

Christoph Ernet

Evaluierung einer Labormethode zur Bewertung von Gripper-Slip an gestrichenen Bogenoffsetpapieren

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Diplomstudium Verfahrenstechnik



Technische Universität Graz

Betreuer:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Wolfgang Bauer

Institut für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik

Graz, Juli 2010

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Ich versichere, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einem Beurteiler oder einer Beurteilerin) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Graz, am 15.07.2010

Christoph Ernet

Vorwort

Diese Arbeit entstand aufgrund des Druckfehlers Gripper-Slip (Herausrutschen aus dem Greifer), der bei einer im Sappi Werk Gratkorn produzierten Sorte vereinzelt auftrat. Da keine geeignete Prüfmethode zur Ermittlung von Gripper-Slip im Labormaßstab existierte, war es Ziel dieser Arbeit, eine derartige zu entwickeln und zu evaluieren.

Ich möchte allen Mitarbeitern der Forschungsabteilung der Firma SAPPI Gratkorn danken, die mich bei dieser Arbeit wesentlich unterstützt haben. Insbesondere geht mein Dank an DI Dr. Heribert Winter und DI Dr. Johannes Kleinhapl, die sehr viel Zeit und Geduld bei dieser Arbeit für mich investiert haben. Weiter möchte ich mich auch noch bei allen anderen Mitarbeitern in dieser Abteilung bedanken, die mir bei diversen Untersuchungen geholfen haben.

Bedanken möchte ich mich auch bei Professor DI Dr. Wolfgang Bauer und Professor DI Dr. Rudolf Eichinger, die mir bei allen Fragen hilfreich zur Seite standen, sowie auch bei meiner Familie, die mich immer unterstützt hat.

Christoph Ernet

Kurzfassung

Das Be- und Verdruckbarkeitsverhalten von Papieren im Bogenoffsetdruck ist ein intensiv beforschtes Gebiet im Bereich der Papier- und Druckindustrie. Infolge der kontinuierlich steigenden Anforderungen der Druckindustrie (z.B. Geschwindigkeit der Druckmaschinen, Druckmaschinen mit bis zu 12 Farbwerken etc.), ist es für die Papierhersteller sehr wichtig, Labormethoden zu entwickeln, die ein mögliches Fehlverhalten von Papieren in den Druckmaschinen vorhersagen können.

Gripper-Slip – das Herausrutschen des Papierbogens aus dem Greifer am Druckzylinder – ist ein Druckfehler, dessen Ursachen bisher noch nicht eindeutig geklärt sind. Mit den gängigen Papierprüfungen, wie z.B. bezüglich Glanz, Topographie und Oberflächenreibungskoeffizient, ist eine eindeutige Aussage über das Verhalten von gestrichenem Papier in der Druckmaschine hinsichtlich Gripper-Slip nicht möglich.

In dieser Arbeit wird die Entwicklung einer neuen Prüfmethode zur Messung der Auszugskraft aus einem nachgebauten Laborgreifer mittels einer Zugprüfmaschine vorgestellt. Die möglichen Einflussfaktoren auf die Prüfung, wie z.B. die Einspannlänge und die Prüfgeschwindigkeit selbst, wurden ermittelt und eine Arbeitsvorschrift entwickelt. Glänzende und matte gestrichene Bogenoffset-Papiere wurden geprüft und die Ergebnisse mit jenen weiterer Papierprüfungen, wie z.B. der Entwicklung der Zügigkeit der Druckfarben (ISIT Ink Surface Interaction Tester) oder der Kompressibilität in z-Richtung, verglichen.

In einem abschließenden Drucktest wurde versucht, Gripper-Slip mit einem geeignetem Sujet auf verschiedenen Papieren zu provozieren. Das Druckbild wurde visuell bewertet und mit den Ergebnissen diverser Oberflächenuntersuchungen und den Ergebnissen der gemessenen Auszugskraft am Laborgreifer verglichen.

Abstract

The printability and runability of papers in the sheet-fed offset printing process are intensively investigated in the paper and printing industry. As a result of the continuously increasing requirements of the printing industry (e.g. speed of the printing machines, printing machines consisting of 12 printing units etc.) it is very important for the paper producers to develop laboratory techniques which are able to predict a possible malfunction of papers in printing machines.

Gripper-slip – the slipping of the paper sheet out of the grippers on the printing cylinder – is a printing fault whose causes are not fully understood yet. Standard paper properties like e.g. gloss, topography and surface friction coefficient do not allow a clear prediction of the behavior of paper concerning gripper-slip in the printing press.

In this thesis the development of a new testing method which measures the force to pull a paper sample out of a laboratory gripper gap on a standard tensile testing machine is presented. Possible influential factors as e.g. length of the sample and testing speed were investigated and a standard operation procedure was established. Following this standard procedure some glossy and one matte paper were tested and the results were compared with the results of other testing methods like ink tack force development (ISIT Tester) or compressibility in z-direction. Finally gripper-slip was forced with an appropriate printing form and some sensitive papers in a printing test. The printed image was evaluated visually regarding gripper-slip and the results were compared with those of some surface tests and the new testing method for the pull-out force on a laboratory gripper.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	1
2	DER OFFSETDRUCK	3
2.1	Das Bogenoffset-Druckverfahren	3
2.1.1	Das Druckwerk	4
2.1.2	Auf den Papierbogen im Druckspalt einwirkende Kräfte	6
2.2	Einflussfaktoren auf den Druck	7
2.2.1	Einfluss des Gummituches	7
2.2.2	Einfluss des Papiers	8
2.2.3	Einfluss der Druckfarbe	9
2.2.4	Umgebungseinflüsse	9
2.3	Passer-Probleme beim Drucken	10
2.3.1	Dublieren	11
2.3.2	Passerdifferenzen	11
2.3.3	Gripper-Slip	12
3	VORGÄNGE IM DRUCKSPALT UND PAPIEREIGENSCHAFTEN	15
3.1	Beschreibung der Vorgänge im Druckspalt	15
3.2	Tack – Beschreibung der Filmspaltung (film splitting)	17
3.3	Wichtige Papiereigenschaften im Bogenoffsetdruck	20
3.3.1	Der Elastizitätsmodul	20
3.3.2	Die Poissonzahl	21
3.3.3	Dehnungsverhalten unter Belastung	21
3.3.4	Kompressibilität	23
3.3.5	Biegesteifigkeit	24
3.4	Bedruckbarkeit von Papier	25
3.4.1	Oberflächenrauigkeit	25
3.4.2	Glanz	25
3.5	Oberflächenveredelung von gestrichenen Papieren	26
4	BISHERIGER WISSENSSTAND	27
4.1	FEM zur Berechnung der Papierbeanspruchung	27
4.2	Erkenntnisse aus der Literatur	28
4.3	Vorversuche und Grundidee zur Gripper-Slip-Labormethode	30

