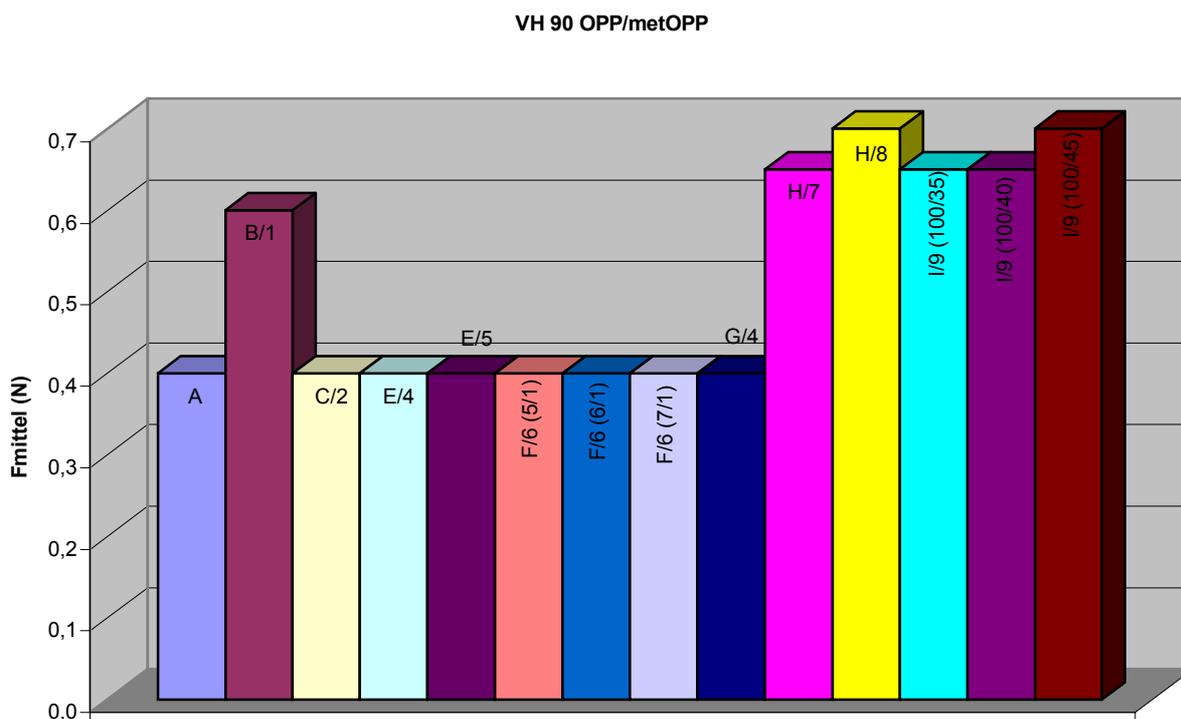
Die Unterschiede, welche sich hier im Trennbild zeigen, können mit den unterschiedlichen Klebstoffsystemen erklärt. So zeigen sämtliche Kaltsysteme Delamination unter der Siegelnaht (bis auf C/2 und H/7), allerdings ist diese Delamination darauf zurückzuführen, dass sich die Metallisierung von der Trägerfolie ablöst und nicht etwa der Verbund an sich auflöst. Bei den Warmsystemen dagegen reicht die Festigkeit des Verbundes aus, um nicht zu delaminieren. Die Unterschiede im Trennbild hierbei ergeben sich aus den verschiedenen Klebstoffen (Polyester / Ether), ob der Härter mit einem Haftvermittler ausgestattet ist, hat dagegen keinen Einfluss auf das Trennbild (siehe E/4, E/5). Allerdings hat das System mit Haftvermittler einen niedrigeren Messwert.

Die höchsten Werte, sowie das angestrebte Trennbild weisen H/8 und I/9 (100/35) auf.

6.2.4 Verbundhaftung unter Wärmebelastung (VH 90)

Bei dieser Prüfmethode handelt es sich um eine interne Methode (Details in Punkt 6.1.4), welche Henkel anwendet um Folien bzw. Kaschierklebstoffe auf ihre Wärmebeständigkeit hin zu untersuchen. Dies ist unter anderem wichtig für sterilisierbare Folien, welche einer hohen Temperaturbelastung ausgesetzt sind. Da es sich hierbei um eine Zwick Zugprüfmaschine ohne PC Anbindung handelt, liegen für diese Prüfergebnisse keine einzelnen Diagramme vor, sondern nur der Handschriftlich notierte Wert der Kraft, welche zum Trennen benötigt wird. Tabellen mit einer Übersicht über die Werte sowie des Trennbildes finden sich im Anhang von Seite 383 bis Seite 385.

6.2.4.1 Verbundhaftung unter Wärmebelastung (VH 90) OPP (Folie von Henkel)

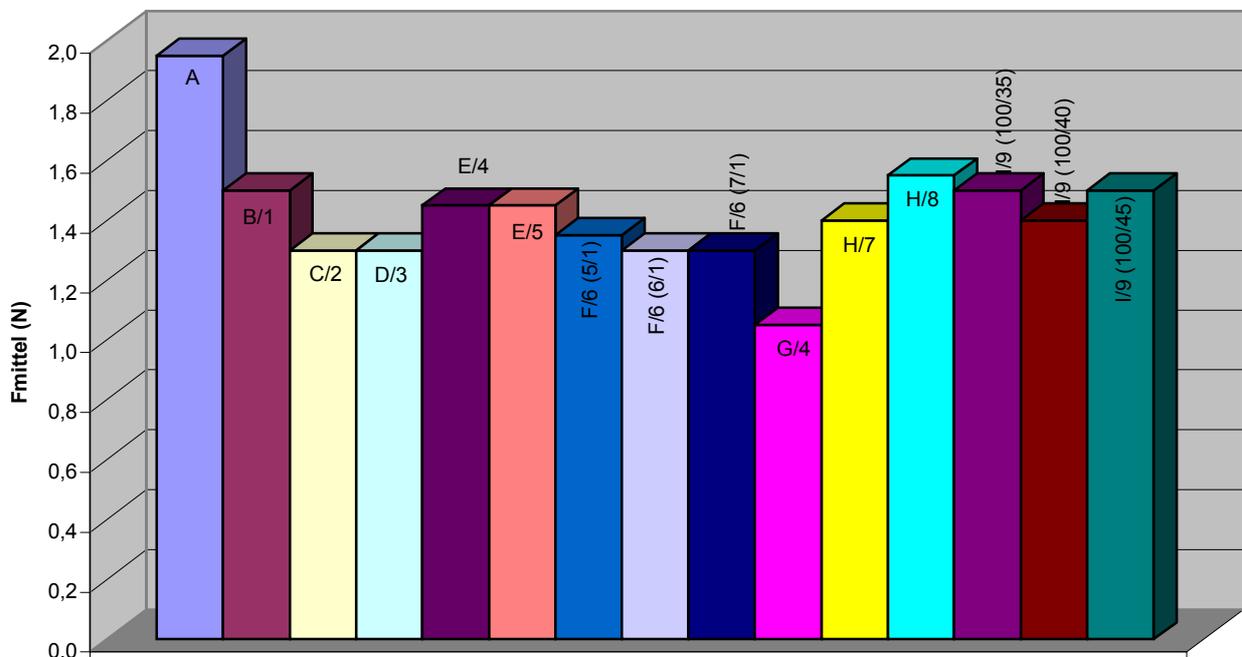


Die Werte liegen alle in einem Bereich von 0,4N bis 0,7N. Alle Proben, bei denen sich die Metallisierung ablöst liegen bei 0,4 N, die anderen im Bereich um 0,7N.

Klebstoff	Trennbild
A	Metallisierung geht über
B/1	Verbundtrennung
C/2	Verbundtrennung
E/4	Metallisierung geht über
E/5	Metallisierung geht über
F/6 (5/1)	Metallisierung geht über
F/6 (6/1)	Metallisierung geht über
F/6 (7/1)	Metallisierung geht über
G/4	Metallisierung geht über
H/7	Verbundtrennung
H/8	Verbundtrennung
I/9 (100/35)	Verbundtrennung
I/9 (100/40)	Verbundtrennung
I/9 (100/45)	Verbundtrennung

6.2.4.2 Verbundhaftung unter Wärmebelastung (VH90) OPP (Folie von Mobil)

VH 90 OPP/metOPP (Mobil)



Im Gegensatz zum metallisierten OPP von Henkel trennt sich das metallisierte OPP von Mobil mit klarer Verbundtrennung ohne Übergang der Metallisierung. Auch sind die Werte um einiges höher, der Höchstwert liegt hier bei 2,0N gegenüber 0,7N.

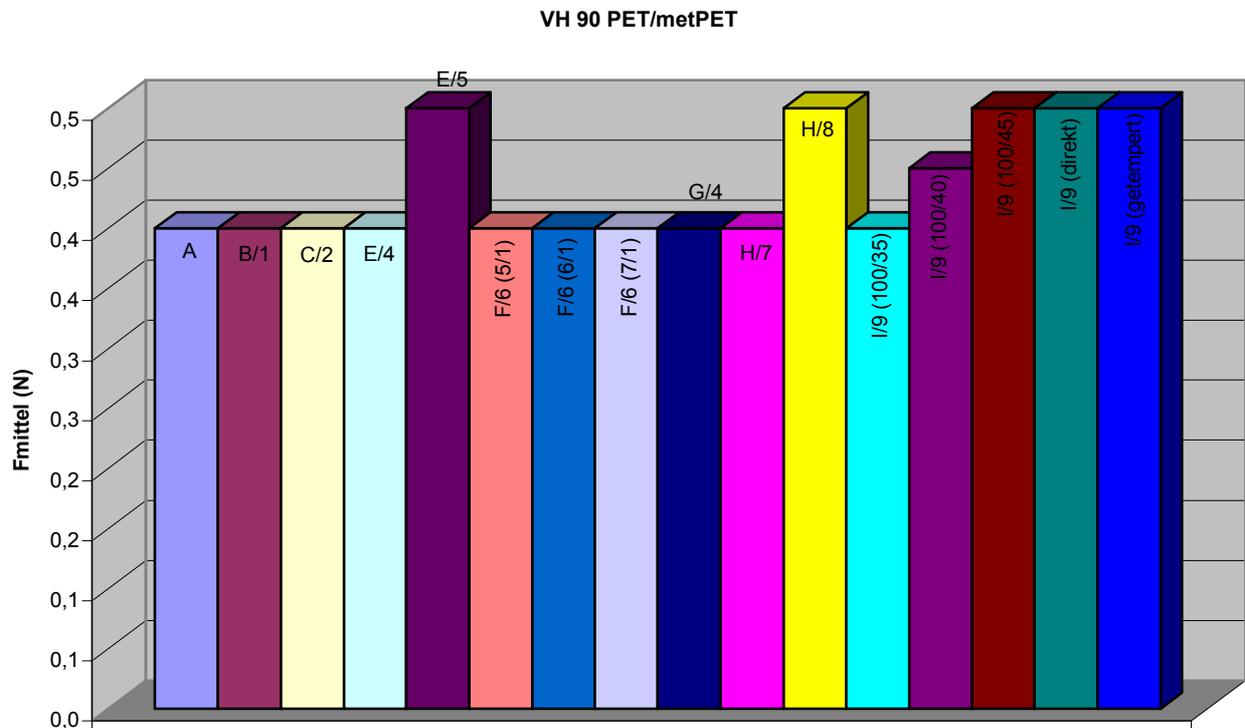
Die Variationen der Mischungsverhältnisse kommen hier nicht sonderlich zum tragen, die Werte unterscheiden sich bei F/6 nur um 0,1N und bei I/9 auch nur um maximal 0,1N.

Keinen Einfluss auf die Verbundhaftung hat in diesem Fall der Härter bei E, die Werte liegen in beiden Fällen gleichauf. Anders verhält sich dies bei H, hier zeigt der Klebstoff in Kombination mit dem Härter 8 einen um 0,2N erhöhten Wert gegenüber Härter 7. Das Trennbild ist bei allen Messungen gleich:

Klebstoff	Trennbild
A	Verbundtrennung
B/1	Verbundtrennung
C/2	Verbundtrennung
E/4	Verbundtrennung
E/5	Verbundtrennung
F/6 (5/1)	Verbundtrennung
F/6 (6/1)	Verbundtrennung
F/6 (7/1)	Verbundtrennung
G/4	Verbundtrennung
H/7	Verbundtrennung
H/8	Verbundtrennung
I/9 (100/35)	Verbundtrennung
I/9 (100/40)	Verbundtrennung
I/9 (100/45)	Verbundtrennung

Da das Trennbild bei allen Klebstoffsystemen gleich ist, müssen nur die Werte verglichen werden.

6.2.4.3 Verbundhaftung unter Wärmebelastung (VH 90) PET (PET/metPET)



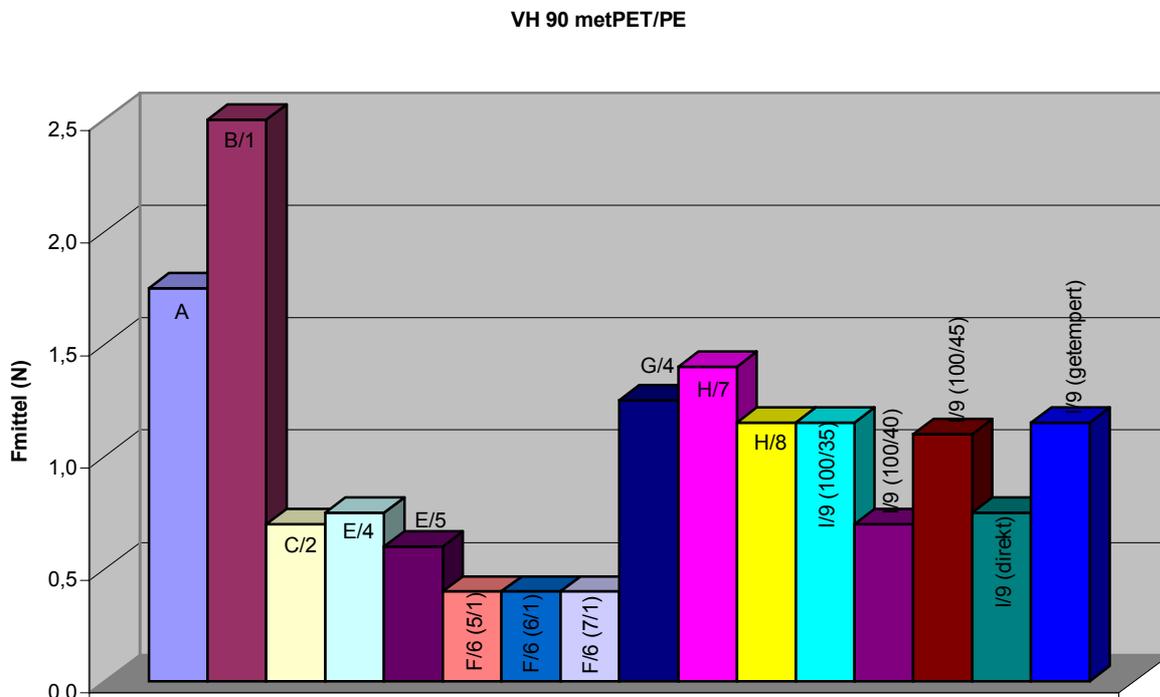
Auch hier zeigt sich, dass die Werte fast alle bei 0,4N liegen. Nur einige wenige sind höher und liegen dann bei 0,5N. Auch hier ist dies darauf zurückzuführen, dass sich die Metallisierung komplett oder zumindest teilweise ablöst.

Klebstoff	Trennbild
A	Metallisierung geht über
B/1	Metallisierung geht teilweise über
C/2	Metallisierung geht teilweise über
E/4	Metallisierung geht leicht über
E/5	Metallisierung geht über
F/6 (5/1)	Metallisierung geht über
F/6 (6/1)	Metallisierung geht über
F/6 (7/1)	Metallisierung geht über
G/4	Metallisierung geht leicht über
H/7	Metallisierung geht über
H/8	Metallisierung geht über
I/9 (100/35)	Metallisierung geht über
I/9 (100/40)	Metallisierung geht über
I/9 (100/45)	Metallisierung geht teilweise über
I/9 (direkt)	Metallisierung geht teilweise über
I/9 (getempert)	Metallisierung geht teilweise über

Einige Klebstoffsysteme, bei denen die Metallisierung nicht vollständig übergeht zeigen den leicht erhöhten Wert von 0,5. Im einzelnen sind das I in einem Mischungsverhältnis von 100/45, sowie die direkt kaschierte und die getemperte Variante. Daneben sind noch H/8 und E/5 zu nennen, welcher ebenfalls auf 0,5N kommt, obwohl bei diesen die Metallisierung komplett übergeht.

Diese niedrigen Werte besagen allerdings nur, das die Metallisierung nicht ausreichend Haftung auf der Trägerfolie hatte.

6.2.4.4 Verbundhaftung unter Wärmebelastung (VH 90) PET (metPET/PE)



Im Gegensatz zu PET/metPET zeigen sich hier deutliche Unterschiede in der Verbundhaftung. Die Spanne reicht hier von 2,5N (B/1) bis zu 0,4N (F/6 alle Mischungsverhältnisse).

Während die Variationen von F/6 alle mit 0,4 gleichauf liegen und auch das gleiche Trennbild aufweisen, ist dies bei I/9 nicht so.

Hier hat neben dem getemperten System das Mischungsverhältnis 100/35 mit 1,2N den höchsten Wert. Das direkt kaschierte System und Mischungsverhältnis 100/40 liegen mit 0,8N bzw. 0,7 deutlich schlechter, wohingegen Mischungsverhältnis 100/45 mit 1,1N wieder fast gleichauf liegt. Der schlechtere Wert beim direkt kaschierten System erklärt sich aus dem Übergang der Metallisierung.

Bei E mit seinen zwei Härtern lassen sich auch zwei Werte ermitteln, in Kombination mit Härter 8 liegt E um 0,2N gegenüber der Kombination mit Härter 7 zurück, welcher auf einen Wert von 1,4N kommt.