5	MESSGERÄT FÜR GRIPPER-SLIP	31
5.1	Einflüsse auf die Messung	32
5.2	Erstversuche zur Gripper-Slip-Messung	33
5.2.1	Erste Versuchsreihe	34
5.2.2	Ermittlung der Bruchkraft	38
5.2.3	Ermittlung der Dehnung	41
5.3	Vorversuche zur Gripper-Slip-Messung	46
5.3.1	Einfluss der Angriffskraft F_A	47
5.3.2	Geschwindigkeitseinfluss	49
5.3.3	Vergleich Einspannung in Maschinen- oder in Querrichtung	57
5.3.4	Einspannlänge in MD und CD	62
5.3.5	Änderung des Druckflächenwinkels	67
5.3.6	Auszugswinkel	72
5.3.7	Zeiteinfluss	76
5.4	Ermittlung der Arbeitsvorschrift	78
5.4.1	Geschwindigkeit	78
5.4.2	Einspannlänge bei maximaler Prüfgeschwindigkeit in CD und MD	81
5.4.3	Integrationszeit	84
5.4.4	Arbeitsvorschrift	85
5.5	Papierprüfung mit der Laborgreifer-Methode	88
5.5.1	Prüfung der Versuchspapiere	88
6	WEITERE UNTERSUCHUNGSMETHODEN VON GRIPPER-SLIP	92
6.1	Reibungsmessung	92
6.1.1	Vergleich der Ergebnisse Reibung, Glanz und Rauigkeit	93
6.2	Tack-Verhalten	99
6.3	Greiferabdrücke – z-Kompressibilität – Mikrotomschnitt	101
6.3.1	Greiferabdrücke	101
6.3.2	Z-Kompressibilität Versuchsdurchführung	101
6.3.3	Mikrotomschnitte	106
6.4	Drucktest	108
6.4.1	Ergebnisse des Drucktests	109
6.4.2	Vergleich der Ergebnisse des Drucktests mit jenen der Gripper-Slip-Laborprüfung	111
6.4.3	Vergleich der Ergebnisse der Reibungsmessung bei den Drucktestpapieren mit jenen der Gripper-Slip-Laborprüfung	114
7	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	116
7.1	Zusammenfassung	116
7.2	Ausblick	119

8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	120
9	TABELLENVERZEICHNIS	123
10	LITERATURVERZEICHNIS	124

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Der Offsetdruck ist mit ca. 60 % Anteil an der weltweiten Druckproduktion das heutzutage am meisten verwendete Druckverfahren. Dieser große Anteil lässt sich damit erklären, dass es mit dem Offsetdruckverfahren möglich ist, unterschiedlichste Bedruckstoffe, angefangen von fast allen Papier- und Kartonsorten, die den größten Anteil beim Offsetdruck einnehmen, über Folien bis hin zu Blechen in einem wirtschaftlichen und qualitativ hochwertigen Prozess zu bedrucken. Dabei können relativ kleine Auftragsvolumen im Bogenoffset bis hin zu sehr großen Aufträgen im Rollenoffset verarbeitet werden.

Bei den Offsetdruckmaschinen wird jede Farbe in einem eigenen Druckwerk auf den Bedruckstoff aufgetragen. In der heutigen Zeit werden schon bis zu 12 Druckwerke hintereinander betrieben, wobei der Bedruckstoff beidseitig mit den vier Grundfarben und je Seite mit zwei Schmuckfarben, wie zum Beispiel Gold oder Silber, bedruckt wird. Zusätzlich besteht auch noch die Möglichkeit, in sogenannten Lackmodulen, Oberflächenveredelungen wie UV-Lack auf den Bedruckstoff aufzubringen.

Die Druckfarbe wird in einem Spalt zwischen zwei aufeinander abrollenden Walzen übertragen. Dabei rollt eine harte, meist verchromte Stahlwalze (Druckzylinder mit Bedruckstoff) gegen eine weiche, mit einem Gummituch bezogenen Walze ab, damit eine Farbübertragung stattfinden kann. Bei der Bogenoffset-Druckmaschine wird der zu bedruckende Bogen mit einem Greifersystem von einem Druckwerk in das nächste überführt. Die Greiferleiste befindet sich auf dem Druckzylinder, der den Bedruckstoff transportiert, und soll ein Verrutschen des Bedruckstoffes verhindern, um damit eine gute Druckqualität auf dem Bogen zu ermöglichen.

Diese technisch relativ komplexe Maschine, die mittlerweile sehr hohen Geschwindigkeiten und die unterschiedlichen Materialien mit unterschiedlichsten Eigenschaften erschweren es immer wieder, ein optimales Druckbild zu erreichen. Mittlerweile sind schon viele Lösungen bei Problemen mit Offsetdruckmaschinen bekannt, jedoch werden durch die Entwicklung in den einzelnen Bereichen, vor

allem in der Papier- und Kartonindustrie, oft bekannte Probleme wieder neu aufgeworfen.

In dieser Arbeit wird das vor einigen Jahrzehnten schon bekannte Problem des Herausziehens des Papierbogens aus dem Greifer - „Gripper Slip“ - behandelt. Beim Auftreten des Fehlers erscheint das Druckbild in den ersten 10 bis 15 Zentimetern vom Greifer entfernt, aufgrund der veränderten Lage der einzelnen Druckpunkte, unscharf. Diese Lageveränderung entsteht dadurch, dass der Papierbogen im ersten Druckwerk um ein paar Zehntel Millimeter aus dem Greifer herausgezogen und dann in den nächsten Druckwerken in der veränderten, nicht mehr passgenauen Lage weiter geführt wird.

Im Vordergrund dieser Arbeit steht die Entwicklung einer Labortestmethode, um feststellen zu können, welches Papier sich beim Druckprozess gut oder weniger gut verhalten wird. Dabei sollen die Kräfte, die beim Herausziehen eines Papierbogens aus einem Greifer entstehen, gemessen werden und es sollen die Bedingungen ermittelt werden, die das Verrutschen des Bogens beeinflussen. Neben der Erstellung dieser Testmethode wurden Untersuchungen des Papiers und der Druckfarbe durchgeführt. Diese sollte dazu beitragen, mehr über den Druckfehler Gripper-Slip heraus zu finden und eventuelle Übereinstimmungen mit den Ergebnissen der Gripper-Slip-Labormethode aufzeigen zu können.

Um die gewonnenen Erkenntnisse beweisen zu können, wurde zum Abschluss noch ein Drucktest auf einer Bogenoffsetdruckmaschine durchgeführt.

2 Der Offsetdruck

KIPPAN [1] beschreibt den Offsetdruck als ein indirektes Flachdruckverfahren, das man grundsätzlich in zwei Bereiche unterteilt:

Bogenoffsetdruck

Rollenoffsetdruck

Der Unterschied der beiden Druckverfahren liegt, wie der Name schon sagt, darin, dass beim Bogenoffsetdruckverfahren einzelne Bögen und beim Rollenoffsetdruckverfahren ganze Rollen des Bedruckstoffs bedruckt werden. Heutzutage können an Bogenoffsetmaschinen mehr als 15000 Bögen (70 x 100 cm) pro Stunde bedruckt werden, was einer Geschwindigkeit von mehr als 3,5 m/s bedeutet. Bei Rollenoffsetmaschinen werden hingegen schon über 10 m/s erreicht. Beim Flachdruckverfahren befinden sich die druckenden und die nichtdruckenden Bereiche in einer Ebene, wobei die druckenden Stellen farbführend und die nichtdruckenden Stellen farbabweisend sind. Der Druckprozess basiert darauf, dass sich Wasser und Fett voneinander abstoßen. Da es sich um ein indirektes Verfahren handelt, bedeutet das, dass die Farbe zuerst vom Druckformzylinder auf ein Gummituch, welches auf eine Walze aufgespannt ist, übertragen wird und von dieser weiter auf den Bedruckstoff transportiert wird.

Der in dieser Arbeit untersuchte Druckfehler kommt nur bei Bogenoffset-Druckmaschinen vor und deshalb wird nur dieses Verfahren im Weiteren beschrieben.

2.1 Das Bogenoffset-Druckverfahren

Beim Bogenoffset-Druckverfahren werden einzelne Bögen von einem Anlagestapel in die Druckmaschine automatisch eingezogen und mittels Greifersystemen und Überförwalzen von der einen zur nächsten Station weiter geleitet. Dabei werden die einzelnen Druckwerke, bei einer Vier-Farben-Maschine in der Reihenfolge KCMY (Abkürzungen der Farben der einzelnen Druckwerke: K...Key oder Kontrast = Schwarz, C...Cyan, M...Magenta, Y...Yellow), siehe *Abbildung 2.1: Vier-Farben Bogenoffsetmaschine [1]*, in dieser Abbildung von rechts nach links

durchlaufen und zum Abschluss mit einem Puder bestäubt, um ein Zusammenkleben der bedruckten Bögen zu vermeiden, bevor der Bogen auf einem Auslagestapel abgelegt wird.