Klebstoff	Trennbild
A	Verbundtrennung
B/1	Verbundtrennung
C/2	Verbundtrennung
E/4	Verbundtrennung
E/5	Metallisierung geht teilweise über
F/6 (5/1)	Metallisierung geht über
F/6 (6/1)	Metallisierung geht über
F/6 (7/1)	Metallisierung geht über
G/4	Metallisierung geht über
H/7	Metallisierung geht über
H/8	Metallisierung geht teilweise über
I/9 (100/35)	Verbundtrennung
I/9 (100/40)	Verbundtrennung
I/9 (100/45)	Verbundtrennung
I/9 (direkt)	Metallisierung geht über
I/9 (getempert)	Verbundtrennung

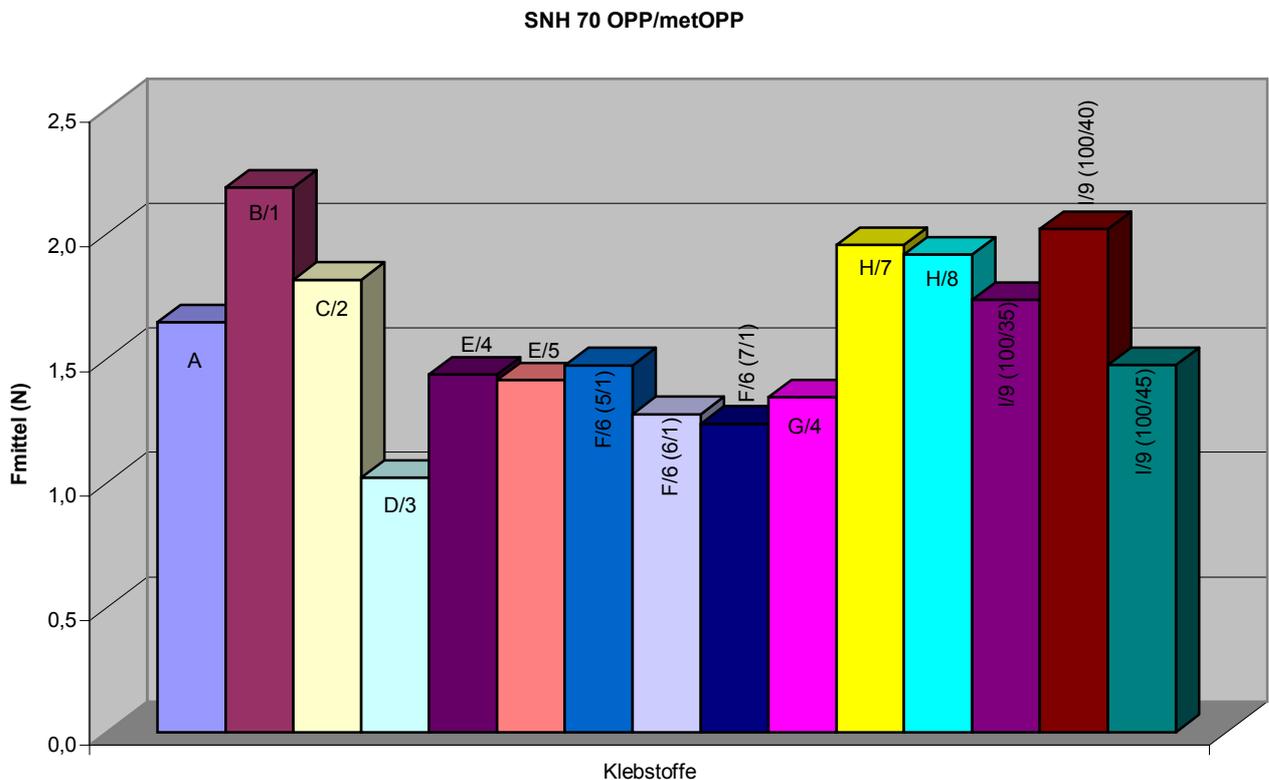
Es ist kein System zu erkennen nachdem sich das Trennbild auf die einzelnen Klebstoffgenerationen zuordnen ließe. Nur soviel : Klebstoffe der 1. und 2. Generation fallen hier mit Verbundtrennung auf, während die 3+4 Generation eher dazu neigt die Metallisierung übergehen zu lassen, was für höhere Haftwerte spricht. Universalkaschierklebstoffe schließlich zeigen beide Muster, H neben I (direkt) mit Übergang der Metallisierung und I (alle anderen Variationen) mit Verbundtrennung.

Ein Fazit aus diesen Werten wäre, das die Warmsysteme unter der erhöhten Temperaturbelastung der Meßmethode besser abschneiden, d.h gegen Warmbelastung unempfindlicher sind. Den Messwerten zufolge liegen die Warmsysteme zwar deutlich zurück (außer G/4), allerdings wird, wenn die Metallisierung sich von der Trägerfolie löst, nicht der Haftwert des Klebstoffes, sondern der Metallisierung gemessen. Löst sich diese, so kann man daraus schlussfolgern, der Klebstoff hat eine bessere Vernetzung mit derselben erreicht, als bei Systemen, bei denen sich selbige nicht ablöst.

6.2.5 Siegelnahtfestigkeit bei Wärmebelastung (SNH 70)

Auch hierbei wurden zunächst mindestens 3 Proben gemäß den in Punkt 6.1.5. genannten Parametern angefertigt. Diese Prüfmethode ist ebenfalls im Kontext mit sterilisierbaren Folien zu sehen, da ebenso die Siegelnähte den erhöhten Belastungen standhalten müssen. Wie bei der VH 90 Prüfmethode, handelt es sich auch hierbei um eine Zugprüfmaschine ohne PC Anbindung. Aus diesem Grund gibt es auch für diese Werte kein jeweiliges Prüfdiagramm, sondern nur handschriftlich notierte Werte. Im Anhang finden sich Übersichtstabellen mit den Werten auf den Seiten 385 und 386.

6.2.5.1 Siegelnahtfestigkeit bei Wärmebelastung (SNH 70) OPP (Folie von Henkel)



Der höchste Wert hier liegt bei 2,2N, gemessen an B/1. Den niedrigsten Wert hat mit 1,0N D/3.

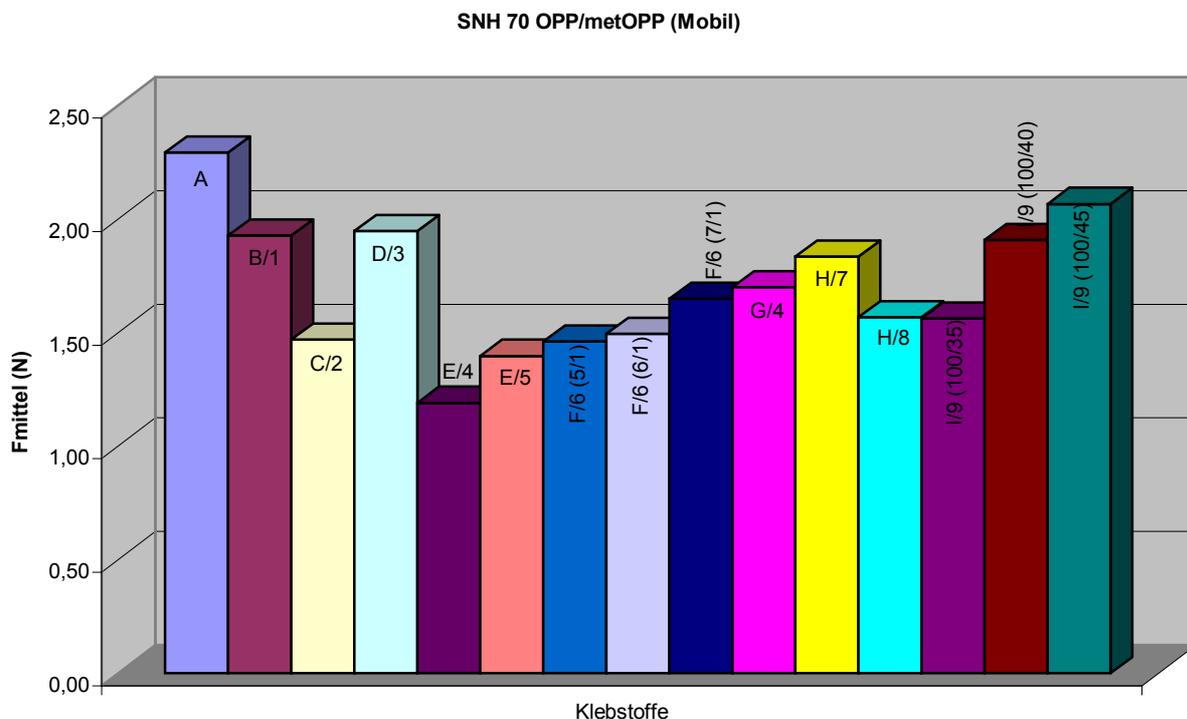
Die 3 Varianten von F/6 zeigen unterschiedliche Werte. Am besten schneidet hier das Mischungsverhältnis 5/1 mit 1,5N ab, gefolgt vom Standardmischungsverhältnis 6/1, welches einen Wert von 1,3N erreicht. Mit 1,2N liefert das Mischungsverhältnis 7/1 den schlechtesten Wert.