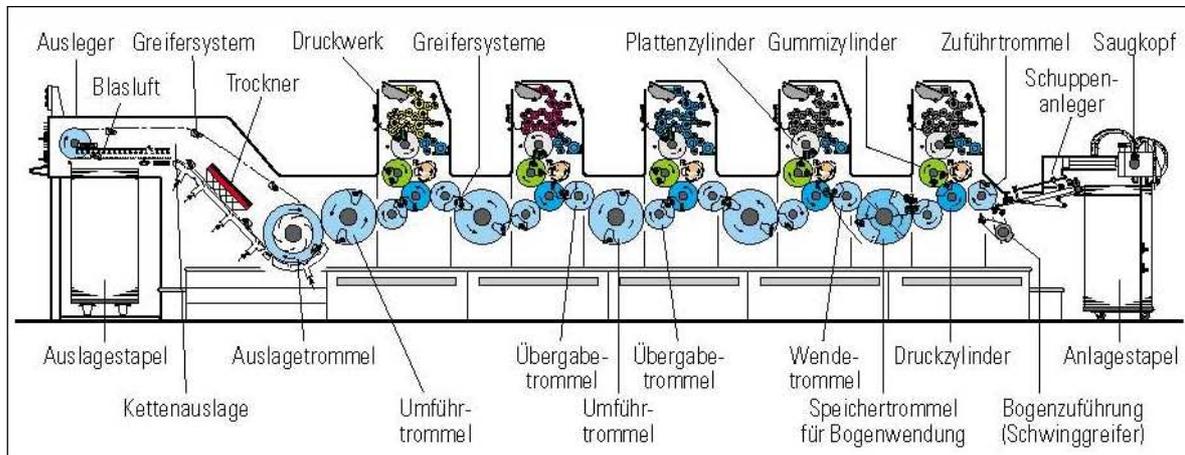


Abbildung 2.1: Vier-Farben Bogenoffsetmaschine [1]

2.1.1 Das Druckwerk

In einem Druckwerk einer konventionellen Offsetdruckmaschine befinden sich, wie in *Abbildung 2.2: Aufbau eines Offsetdruckwerks* [1] zu sehen ist, das Feucht- und das Farbwerk, ein Druckform-, ein Gummi- und ein Druckzylinder (Gegendruckzylinder), welcher den Bedruckstoff transportiert. Dabei wird bei den meisten Druckmaschinen auf das 3-Zylinder-System zurück gegriffen. Mit den drei Zylindern sind der Druckform-, der Gummi- und der Gegendruckzylinder gemeint. Je nach Druckverfahren (konventionell oder wasserlos = ohne Feuchtwerk) oder Ausführung der Maschine (einfach- oder doppelt-großer Gegendruckzylinder, einfach bis dreifach große Übergabetrommeln) können sich die Anzahl und Form der umliegenden Walzen verändern. Hier wird aber nur auf das Standarddruckwerk mit den oben beschriebenen drei Zylindern weiter eingegangen.

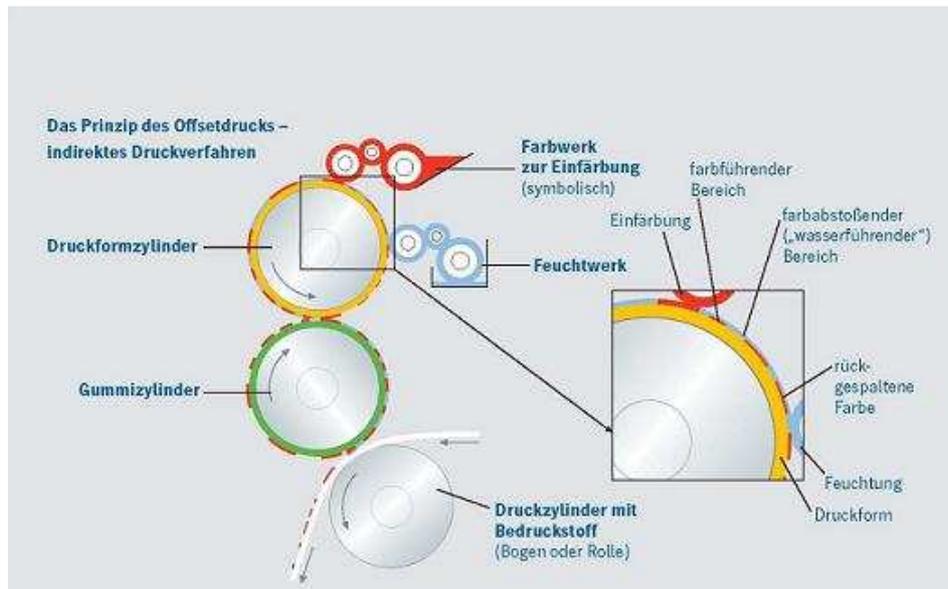


Abbildung 2.2: Aufbau eines Offsetdruckwerks [1]

Das Feuchtwerk besteht in den meisten Fällen aus mehreren Walzen, um einen gleichmäßigen Feuchtmittelauftrag auf die Druckformzylinder zu gewährleisten. Es ist vor dem Farbwerk angeordnet und transportiert das Feuchtmittel vom Versorgungsschacht auf den Druckformzylinder. Nach einem ähnlichen Prinzip funktioniert das nachfolgende Farbwerk, welches die Druckfarbe auf die nicht mit Feuchtmittel benetzten Stellen des Druckformzylinders überträgt. Auf dem Druckformzylinder ist die Druckplatte aufgespannt, welche meistens eine mit einem Fotopolymer beschichtete Aluminiumplatte ist. An den Stellen auf denen keine Farbe transportiert werden soll, wird das Polymer auf der Platte durch Belichtung verhärtet oder zersetzt und danach chemisch oder mechanisch entfernt. Der Druckformzylinder überträgt die Farbe auf den Gummizylinder, auf welchem ein Gummituch aufgespannt ist. Zwischen dem Gummituch und dem Gummizylinder befinden sich ein oder mehrere Unterlagebögen, die zusammen mit dem Gummituch wesentlichen Einfluss auf die Druckqualität ausüben. Die Unterlagebögen dienen nämlich dazu, den Druck des Gummituches auf den Bedruckstoff einzustellen. Je mehr Unterlagebögen eingesetzt werden, desto höher wird der Druck im Druckspalt. Das konventionelle Gummituch besteht aus mehreren verschiedenen Gummilagen und dazwischen liegenden Gewebeschichten. Auch bei dem Plattenzylinder werden Unterlagebögen

2.2 Einflussfaktoren auf den Druck

Durch das Zusammenspiel verschiedener Werkstoffe und deren unterschiedliches Materialverhalten ergeben sich viele Faktoren, die das Ergebnis des Druckbildes beeinflussen. Deshalb ist es wichtig, die Einflüsse der Maschinenkomponenten, des Bedruckstoffes Papier, der Druckfarbe und der Umgebungsbedingungen zu kennen. Nachstehend werde einige dieser Einflussfaktoren kurz diskutiert.