Auch die 3 Versionen von I/9 fallen durch verschiedene Werte auf. Hier erreicht aber das Standardmischungsverhältnis von 100/40 mit 2,0N den besten Wert. Die anderen beiden sind mit 1,7N (100/35) und 1,5N (100/45) schlechter.

Wie schon bei einigen Messungen zuvor erreicht E mit dem Härter 4 mit 1,44N den geringfügig besseren Wert. Mit Härter 5 kommt das System auf 1,41N. Der Unterschied ist aber so gering, dass er unter die Messgenauigkeit fällt.

Auch H unterscheidet sich im Wert nicht wesentlich, benutzt man verschiedene Härter. Mit Härter 7 erreicht der Klebstoff 2,0N, mit Härter 8 immerhin noch 1,9N.

6.2.5.2 Siegelnahtfestigkeit bei Wärmebelastung (SNH 70) OPP (Folie von Mobil)



SNH70 für die OPP Folie von Mobil weist ähnliche Werte auf, wie die Folie von Henkel. Es gibt aber doch einige Unterschiede. So ist der höchste Wert hier 2,29, erreicht vom 1-Komponenten System A. Niedrigsten Wert hat im Gegensatz zur vorherigen Messung nicht D/3, sondern E/4 (1,19N).

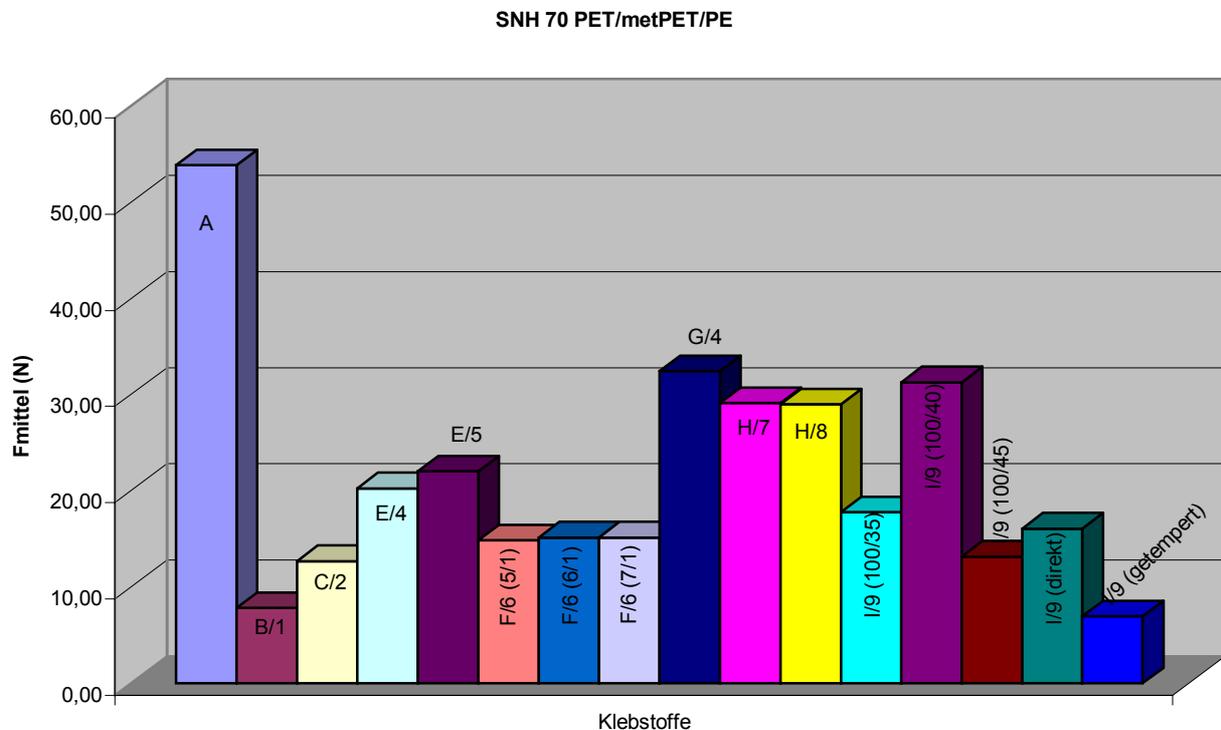
Auch bei F/6 sind Unterschiede zu sehen. So hat nicht das Mischungsverhältnis 5/1 (1,46N) den höchsten Wert sondern Mischungsverhältnis 7/1 (1,65N). Standardmischungsverhältnis 6/1 liegt mit 1,5N in der Mitte zwischen den beiden.

Selbes Bild auch bei I/9. Während vorhin das Mischungsverhältnis 100/40 (jetzt 1,91N) den höchsten Wert lieferte, ist es nunmehr Mischungsverhältnis 100/45 (2,07N). Mischungsverhältnis 100/35 liegt mit 1,56N noch darunter.

Waren in vorheriger Messung E/4 und E/5 noch fast gleichauf, so zeigt sich nun, das hier E/4 (1,19N) schlechter ist als E/5 (1,4N).

H/7 ist auch hier vom gemessenen Wert (1,84N) her besser als H/8 (1,54N).

6.2.5.3 Siegelnahtfestigkeit bei Wärmebelastung (SNH 70) PET



Die Messwerte für den PET Verbund sind, wie auch schon bei der Messung der normalen Siegelnahthaftung, um ein vielfaches höher als, die Werte der OPP – Verbunde. So ist der höchste Wert hier 53,89N, gemessen an A. Alle anderen Werte kommen nicht über die Marke von 32,46N hinaus (ermittelt an G/4).

Die Messwerte für F/6 liegen für alle 3 Mischungsverhältnisse nah beieinander, die von 6/1 und 7/1 sind mit 15,17N sogar gleich. Nur Mischungsverhältnis 5/1 fällt mit einem Wert von 14,89N unwesentlich ab.

Anders sieht es bei I/9 aus, hier unterscheiden sich die ermittelten Werte doch zum Teil erheblich. Mit 31,28N hat hier das Standardmischungsverhältnis den höchsten Wert, alle anderen kommen nicht an dieses Ergebnis ran. Mischungsverhältnis 100/35 erreicht 17,82N und Mischungsverhältnis 100/45 13,2N. Die beiden anderen Varianten, getempert und direkt im Anschluss zum 3er Verbund Kaschiert, liegen bei 6,97N bzw. bei 16,12N.

Auch hier ist zu sehen, das E mit Härter 5 geringfügig besser ist (22,04N) als mit Härter 4 (20,28N).

Bei H dagegen kann man praktisch nicht unterscheiden, welcher der beiden Härter zum Einsatz kam. Mit Härter 7 liegt der Wert bei 29,12N und mit Härter 8 bei 28,99N. da dies aber nur ein Unterschied von 0,13N ist, kann man getrost sagen, die beiden Werte seien gleich, da dies mit Sicherheit unter die Messungenauigkeit fällt.

6.2.6 Kochtest

Wie unter 6.1.6 beschrieben, werden die angefertigten Beutel (jeweils einer pro Verbund / Klebstoffkombination), gekocht und anschließend visuell beurteilt.

6.2.6.1 Kochtest OPP/metOPP :

- A
Siegelnähte gehen auf (Beutel platzt), komplette Auflösung der Nähte, keine Delamination des Verbundes.
- G/4
vollständiges aufgehen der Siegelnähte, keine Delamination
- D/3
Siegelnaht an der Stirnseite aufgegangen, Metallisierung angegriffen, im Gegenlicht Löcher zu erkennen, Beutel glänzt nicht, wirkt „stumpf“
- E/4
Vollständiges aufgehen der Siegelnähte, keine Delamination
- E/5
Vollständiges aufgehen der Siegelnähte, keine Delamination
- F/6 (5/1)
teilweises aufgehen der Siegelnähte, keine Delamination
- F/6 (6/1)
vollständiges aufgehen der Siegelnähte, stellenweise geht Metallisierung über
- F/6 (7/1)
vollständiges aufgehen der Siegelnähte, Metallisierung wirkt stellenweise angegriffen
- B/1
Siegelnähte komplett intakt, Metallisierung löst sich vereinzelt (unter der Siegelnaht)
- H/7
Siegelnähte komplett intakt, Metallisierung löst sich vereinzelt (unter der Siegelnaht)
- H/8
Siegelnaht an einer Stelle offen, sonst intakt. Delamination an dieser Stelle (eventuell auch Metallisierung)
- I/9 (100/35)
Siegelnähte intakt, an einer Stelle Schäden durch Risse in der Metallisierung

- I/9 (100/40)
Siegelnähte komplett intakt und dicht, keine Delamination
- I/9 (100/45)
Siegelnähte komplett dicht und intakt, keine Delamination
- C/2
Siegelnaht an einer Stelle aufgegangen, Metallisierung stark angegriffen, Beutel fast durchsichtig

Schön zu sehen ist, das G/4, E/4 und E5, sowie A dasselbe Verhalten zeigen – die Siegelnähte gehen zwar auf, aber der Verbund an sich hält zusammen. Mit Klebstoffkombination I/9 dagegen, sind alle Siegelnähte intakt und ebenfalls keine Delamination zu beobachten, nur im Mischungsverhältnis 100/35 zeigen sich Risse in der Metallisierung.