2.2.1 Einfluss des Gummituches

Das Gummituch selbst ist ein komplexer Verbundstoff aus einem Vollgummi, einem kompressiblen Gummi und dazwischen liegenden, unterschiedlichen Gewebelagen und -qualitäten. Die wichtigsten Aufgaben bestehen darin, durch die Kompressibilität Druck vom Gegendruckzylinder aufzunehmen, unterschiedliche Topographien der Papieroberflächen auszugleichen und eine optimale Farbübertragung vom Druckformzylinder auf die Papieroberfläche zu gewährleisten. Durch die unterschiedliche Kompressibilität der Gummitücher und die folgenden geringen Unterschiede in den Zylinderdurchmessern können im Druckspalt in der Stärke variierende Scherkräfte mit daraus resultierenden Relativgeschwindigkeiten beobachtet werden. Dabei kommen sowohl negative als auch positive Geschwindigkeiten im Druckbereich vor. Die Druckindustrie gibt für eine optimale Farbübertragung eine Flächenpressung zwischen 70 bis 100 N/cm² vor. Durch diesen Druck wird das Gummituch gepresst und weist ein bestimmtes Einfallverhalten auf [4]. Dieses Einfallverhalten, über die gesamte Laufzeit betrachtet, führt zu einem abnehmenden Druck im Druckspalt, der wiederum durch kalibrierte Unterlagebögen ausgeglichen werden kann. [2] [4] [5]

Eine besonders große Bedeutung für den Papierhersteller hat das Ablöseverhalten (Release) des Gummituches. Je nach Oberflächenbeschaffenheit des Gummituches und des Papiers, läuft der Papierbogen mehr oder weniger lange am Gummituch mit (siehe auch *Abbildung 2.3*). Diese Eigenschaft beeinflusst wesentlich die auftretenden Zugkräfte am Papier und in weiterer Folge am Greifer bei Bogenoffsetmaschinen.

2.2.2 Einfluss des Papiers

Das Ausgangsprodukt für Papier sind Faserstoffe, die aus verschiedensten Pflanzen, hauptsächlich aber aus Holz, gewonnen werden können. Um diese Faserstoffe verwenden zu können, müssen diese entweder chemisch oder mechanisch aus dem Pflanzenverbund heraus gelöst werden.

Durch die Verwendung verschiedener Faserstoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften, das Beimengen von Füllstoffen, die unterschiedlichen eingesetzten chemischen Additive im Herstellungsprozesses und diverser anderer produktionstechnisch bedingter Einflussfaktoren ergeben sich schon beim Rohpapier eine breite Palette unterschiedlichster Eigenschaften.

Nach der Herstellung des Rohpapiers wird - je nach Anforderungen an das Endprodukt - die Papieroberfläche veredelt. In vielen Fällen geschieht dies durch Auftragen eines Pigmentstriches auf die Oberfläche. Eine weitere Methode ist die Veränderung der Oberfläche unter hohem Druck und bei hoher Temperatur. Diesen Vorgang nennt man kalandrieren.

Da Papiere pro Seite ein- bis dreifach gestrichen werden können, sich jede Streichfarbe je nach Auswahl der Komponenten in ihren Eigenschaften verändern lässt, beim Kalandrieren unterschiedliche Drücke und Temperaturen eingestellt werden können und noch dazu die Rohpapiereigenschaften einen wesentlichen Einfluss auf die Papiereigenschaften haben, ergeben sich eine unüberschaubare Anzahl von Möglichkeiten, wie sich das Endprodukt in der Weiterverarbeitung verhalten wird.

Als Bedruckstoff in Bogenoffset-Druckmaschinen verhält sich Papier je nach Sorte und Gewicht sehr unterschiedlich. Dabei spielt die Oberfläche eine wichtige Rolle, wobei zu beachten ist, ob und in welchem Ausmaß ein Papier pro Seite gestrichen ist und ob es sich um ein mattes oder ein hoch glänzendes Papier handelt. Dazu kommt noch, dass die Zusammensetzung der Streichfarben und die Trocknungsbedingungen zu unterschiedlichen Wechselwirkungen zwischen Druckfarbe und Papier führen, wobei vor allem das von der Porenstruktur des Striches stark beeinflusste Wegschlagverhalten besonders zu erwähnen ist. In weiterer Folge wirkt sich dies auf das Spalten der Druckfarbe (film splitting) aus und ruft unterschiedlich große Kräfte beim Ablösen des Papierbogens vom Gummituch hervor.

2.2.3 Einfluss der Druckfarbe

Als Druckfarben im Bogenoffsetdruck werden ölbasierende, strukturierte pastöse Farben verwendet, die sich aus folgenden Grundstoffen zusammensetzen:

- Farbmittel (Pigmente, Farbstoffe),
- Bindemittel (Firniss),
- Druckhilfsmittel und Additive sowie
- Trägersubstanzen (Öle).

Die Druckfarbe wird mit recht hohem Druck im Nip (Druckspalt zwischen den beiden aufeinander abrollenden Walzen) auf das Papier übertragen. Ein Teil der Druckfarbe schlägt dabei ins Papier weg und der andere Teil bleibt auf der Oberfläche haften. Beim Austreten des Papierbogens aus dem Druckspalt kommt es zu einer Farbspaltung und die an der Papieroberfläche verbliebene Druckfarbe trocknet physikalisch durch Wegschlagen der Öle in das Papier und chemisch durch Oxidation oder UV-Härtung, wobei im letzteren Fall spezielle Druckfarben verwendet werden. [8]

Die Zusammensetzung von Druckfarben variiert sehr stark, da die Anforderungen an das Druckergebnis stark schwanken. Solche Anforderungen sind z.B. die Verdruckbarkeit, die Bedruckbarkeit, die Zügigkeit und die Viskosität der Farbe und vieles mehr. [1]

Da Druckfarbe und Feuchtmittel im Druckwerk ständig miteinander in Berührung kommen, kommt es zu einer Wechselwirkung zwischen diesen beiden Substanzen. Dabei emulgiert das Feuchtmittel in die Druckfarbe und kann bis zu einem gewissen Anteil aufgenommen werden, ohne dass die Druckfarbe ihre gewünschten Anforderungen verliert. Bei Laborversuchen konnten Wasseranteile von über 50 % in der Druckfarbe nachgewiesen werden, wobei jedoch keine Zusammenhänge mit dem Verhalten auf der Druckplatte erkannt werden konnten. [8]

2.2.4 Umgebungseinflüsse

Da der Druckprozess ein hochpräzises Verfahren ist und Papier ein Werkstoff ist, der sehr sensibel auf die Umgebungsbedingungen, speziell auf die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit, reagiert, ist es notwendig sehr sorgfältig zu arbeiten. Es sollte darauf geachtet werden, dass das Papier nicht unnötig extremen

Temperaturen und unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit vor und während des Druckvorganges ausgesetzt wird, da Papier hygroskopisch ist und sich rasch den Umgebungsbedingungen anpasst. Der Nachteil daran ist, dass ein Papierstapel am geschnittenen Rand mehr Feuchtigkeit aufnehmen oder abgeben kann als weiter innen im Stapel. Kanten können wellig werden oder die optimale Planlage der Papierbogen wird beeinflusst – das kann ein optimales Druckbild verhindern. [9] [10]

2.3 Passer-Probleme beim Drucken

Der Drucker hat die Möglichkeit an der Druckmaschine die Farbwerke aufeinander abzustimmen, so dass die einzelnen Farben genau an dem richtigen Ort gedruckt werden. Dazu stehen Lagekreuze (Passerkreuze) zur Verfügung, die es ermöglichen, die Farbwerke aufeinander abzustimmen.

Der Druckprozess an sich ist ein hochpräzises Verfahren, bei dem schon geringste Einflüsse zu einem schlechten Ergebnis oder unscharfem Druckbild führen können. Mittlerweile sind den Druckern und den Druckmaschinenherstellern schon sehr viele Probleme des Prozesses bekannt und diese wurden auch schon in der Vergangenheit gelöst. Bei diverse Änderungen der Einflüsse im Druckprozess, zum Beispiel durch die Erhöhung der Geschwindigkeit, die Veränderung der Farben, der Gummitücher und des Papiers kann es jedoch vorkommen, dass genau diese bekannten Probleme wieder neu auftreten können. Im Fall Gripper Slip handelt es sich um ein derartiges Problem, welches schon vor Jahrzehnten durch höhere Druckkräfte an der Greiferleiste gelöst wurde. Durch die immer glatter werdenden Oberflächen der Papiere und dem Einsatz von verschiedensten chemischen Additiven im Herstellungsprozess von Papier ist es in letzter Zeit wieder zu dem schon bekannten Fehler im Druckbild durch Herausziehen des Papierbogens aus den Greifern gekommen. Daher war es sehr wichtig eine Methode zu finden, die eine Voraussage erlaubt, ob sich ein Papier in der Druckmaschine fehlerlos bedrucken lässt. Im Falle des Auftreten des Fehlers sollte weiters ermittelt werden können, auf welche Ursache dieser zurück zu führen ist.