Kombination F/6 zeigt sich nicht so einheitlich, aber die Tendenz ist zu erkennen. Im Mischungsverhältnis 5/1 gehen die Siegelnähte nur teilweise auf, während bei den beiden anderen Mischungsverhältnisse dieselben komplett auseinander gehen. Delamination des Verbundes tritt allerdings nicht ein, auch wenn die Metallisierung angegriffen wirkt.

Am besten Schnitt hier das System I/9 ab, alle anderen haben entweder ein Aufgehen der Siegelnähte oder Delamination bzw. eine angegriffene Metallisierung. Das unterschiedliche Verhalten der Verbunde liegt in den verschiedenen Klebstoff / Härterkombinationen begründet, allerdings zeigt keine derselben ausgeprägte Delamination, so dass es hauptsächlich an Siegelfähigkeit der Folie in Kombination mit dem verwendeten System zu liegen scheint, ob die Siegelnähte auf gehen oder nicht.

6.2.6.2 Kochtest OPP/metOPP (Mobil Folie Mm488)

- A
Siegelnähte komplett intakt, Metallisierung ist angegriffen, in einer Ecke sogar fast durchsichtig
- G/4
Siegelnähte komplett intakt, Keine Delamination zu beobachten, Metallisierung sieht Stellenweise angegriffen aus
- D/3
Siegelnähte komplett intakt, keine Delamination zu beobachten
- E/4
Siegelnaht an der Stirnseite an 1 Stelle durch Delamination aufgegangen
- E/5
Siegelnaht an der Stirnseite durch Delamination aufgegangen, Metallisierung stark angegriffen, nur noch stellenweise vorhanden

- F/6 (5/1)
Siegelnaht an der Stirnseite durch Delamination aufgegangen, Metallisierung kaum noch vorhanden
- F/6 (6/1)
Siegelnähte komplett intakt, keine Delamination zu beobachten, Metallisierung in der Mitte abgelöst (Beutel wirkt durchsichtig)
- F/6 (7/1)
Siegelnähte komplett intakt, Metallisierung angegriffen, wirkt stellenweise durchsichtig
- B/1
Siegelnaht an der Stirnseite durch Delamination aufgegangen
- H/7
Siegelnähte komplett intakt, sonst keine Auffälligkeiten
- H/8
Siegelnaht an einer Seite aufgegangen, Metallisierung stellenweise Angegriffen
- I/9 (100/35)
Siegelnähte komplett intakt, sonst keine Auffälligkeiten
- I/9 (100/40)
Siegelnähte komplett intakt, sonst keine Auffälligkeiten
- I/9 (100/45)
Siegelnähte komplett intakt, sonst keine Auffälligkeiten
- C/2
Siegelnähte komplett intakt, Metallisierung stark angegriffen, Hälfte des Beutels fast durchsichtig

Auch hier zeigt sich wieder, das System I/9, neben D/3 ,G/4 und H/7 am besten abschneidet. G/4 gehörte bei dem anderen OPP Verbund zu den Kandidaten, bei denen die Siegelnaht auf ging, hier aber sind dieselben komplett intakt. Dies zeigt, das die Folienqualität ein entscheidender Faktor bei dieser Prüfung ist. Eine Schlussfolgerung zu den letzten zwei Verbunden ist, das die Kombination I/9 auf beiden Verbunden das beste Ergebnis brachte, was auf eine sehr gute Vernetzung und einen geringen bis keinen Anti – Siegel – Effekt schließen lässt.

6.2.6.3 Kochtest PET/metPET/PE :

- A
vollständiges Ablösen der Metallisierung, Siegelnähte alle intakt. Äußerer Verbund PET/met komplett vom PET/PE gelöst
- G/4
teilweises Ablösen der Metallisierung, Siegelnähte alle intakt
- E/4
Großflächiges Ablösen der Metallisierung, Siegelnähte alle intakt, In der Mitte des Beutels keine Ablösung der Metallisierung
- E/5
Nahezu komplettes Ablösen der Metallisierung, vereinzelt noch Haftungspunkte, Siegelnähte intakt
- F/6 (5/1)
Teilweises Ablösen der Metallisierung, in der Mitte des Beutels kein Ablösen, Siegelnähte intakt
- F/6 (6/1)
fast komplettes Ablösen der Metallisierung, nur am unteren Rand ein Rest unabgelöst (dort ist keine Siegelnaht), Siegelnähte aber intakt
- F/6 (7/1)
großflächiges Ablösen der Metallisierung, aber weniger als Verbund zuvor, in der Mitte des Beutels ist Metallisierung intakt, Siegelnähte sind intakt
- B/1
An den Rändern (mit Siegelnähten) flächiges Ablösen der Metallisierung, gegen Mitte abnehmend. Die Siegelnähte an sich sind aber intakt
- H/7
An den Rändern (mit den Siegelnähten) ablösen der Metallisierung, allerdings weniger und gegen Mitte nicht durchgehend. Siegelnähte sind in Ordnung.
- H/8
An den Rändern (mit Siegelnähten) teilweises Ablösen der Metallisierung, in der Fläche einzelne Inseln, die Siegelnähte sind intakt
- I/9 (100/35)
Komplettes Ablösen der Metallisierung, Siegelnähte sind intakt

- I/9 (100/40)
An den Rändern ablösen der Metallisierung, aber nur an den Siegelnähten.
Siegelnähte intakt, sonstiger Verbund auch
- I/9 (100/45)
Metallisierung löst an einer Siegelnaht, ansonsten ist der Effekt nur vereinzelt zu sehen. Einzelne Stellen der Siegelnaht sind delaminiert.
- I/9 (100/40 getempert)
Großflächiges Ablösen der Metallisierung ausgehend von den Siegelnähten bis Beutelmittle, Siegelnähte intakt
- I/9 (100/40 direkt)
Fast vollständiges Ablösen der Metallisierung, nur eine Insel nicht. Siegelnähte sind intakt.
- C/2
Ablösen der Metallisierung entlang der Siegelnähte, in der Mitte kein Ablösen, Siegelnähte intakt

Auffällig hier ist, dass bei sämtlichen Klebstoffsystemen die Siegelnähte komplett intakt sind. Dies lässt sich mit der besseren Siegelbarkeit von PE erklären, welches auf der Innenseite dieses Verbundes kaschiert war.

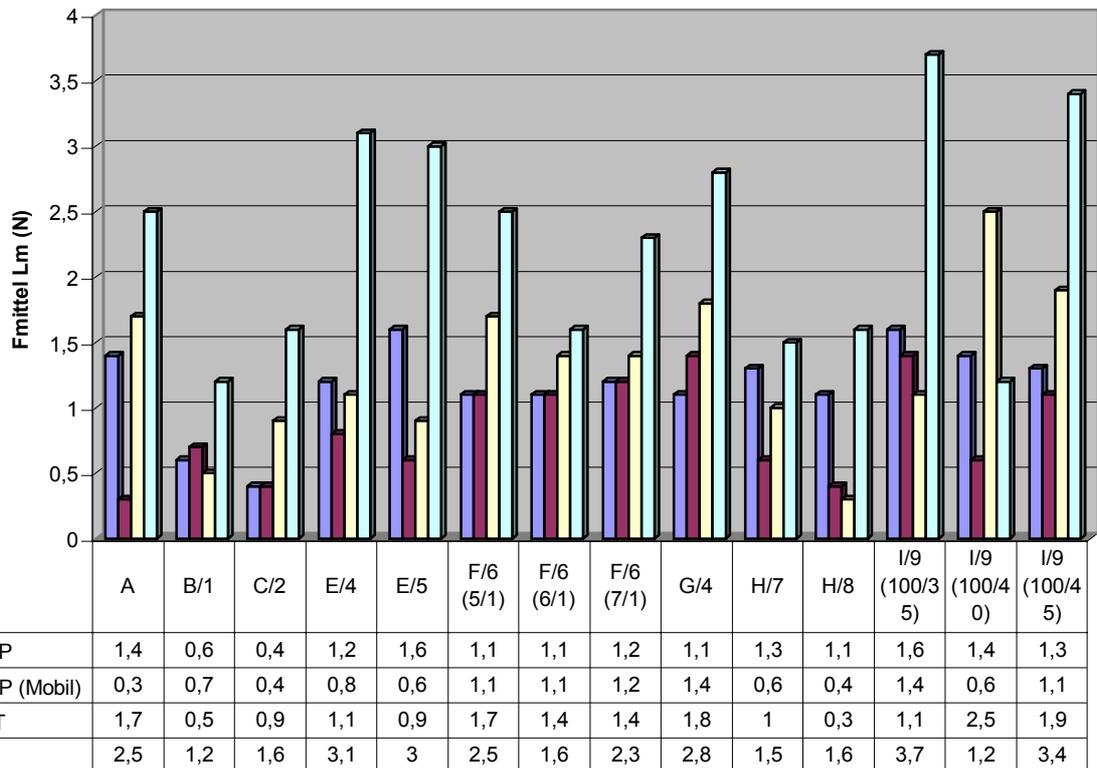
In Ansätzen zu sehen ist, dass Klebstoffsysteme mit Haftvermittler im Härter geringfügig besser abschneiden, als solche ohne Haftvermittler. So löst sich bei Systemen mit Härter Nr. 4 die Metallisierung nicht ganz so stark wie mit Härter Nr.5.