Da beim Auftreten von Gripper-Slip ähnliche Erscheinungen wie beim Druckfehler Dublieren und bei Passerdifferenzen im Druckbild auftreten, wurde begonnen,

zuerst in diesen beiden Richtungen nach Fehlern zu suchen. Die beiden Druckfehler sollen im Folgenden näher beschrieben werden:

2.3.1 Dublieren

Durch die hohen Geschwindigkeiten im Druckprozess sind die Trocknungszeiten der Druckfarbe zwischen den einzelnen Druckwerken sehr kurz. Es kommt daher zu einer Rückspaltung der vorher gedruckten Farbe am Gummituch des nachfolgenden Druckwerks. Hat nun der nachfolgende Papierbogen nicht genau die gleiche örtliche Position wie der vorhergehende Papierbogen, kommt es zum sogenannten Dublieren. Die Auswirkung von Dublieren ergibt einen visuellen Eindruck von Tonwertverschiebung in Richtung einer höheren Farbdichte (siehe *Abbildung 2.4: Dublieren*). [6] Die Ursachen liegen z.B. bei Unterschieden im Dehnungsverhalten der Druckbögen, der Glätte, der Dicke und der Saugfähigkeit. Es können aber auch Umwelteinflüsse (siehe *Kapitel 2.2.4*) sowie eine ungünstige Motivverteilung zu partiellen Dimensionsveränderungen im Druckbogen und somit zu Dublieren führen. Auch eine zu hohe Zügigkeit der Druckfarbe und ein schlechtes Wegschlagen der Druckfarbe in den Papierbogen gehören zu den Ursachen, die zu diesem Druckfehler führen können.



Abbildung 2.4: Dublieren [6]

2.3.2 Passerdifferenzen

Sollte trotz einwandfreier Einstellung der Passerkreuze ein unscharfes Druckbild entstehen, spricht man von Passerdifferenzen, die verschiedenste Ursachen

haben können (z.B. schlechte Maschineneinstellung, schlechte Bogenlage, Adhäsion des Papiers am Gummituch, Feuchtdehnung des Papiers durch den Einfluss des Feuchtmittels etc.). Dabei werden die Farbpunkte vom einen zum nächsten Druckwerk leicht verschoben gedruckt (siehe *Abbildung 2.5: Passerdifferenzen*). Dies geschieht über den ganzen Papierbogen im gleichen Maß, sodass das Erscheinungsbild des Druckes am gesamten Papierbogen ein gleichmäßig schlechtes Bild zeigt. [7]



Abbildung 2.5: Passerdifferenzen [7]

2.3.3 Gripper-Slip

Beim Auftreten von Gripper-Slip können die Passerkreuze, die sich am Rand des Papierbogens außerhalb der Druckzone befinden, richtig eingestellt sein, das Druckergebnis ist aber partiell verschoben. Die Druckpunktverschiebung ist am stärksten neben der Greiferleiste, die den Papierbogen durch den Druckspalt hindurch festhalten sollte, wird bei größerem Abstand von den Greifern besser und kann sogar innerhalb des Papierbogens verschwinden. Es gibt, im Gegensatz zu anderen Passerdifferenz-Erscheinungen, einen partiellen Bereich, in dem die Druckpunkte verschoben sind, während der übrige Teil des Druckes in Ordnung ist (siehe *Abbildung 2.6: Erscheinungsbild bei Gripper-Slip*).

Gripper-Slip tritt vor allem dann auf, wenn im ersten Druckwerk ein vollflächiger Farbbereich unmittelbar neben der Greiferleiste gedruckt wird. Dieser Druckfehler kann sowohl bei Schmalbahn-Druckbögen, als auch bei Breitbahn-Druckbögen, auftreten. Schmalbahn-Druckbögen nennt man jene Papierbögen, deren längere

Seite parallel zur Maschinenlaufrichtung ausgerichtet ist. Gerade umgekehrt verhält es sich bei Breitbahn-Druckbögen (eine genauere Beschreibung ist in *Kapitel 5.3.4* zu finden).

Bei einem Drucktest konnte beobachtet werden, dass es bei sehr hohen Geschwindigkeiten zu Verschmutzungen der Druckmaschine (durch Herauslösen von Strichteilchen) kommen kann. Dies wiederum kann den Druckprozess negativ beeinflussen, da offenbar die Kräfte am Greifer nicht mehr optimal übertragen werden können und so ein Herausziehen aus dem Greifer begünstigt wird.

Die Anleger einer Bogenoffset-Druckmaschine haben die Aufgabe, Papierbögen vom Stapel so zu entnehmen, dass sie einzeln und hinreichend genau der Druckmaschine zugeführt werden. [1] Bezüglich Gripper-Slip ist auch bekannt, dass nicht sorgfältig eingestellte Anleger durch Stauchen der Druckbögen zu Gripper-Slip führen können.

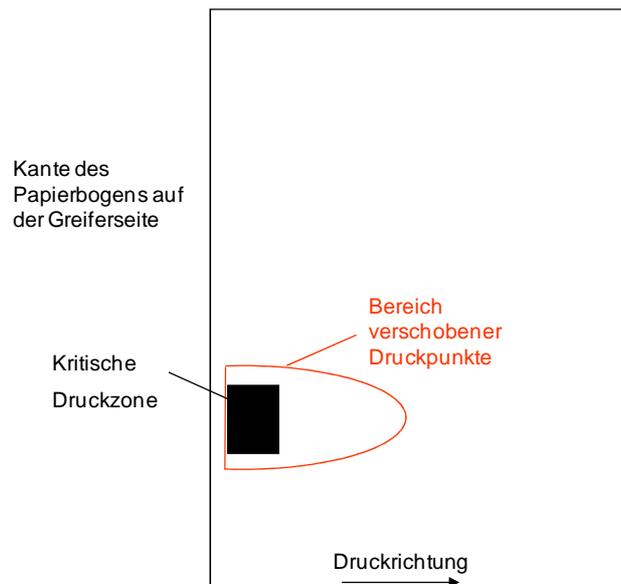


Abbildung 2.6: Erscheinungsbild bei Gripper-Slip

Die zu betrachtenden Einflussgrößen sind:

- Das Drucksujet selbst
- Geschwindigkeit der Druckmaschine
- Ablöseigenschaften des Gummituches
- Tack-Verhalten der Druckfarbe
- Absorptionsverhalten des Papiers gegenüber der Druckfarbe

- Reibung zwischen den Druckzylindern
- Durchmesser der Druckzylinder
- Reibung zwischen Greifer und Papier
- Kompressibilität des Papiers
- Zustand der Greifer
- Einstellung der Anleger in der Druckmaschine

3 Vorgänge im Druckspalt und Papiereigenschaften

In diesem Kapitel werden die Vorgänge im Druckspalt beschrieben, um die Voraussetzungen für einen optimalen Druck und die beteiligten Werkstoffeigenschaften kennenzulernen. Da der Tack die ausschlaggebende Kraft am Greifer hervorruft, wird hier auf diesen Begriff noch einmal genau eingegangen. Im Zusammenhang mit den Bedingungen in der Druckmaschine werden auch jene Papiereigenschaften diskutiert, die den Druckprozess beeinflussen können. Weiters wird noch die Bedruckbarkeit von Papieren in Abhängigkeit der Oberflächenrauigkeit und dem Glanz kurz diskutiert. Zum Schluss wird dann noch auf die Oberflächenveredelung im Herstellungsprozess von gestrichenen Papieren eingegangen. Diese hat erheblichen Einfluss auf die Glätte des Papiers und beeinflusst damit den Tack.

3.1 Beschreibung der Vorgänge im Druckspalt

Die folgende Beschreibung ist eine Zusammenfassung aus [2] und [12].