Im ganzen lässt sich hierbei aber nicht sagen, welches System das beste war, da bei allen ein Ablösen der Metallisierung festgestellt wurde. Dies lässt nur den Schluss zu, dass diese der limitierende Faktor hierbei ist und nicht die Haftung eines der Klebstoffsysteme.

6.3 Werte nach Folien

6.3.1 Verbundhaftung

Verbundhaftung nach Folien

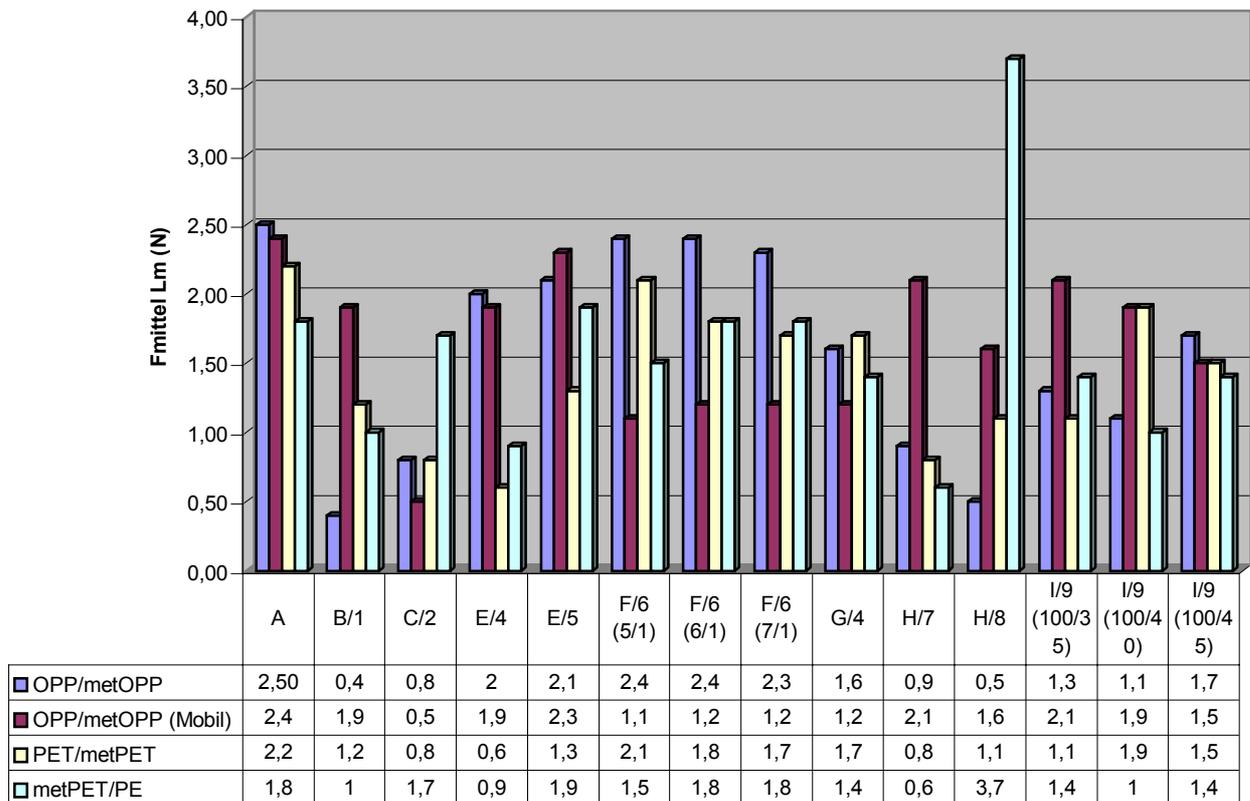


Durch die Bank wurden die höchsten Haftwerte mit sämtlichen Klebstoffsystemen auf metPET/PE erzielt.

Die Werte der beiden OPP Folien sind unterschiedlich, mal liegt die OPP Folie von Henkel, mal der Verbund mit der Folie von Mobil besser. Generelle Aussagen zum Klebstoff lassen sich kaum treffen.

6.3.2 Verbundhaftung unter der Siegelnaht

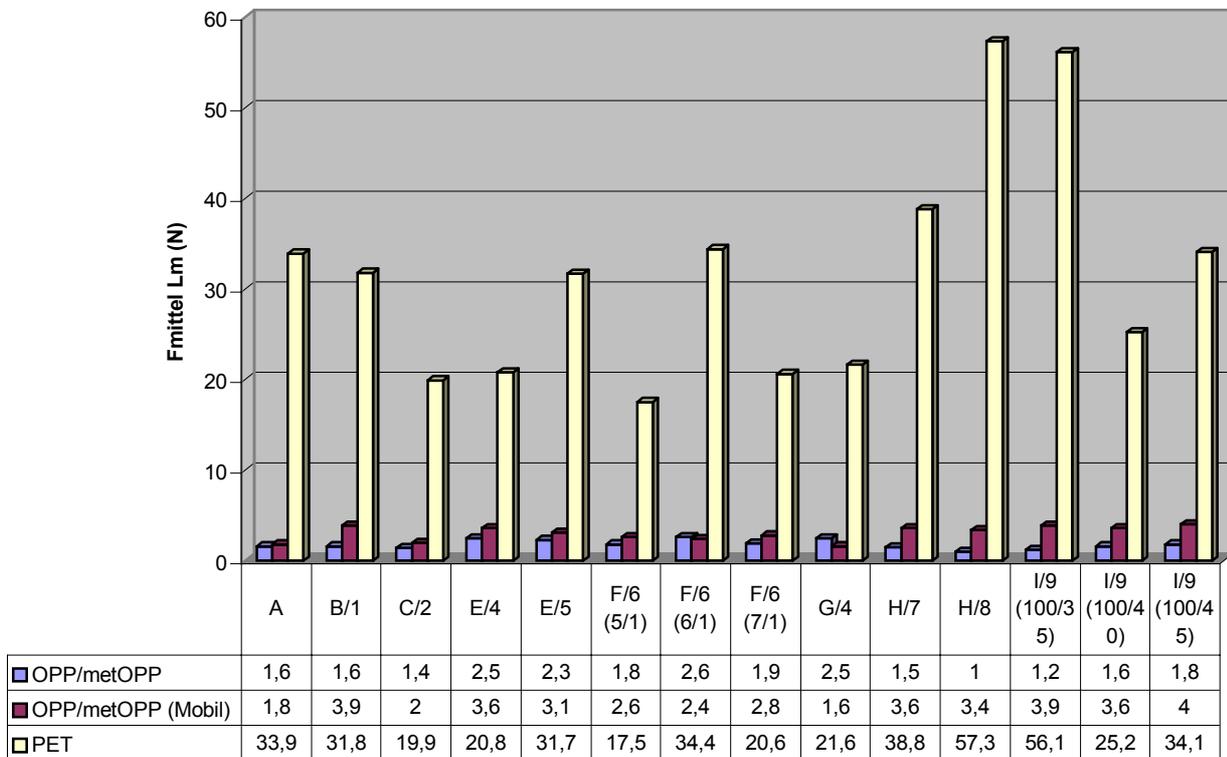
VH unter SN nach Folien



Auch hier zeigt sich ein nicht einheitliches Bild. Es lässt sich keine allgemeine Aussage treffen welcher Klebstoff für welche Art Folie am besten geeignet ist. Während zum Beispiel F/6 auf dem OPP – Verbund mit der Folie von Henkel durchweg besser ist als auf dem Verbund mit der Folie von Mobil, so sieht dies mit I/9 genau anders herum aus. Auch die Haftungswerte auf dem PET sind mal höher als die der OPP Verbunde, mal niedriger.

6.3.3 Siegelhaftung

SNH nach Folien



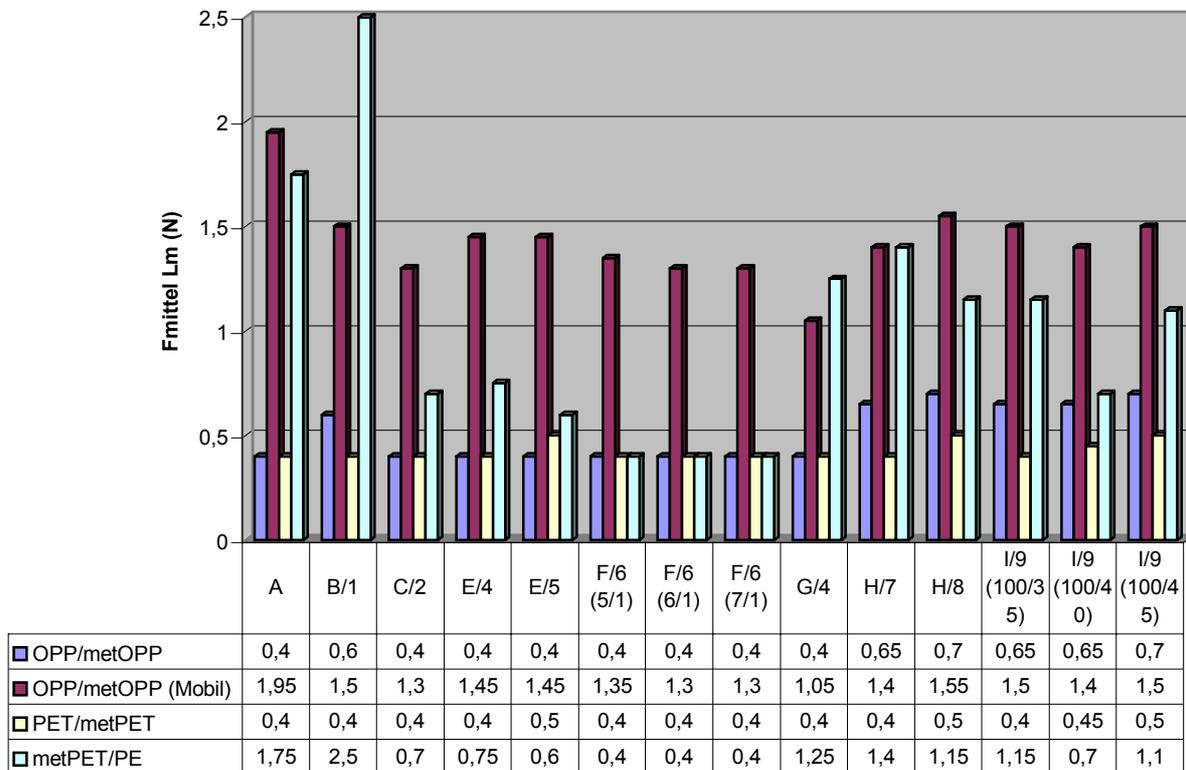
Hier zeigt sich, dass die Werte mit sämtlichen Klebstoffen auf dem OPP Verbund mit MM488 fast alle besser sind als die Werte des anderen OPP Verbundes. Ausnahmen bilden hier nur G/5 und F/6 (6/1).

Die Siegelhaftung des PET Verbundes ist um einige Male größer als die der OPP Verbunde. Besten Wert erreicht hier mit 57,3N H/8.

Da sich die Werte der OPP Verbunde alle im gleichen Rahmen bewegen ist es schwer eine Aussage zugunsten eines Klebstoffes zu machen.

6.3.4 Verbundhaftung unter Wärmebelastung (VH 90)

VH 90 nach Folien

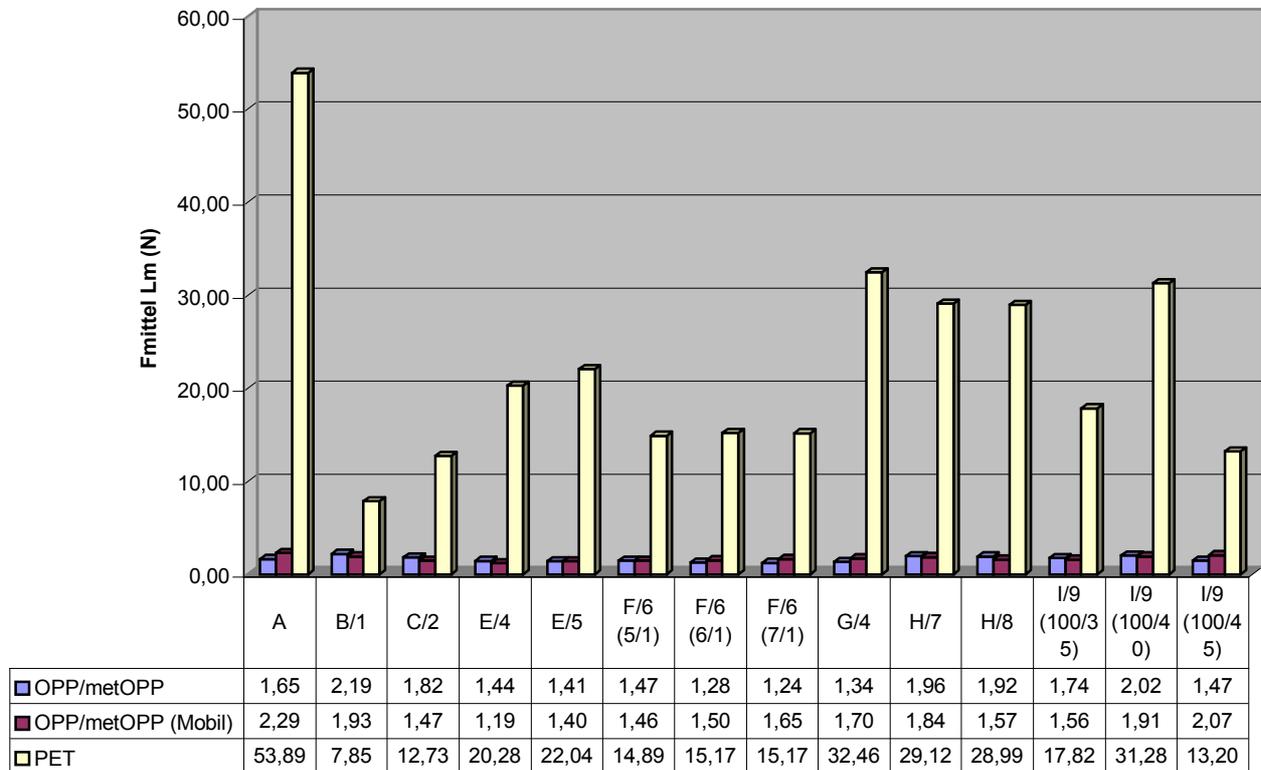


Klar ersichtlich ist hier, dass sämtliche Messwerte, welche mit dem OPP – Verbund mit MM488 ermittelt wurden sehr viel höher liegen als, die des Vergleich – OPP – Verbundes. Dies ist auf das unterschiedliche Trennbild der beiden zurückzuführen.

Die Werte für das PET spalten sich auf, während die PET/metPET Werte durch die Bank sehr niedrig sind, gibt es bei den metPET/PE Werten durchaus nennenswerte Unterschiede zwischen den Klebstoffsystemen.

6.3.5 Siegelnahthaftung unter Wärmebelastung (SNH 70)

SNH 70 nach Folien

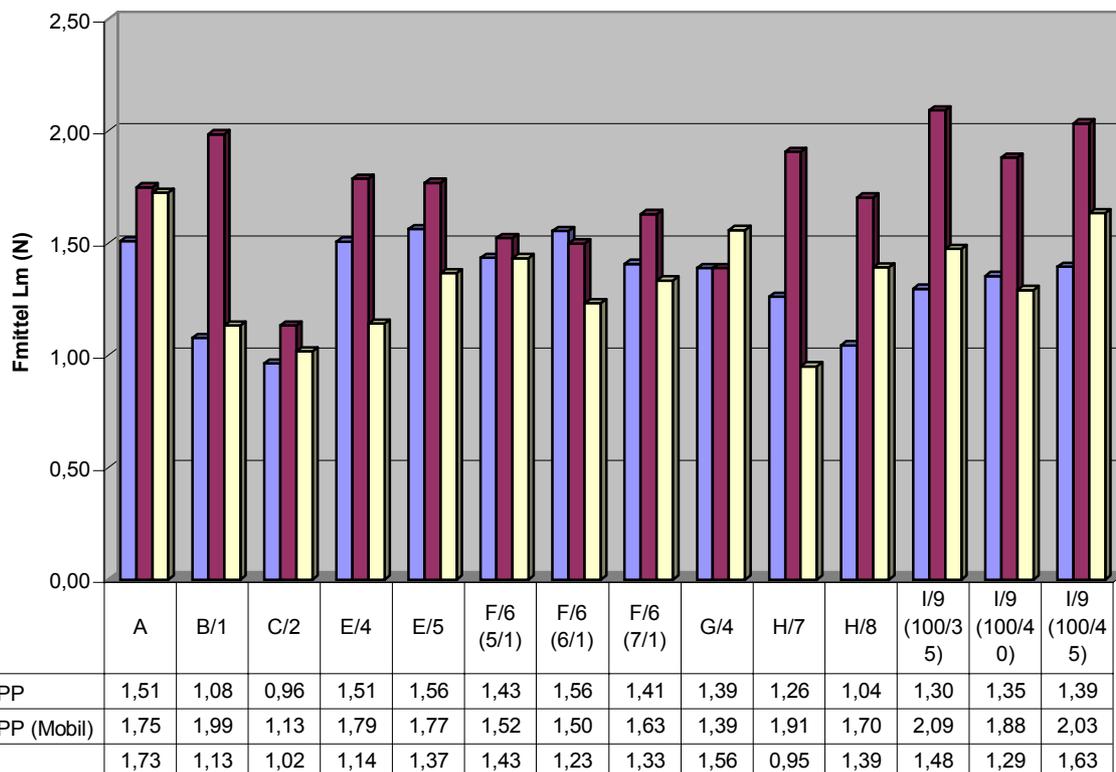


Auch hier bewegen sich die Klebstoffe bei den beiden OPP – Verbunden auf nahezu gleichem Niveau, es ist nicht einmal zu sagen, das ein Verbund besser wäre als der andere, da auch dies variiert.

Die PET Werte sind wie auch schon bei der normalen Siegelnahthaftung sehr hoch im Vergleich zu den OPP Werten, was auf bessere Siegeleigenschaften des PE zurückzuführen ist.