Der Papierbogen wird an den Gegendruckzylinder geführt und von den dort montierten Greifern festgehalten. Die Greifer üben einen Druck auf den Papierbogen aus, wobei dieser in den Zonen der einzelnen Greifer komprimiert wird, um einer Veränderung der Lage des Bogens entgegen zu wirken. Auf das Papier selbst wirken vor der Druckzone keine Kräfte, die eine Veränderung in der Dimension des Papiers verursachen können.

Dringt der Papierbogen in den Druckspalt ein, kommt es aufgrund der gewollten Druckbildübertragung, die nur erreicht werden kann, wenn die Oberflächen so nahe wie möglich zueinander gebracht werden, zu einer Kompression des Papiers und des Gummituches am Gummituchzylinder in z-Richtung. Der E-Modul von Papier in z-Richtung ist um einen Faktor 100 bis 200 größer, als es bei Gummitüchern festgestellt werden kann [2]. Im Druckspalt selbst wird Druckfarbe und Feuchtmittel auf den Papierbogen aufgebracht, wobei in Hinblick auf Kompressibilität die Druckfarbe und das Feuchtmittel nahezu inkompressibel angesehen werden können. Außerdem ist die Schichtdicke im Vergleich zum

Papier selbst so gering, dass die Kompression von Papier und Gummituch nur wenig beeinflusst wird.

Die Druckfarbe, das Papier und das Gummituch sind Werkstoffe, die ein viskoelastisches Verhalten haben und deren Deformation sich in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ändert, wobei diese bei höheren Geschwindigkeiten geringer wird. Viskoelastisches Verhalten ist eine Kombination aus viskosem und elastischem Materialverhalten.

Die elastische Deformation unter Druck folgt der Gleichung [12]

$$\varepsilon = \frac{p}{E}$$

während die viskose Deformation von der Gleichung [12]

$$\varepsilon = \frac{p\Delta t}{\eta}$$

abhängt.

Hier ist	ε	die relative Deformation
	p	der Nipdruck [Pa]
	E	der Elastizitätsmodul [Pa]
	Δt	die Dauer der Deformation [s] und
	η	die Viskosität [Pa.s].

Die Deformationen von Papier, die unter dem Druck im Druckspalt passieren, sollten reversibel sein. Durch den Einsatz von Feuchtmittel, welches im Druckspalt in den Papierbogen penetrieren kann, kann es jedoch zu einer plastischen Verformung kommen.

Der Druck im Druckspalt ist ausschlaggebend für die Übertragung der Druckfarbe auf den Papierbogen, weil durch Deformation der rauen Oberflächen die beteiligten Stoffe in Kontakt gebracht werden können – nur dann ist es möglich die Druckfarbe auf die Oberfläche des Papiers zu übertragen. Eine weitere Voraussetzung für den Transfer von Druckfarbe auf das Papier ist die Adhäsion – dafür muss die Oberflächenenergie der Druckfarbe geringer sein als die des Papiers. Bei Erhöhung des Druckes, also in der Mitte des Druckspalts (siehe

Abbildung 3.1), wird die Druckfarbe in die poröse Struktur des Papierbogens hinein gepresst und nach Verlassen des Spaltes findet eine Trennung des Druckfarbenfilmes statt.

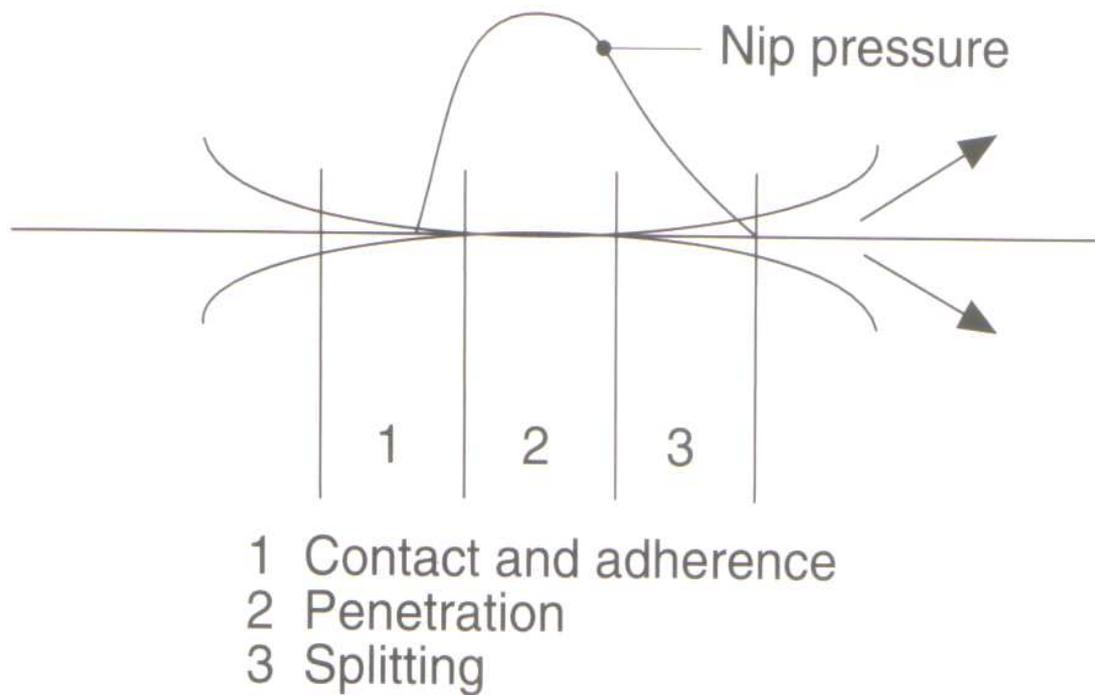


Abbildung 3.1: Druckverteilung in einem Drucknipp [12]

PROVATAS und UESAKA [14] weisen darauf hin, dass eine schlechter Kontakt zwischen Papier und Gummituch von verschiedenen Attributen wie der Heterogenität der Oberflächenrauigkeit, der Porosität und der lokalen Kompressibilität abhängen und zu einer ungleichmäßigen Druckfarbübertragung bzw. Druckfarbenverteilung führen können. Dieselben Parameter beeinflussen auch die Farbtrocknung und das Wegschlagen der Druckfarbe in das Papier.

3.2 Tack – Beschreibung der Filmspaltung (film splitting)

Die folgende Beschreibung ist eine Zusammenfassung aus [12] und [13].

Der Ausdruck „Tack“ wird dafür verwendet, um die Kräfte zu beschreiben, die notwendig sind, um zwei Flächen (z.B. Papier und Gummituch) voneinander zu trennen, die durch einen Flüssigkeitsfilm (Druckfarbe) zusammen gehalten werden. Dabei werden die Kräfte gemessen, die aufzubringen sind, um den

Flüssigkeitsfilm zu spalten (film splitting). Diese setzen sich aus den rheologischen Eigenschaften und der Klebewirkung sowie der inneren Bindekraft (Kohäsion) der Druckfarbe zusammen.

Den Mechanismus der Farbspaltung in einer Bogenoffsetdruckmaschine kann man prinzipiell in zwei Schritte unterteilen:

Das erste Aufbrechen des Farbfilmes und die Bildung eines Meniskus unter Dehnung – hier wird die größte Kraft benötigt.

Nachgeben der Menisken in der Mitte und Ausbildung eines lamellaren Fadens.