6.3.6 Mittelwerte der Klebstoffe

Mittelwerte der Klebstoffe



Zum Abschluss noch eine Übersicht über das Verhalten der einzelnen Klebstoffe insgesamt. Hierzu wurde der Mittelwert aus allen Messungen pro Klebstoff und Folie gebildet, um eine direkte Vergleichbarkeit zu erreichen. Schön zu sehen ist, dass die Klebstoffe auf der OPP Folie von Mobil durchweg bessere Ergebnisse erzielten als auf der Folie, welche Henkel auf Lager hatte (außer F/6 in der Mischung 6/1). Die Werte für PET variieren, sind aber im allgemeinen geringer als die Werte für die OPP – Verbunde, zumindest was den Verbund mit der Folie von Mobil angeht. Eine Ausnahme ist G/5, welcher auf PET die höheren Werte liefert.

Zu den Werten ist zu sagen, dass die SNH Messungen nicht mit einbezogen wurden, da für diese keine gesonderten Werte für die beiden Lagen des PET Verbundes vorlagen.

Es gibt kein Klebstoffsystem, welches durchweg gleich bleibende Resultate liefert. Die höchsten Werte werden auf dem Verbund mit dem metallisierten OPP von mobil erzielt, aber schon auf der anderen metallisierten OPP Folie sind dieselben Klebstoffsysteme schlechter. Zwar ist tendenziell zu sagen, dass alle im gleichen Maße schlechter sind, was darauf hindeutet, dass die Folienqualität schlechter war, aber eine generelle Aussage, welcher Klebstoff nun der beste ist, kann nicht getroffen werden.

6.4 Zusammenfassung

Betrachtet man sich die einzelnen Ergebnisse, so kommt man zu dem Schluss, dass es kein Klebstoffsystem gibt, welches auf allen Folien gleich gut ist. Selbst bei Folien gleichen Materials unterscheiden sich die Klebstoffsysteme im Wert und auch teilweise im Trennbild, was zu dem Schluss führt, dass hier nicht nur die Klebstoffe allein für eine hohe Haftung sorgen, sondern auch die Oberflächen eine Rolle spielen. Ein relativ guter Wert auf OPP heißt wiederum nicht, dass dies auch für PET gilt, die Werte hier sind niedriger, betrachtet man die PET / metPET Verbindung. Bei der zweiten Lage (metPET / PE) sieht die Sache anders aus, hier sind die Werte teilweise deutlich höher als bei der ersten Lage, aber auch als die Werte der OPP – Verbunde, da die Metallisierung hier nicht als Grenzfläche auftritt. Umgekehrt gilt das selbe, ein guter Wert beim PET Verbund verspricht leider nicht, dass auch der OPP - und gute Werte hat.

Eine Schlussfolgerung hieraus ist, dass man für den jeweiligen Einsatzbereich das entsprechende Klebstoffsystem mit der zu verwendenden Folie ausprobieren muss, um sicher sein zu können, dass es den Erwartungen entspricht. Das universelle Klebstoffsystem für alle Verbunde wurde nicht gefunden, da für keines der Systeme eine positive Aussage alle Verbunde betreffend gemacht werden kann. So sind zwar einzelne Systeme auf einem Verbund gut, aber schon auf einem Verbund des prinzipiell selben Materials, nur von einem anderen Hersteller unterscheiden sich die Messergebnisse. Dies macht es schwer bis unmöglich eine allgemeingültige Aussage zu Gunsten eines Klebstoffsystems zu machen.

7 Schlusswort

In der vorliegenden Arbeit mit dem Titel „Kaschieren von metallisierten Folien“ wurden die Kaschiereigenschaften von verschiedenen Folien in Kombination mit unterschiedlichen Klebstoffsystemen untersucht. Wie schon in der Einleitung ausgeführt, unterteilte sich die Arbeit in einen praktischen und einen theoretischen Teil. Der praktische Teil bestand aus dem eigentlichen Kaschieren der Folien, sowie dem Ermitteln der Messwerte nach verschiedenen Methoden.

Zu Beginn wurde ein kurzer Überblick über die Firma Henkel gegeben, welche mir die Diplomarbeit ermöglicht hat.

Anschließend ein Vergleich zwischen Lösungsmittelfreien und Lösungsmittelhaltigen Klebstoffen in Bezug auf die Umweltverträglichkeit der beiden Systeme. Die Studie kommt hierbei klar zu dem Ergebnis, dass die Lösungsmittelfreien Systeme in Punkto Umweltverträglichkeit klar vor den Lösungsmittelhaltigen Systemen liegen. Als Schlussfolgerung hieraus kann man ableiten, dass Lösungsmittelfreie Systeme in Zukunft verstärkt eingesetzt werden sollten.

Im folgenden Abschnitt sollte dem Leser ein Überblick über die existierenden Klebstoffgenerationen und deren Unterschiede zueinander vermittelt werden. Hierfür wurden die Eigenschaften der verwendeten Klebstoffgenerationen aufgeführt und erläutert. Abschließend hierzu ist zu sagen, dass die Entwicklung nicht stillsteht und das

die hier aufgeführten Details und Eigenschaften nur einen groben Überblick verschaffen.

Dann wurde im Folgenden Kapitel auf die Grundlagen zum kaschieren und zum bedampfen eingegangen, Ziel hierbei war es einen Überblick über die verschiedenen Kaschiermethoden und einen Einblick zum Thema bedampfen von Folien zu bekommen.

Darauf wurde mit den Daten zur verwendeten Maschine, verwendeten Folien sowie verwendeten Klebstoffsystemen der Einstieg für die eigentlich Auswertung der Systeme geschaffen. In diesem Kapitel wurde besonders auf Spezifikationen der verwendeten Folien eingegangen, um eine spätere Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Die genauen Spezifikationen der Klebstoffe sind aus Datenschutzgründen nicht angeführt worden, sämtliche Bezeichnungen sind Henkelinterne Namensgebungen. Die Datenblätter können aber mit Sicherheit auf Anfrage eingesehen werden.

Im nachfolgenden Abschnitt dann die eigentliche Auswertung der ermittelten Messwerte. Hierzu wurde zunächst einmal definiert, nach welchen Gesichtspunkten die Folien untersucht werden sollten und die entsprechenden Prüfmethode dann im einzelnen erläutert.

Betrachtet man die einzelnen Messergebnisse, so kommt man schnell zu dem Schluss, dass die Folienqualität eine nicht zu unterschätzende Größe darstellt. Besonders deutlich wird dies bei den beiden verwendeten OPP – Verbunden, welche mit unterschiedlichen Klebstoffen auch unterschiedliche Resultate liefern. Leider kann man nicht generell sagen, dass ein Verbund besser als der andere ist, obwohl die Mittelwerte über sämtliche Messungen eine Aussage zugunsten des Verbundes mit MM488 machen. In den Einzelmessungen sieht man teilweise deutlich, dass auch der Verbund mit MM488 schlechter ist als der Verbund mit der metallisierten Standardfolie von Henkel.

Bei dem PET fehlt leider ein Vergleich, da nur dieser eine Verbund kaschiert und gemessen wurde. Aber da der Maximal gemessene Mittelwert über alle Messungen (außer SNH und SNH70) bei 1,73N und der Minimalwert bei 0,95N liegen ist es auch hier schwierig eine Aussage zu einem Klebstoffsystem zu treffen, zumal die Trennbilder bei diesem Verbund nicht einheitlich waren.

Außerdem sind die speziellen Eigenschaften der jeweiligen Klebstoffgeneration zu beachten, so hat zwar A hier den besten Wert, aber da es sich um ein 1-Komponentensystem handelt sind die Anwendungsgebiete eingeschränkt.

Abschließend ist zu sagen, dass die Werte der verschiedenen Klebstoffsysteme zwar schon differieren, es aber aufgrund der engen Spanne und des Einflusses der Folienqualität nicht möglich ist eine Aussage zugunsten eines Systems zu treffen, mit dem sich zufrieden stellend alle Folien kaschieren lassen, da nicht nur der verwendete Klebstoff eine Rolle spielt, sondern auch die Qualität der Metallisierung bzw. der Folie an sich. Ein Klebstoffsystem, welches auf einem Verbund A gute Ergebnisse erzielt, kann dies nicht zwangsläufig auf Verbund B wiederholen. Aus diesem Grund kann keines der getesteten Klebstoffsysteme für alle Folien empfohlen werden.

8 Literaturverzeichnis

- Joachim Nentwig, Kunststofffolien Herstellung – Eigenschaften – Anwendung, 2., überarbeitete Auflage, 2000, Hanser Verlag München
- G.Henke, Kaschierklebstoffe für Verbundfolien, Migration nach EEC und BGWV, SKZ Würzburg
- G. Henke, Solventfree Liofol laminating adhesivs – a technology for the future, Düsseldorf
- G. Henke, Solventfree laminating with polyurthane- and UV – curing adhesivs for responsible care, Düsseldorf
- G. Bolte, Kaschierung: Der Übergang zu Systemen ohne Lösungsmittel
- Walter Rudolf Jäger, Vergleichende Ökobilanz für Liofol PUR Klebstoffe, Düsseldorf 1996
- Internetseite der Henkel KGaA, www.henkel.de

9 Anhang

Gesondert gebunden