HSIEH [13] konnte einen Zusammenhang zwischen der Dicke des Farbfilmes und der Spaltkraft finden. Seinen Ergebnissen zufolge fordert ein dünner werdender Farbfilm eine größere Spaltkraft. Weiters konnte über die Stefan-Gleichung ein Zusammenhang mit der Geschwindigkeit der Druckmaschine und der Spaltkraft des Farbfilmes gefunden werden. Die Gleichung lautet [13]:

$$F = \frac{\eta v A}{t^3}$$

F	Flächenbezogene Spaltkraft
η	Viskosität der Druckfarbe
v	Geschwindigkeit der Druckmaschine (entspricht der Geschwindigkeit der Farbspaltung)
A	Kontaktfläche
t	Dicke des Farbfilmes

Dieser Gleichung nach steigert eine höhere Geschwindigkeit die Spaltkraft, jedoch würde ein dickerer Farbfilm diese Kraft reduzieren, was in seinen Versuchen aber widerlegt wurde. Ein mathematischer Zusammenhang konnte jedoch nicht gefunden werden.

In Zusammenhang mit Papier wird beschrieben, dass die in *Abbildung 3.2: Verhalten von Papier im Druckwerk einer Bogenoffsetdruckmaschine* gezeigte Strecke **cd** von der Größe der Zugkraft der Druckfarbe sowie der Dehnung und der Biegesteifigkeit des Papiers abhängig ist. Es ist auch deutlich zu erkennen, dass der Papierbogen auf dem Gummituch (Blanket) mitläuft und dann von den Greifern

am Gegendruckzylinder mitgezogen wird. Der Papierbogen löst sich durch die indizierte Zugkraft der Greifer vom Gummituchzylinder ab.

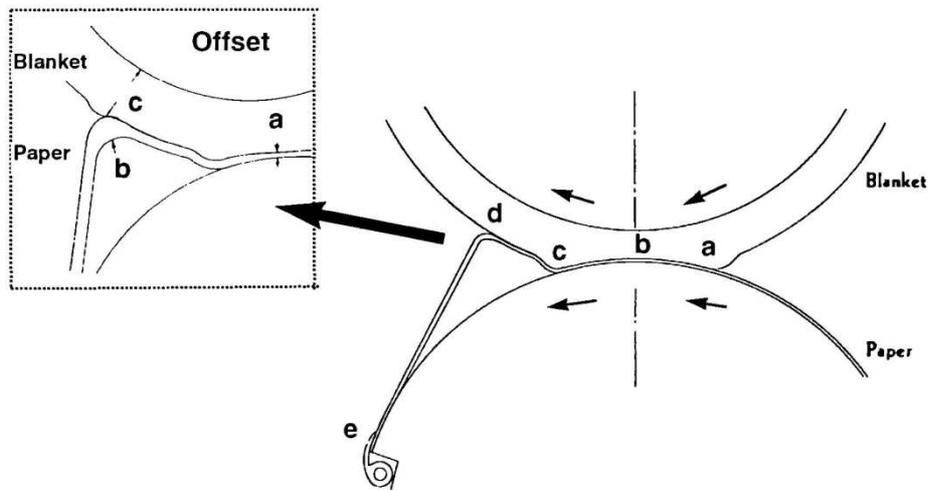


Abbildung 3.2: Verhalten von Papier im Druckwerk einer Bogenoffsetdruckmaschine [13]

Der Tack von Offsetdruckfarben sollte so hoch wie möglich sein, um eine gute Farbübertragung sowie eine gute Punktschärfe zu erreichen.

3.3 Wichtige Papiereigenschaften im Bogenoffsetdruck

Dieses Kapitel wurde zusammengefasst aus [10] und [16] und beschreibt kurz die wichtigsten Papiergrößen, die den Druckprozess beeinflussen können. Sollte zwischen den einzelnen Papierbögen eine dieser Größen einer deutlichen Schwankung unterliegen, ist es beinahe unmöglich einen optimalen Druck zu erreichen.

Beim Druckprozess sind vor allem die mechanischen Eigenschaften von Papier besonders wichtig. Grundsätzlich lassen sich alle mechanischen Eigenschaften auf den Bindungsgrad des Fasernetzwerkes zurückführen. Es gibt aber für die Zugbelastung und den Bruchwiderstand Modelle, die auch die Faserfestigkeiten und die Zwischenfaserbindungen berücksichtigen.

Da Papiere im Druckprozess nicht bis zum Bruch belastet werden, ist vor allem die Kenntnis des Elastizitätsmodules eine unumgängliche Größe.

3.3.1 Der Elastizitätsmodul

Der Elastizitätsmodul wird bei Papieren so wie bei allen anderen Werkstoffen aus dem Hookschen Gesetz ermittelt, welches lautet [15]:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

mit	σ	Spannung [N/mm ²]
	E	Elastizitätsmodul [N/mm ²] oder [GPa]
	ε	Dehnung [mm/mm]

Dabei ist zu beachten, dass durch das viskoelastische Verhalten von Papier der Elastizitätsmodul jedoch nur bei sehr kleiner Dehnung zu bestimmen ist. Der Elastizitätsmodul ist bei Papieren und Karton in allen drei Bestimmungsrichtungen sehr unterschiedlich – bei Papieren wird wegen der geringen Dicke meistens nur in x- (E_{MD} – Elastizitätsmodul in Maschinenrichtung oder E_x) und y-Richtung (E_{CD} – Elastizitätsmodul in Querrichtung oder E_y) geprüft, aber da es beim Offsetdruck beim Auslauf aus dem Pressspalt zu Belastungen in z-Richtung (E_{zD}) kommen kann, ist eine Prüfung in z-Richtung auch ein wichtiger Bestandteil zur

Charakterisierung des Papiers. Ein weiterer Grund der Prüfung in z-Richtung ist bei Hochglanzpapieren der Strichauftrag – so kann nachgewiesen werden, wie stark die Verbindung zwischen Strichauftrag und Fasernetzwerk ist.

3.3.2 Die Poissonzahl

Die Poissonzahl (ν) gibt das Verhältnis von Längs- zu Querdehnung bei einer angelegten Zugspannung an. Wird Papier in MD auf Zug beansprucht so wird es sich in CD zusammen ziehen. Abhängig von der Anisotropie, die bei der Herstellung von Papier durch die Ausrichtung der Fasern in MD erzeugt wird, ergibt sich eine Poissonzahl von $\nu = 0,1$ bis $0,5$. Eine Dehnung in MD verursacht eine größere Kontraktion in CD als umgekehrt. Zwischen Längs- und Querdehnung besteht die Beziehung:

$$\varepsilon_q = \nu \cdot \varepsilon$$

mit ε_q Querdehnung
 ν Poissonzahl
 ε Dehnung

Aus den Maxwell-Beziehungen ergibt sich:

$$\nu_{MD}/\nu_{CD} = E_{MD}/E_{CD}$$

In z-Richtung des Papiers variiert die Poissonzahl deutlich mehr und kann sogar negative Werte annehmen.

3.3.3 Dehnungsverhalten unter Belastung

Im Bogenoffset Druckverfahren wird Papier, wie schon in *Kapitel 3.2* beschrieben, durch das Mitlaufen am Gummituchzylinder und das Fixieren des Papierbogens in einer Greiferleiste, mit einer Zugkraft belastet und dadurch gedehnt. Da es in modernen Offsetdruckmaschinen nicht nur ein, sondern sogar bis zu 12 hintereinander geschaltete Druckwerke gibt, wird das Papier mehrmals mit einer Zugkraft belastet und gedehnt.

Der Kurvenverlauf der Dehnung bei kontinuierlich ansteigender Zugkraft bis zum Bruch des Papiers ist in *Abbildung 3.3* dargestellt. Dort ist auch der deutliche Unterschied zwischen den Kurven in Maschinenrichtung und in Querrichtung ersichtlich. In Maschinenrichtung kann das Papier höhere Zugkräfte aufnehmen, aber dafür ist die Dehnung wesentlich geringer als in Querrichtung. Solange die Kurven einen linearen Verlauf zeigen, handelt es sich um eine elastische, also auch wieder reversible, Dehnung des Papiers. Wenn die Kurve sich von der linearen Linie entfernt handelt es sich um eine plastische Verformung, die irreversibel ist.

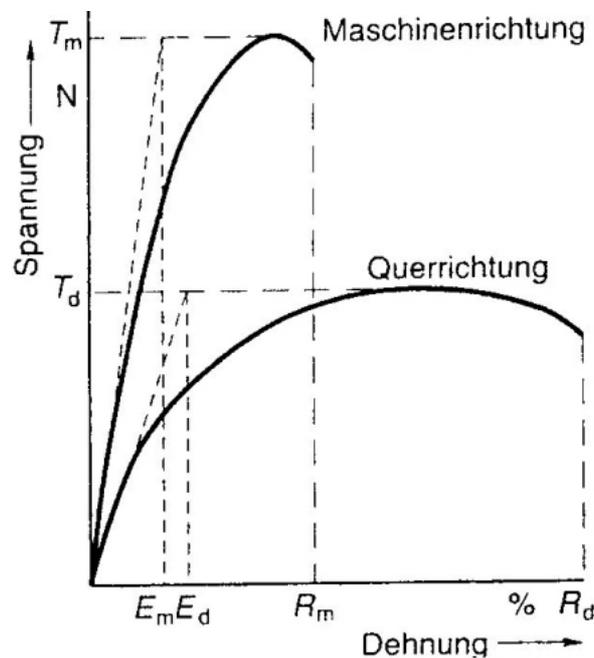


Abbildung 3.3: Dehnungsverhalten von Papier in MD und CD [10]

In Offsetdruckmaschinen sollte der plastische Bereich vom Papier jedoch nur in geringem Maß erreicht werden – sollte es zu einer starken plastischen Verformung kommen, würde der bedruckte Papierbogen nicht mehr plan auf einer ebenen Fläche liegen und für eine Weiterverarbeitung wäre so ein Papier nicht mehr verwendbar.

Durch zyklische Belastung von Papier über die Dehngrenze hinaus und eine darauf folgende Entlastung, welche im Offsetdruck durch mehrere Druckwerke vorkommen kann, kommt es zu einer geringfügigen Längung des Papiers

gegenüber der Anfangslänge (siehe *Abbildung 3.4: Zyklische Belastung und Entlastung von Papier*).

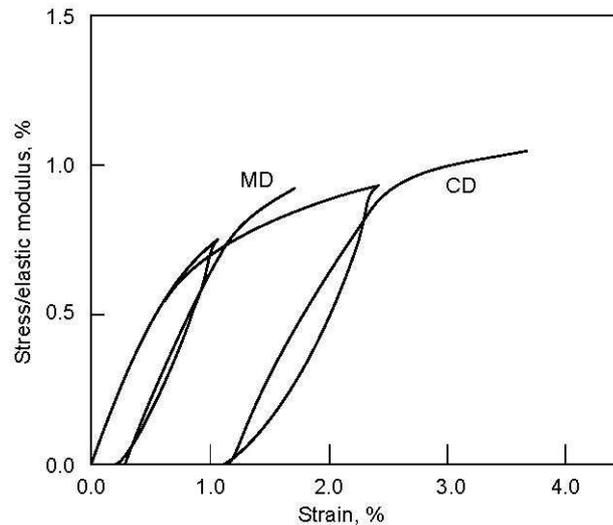


Abbildung 3.4: Zyklische Belastung und Entlastung von Papier [16]

3.3.4 Kompressibilität

Papier wird sowohl in der Herstellung (Kalandrieren) als auch in der Weiterverarbeitung (z.B. Offsetdruck) immer wieder in z-Richtung (Dicke) komprimiert. Die Kompressibilität von Papier ist in Richtung der Dicke des Papiers sehr gut, da der Elastizitätsmodul wesentlich geringer in z-Richtung als in den anderen Richtungen ist.

Eine Theorie ist, dass Papier unter Druck nur die Zwischenräume zwischen den Fasern verkleinert und die Fasern selbst inkompressibel sind. *Abbildung 3.5: Oberflächenrauigkeit- und Dickenänderung unter Kompression* zeigt, dass sich sowohl die Oberflächenrauigkeit, als auch die Dicke von Papier bei zunehmendem Druck verringern. Das lässt darauf rückschließen, dass bei einer Druckerhöhung einerseits die Oberflächenschicht und andererseits das Volumen im Fasernetzwerk komprimiert werden. Bei kleinerem Druck sinkt die Oberflächenrauigkeit linear mit dem Porenvolumen, jedoch bei größerem Druck sind die Oberflächenporen vollständig komprimiert während die Poren im Fasernetzwerk noch weiter komprimiert werden können. Der Einfluss von Temperatur bei erhöhtem Druck führt zu bleibender Kompression von Papieren, ohne den es, aufgrund der Elastizität, ein reversibler Vorgang wäre. So können

Oberflächen von Papier, unter Druck und Temperatur (Vorgänge beim Kalandrieren), eine geschlossene Form bei vorhandenen Poren im Fasernetzwerk erhalten.

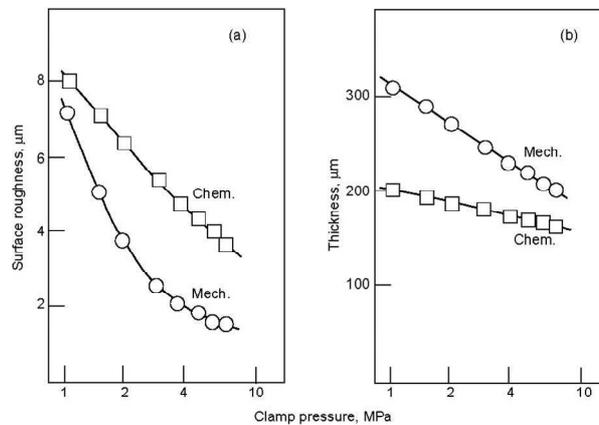


Abbildung 3.5: Oberflächenrauigkeit- und Dickenänderung unter Kompression [16]

In Bezug auf den Offsetdruck ist es sehr wichtig, dass die Kompressibilität des Papiers möglichst gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt ist. Unterschiedliche Kompressibilität führt unmittelbar zu einem schlechteren Druckbild, da die Druckfarbe im Druckspalt unterschiedlich stark auf das Papier übertragen wird. Das führt zu einem fleckigen Druckbild (Mottling). Weiters könnte die Kompressibilität des Papiers auch Auswirkungen auf die Haltekraft des Greifers haben.

3.3.5 Biegesteifigkeit

Eine wichtige Eigenschaft von Papier ist die Biegesteifigkeit. Dieses Verhalten beschreibt die Eigenschaft von Papier einen Widerstand gegen das Verbiegen in z-Richtung aufzubringen. Eine hohe Biegesteifigkeit ist ausschlaggebend für den kontinuierlichen Lauf von Papier- und Druckmaschinen und in der Weiterverarbeitung. Sie ist abhängig vom Flächengewicht, dem Volumen, der Formation, dem Elastizitätsmodul und somit von den verwendeten Fasern im Rohpapier. [16]

Beim Offsetdruck bringt eine hohe Biegesteifigkeit ein weniger starkes Mitlaufen am Gummituchzylinder und damit eine geringere Kraft am Bogengreifer mit sich.

3.4 Bedruckbarkeit von Papier

Die Bedruckbarkeit von Papier ist sowohl von den mechanischen Eigenschaften als auch vor allem von der Struktur und der Oberfläche des Papiers abhängig. Je homogener die Eigenschaften eines Papiers sind, desto besser lässt sich dieses bedrucken und die Qualität des Druckbildes wird positiv beeinflusst. In den Literaturstellen [1] und [16] werden diese Eigenschaften detailliert beschrieben und werden hier nur kurz zusammengefasst diskutiert.

3.4.1 Oberflächenrauigkeit

Beim Offsetdruck spielt besonders die Rauigkeit der Papiersorten eine große Rolle, da eine homogene glatte Oberfläche eine bessere Punktschärfe als eine weniger glatte erreicht. Die Ursache dafür liegt darin, dass bei gleichem Druck die Druckfarbe bei einer offenen, raueren Oberfläche wesentlich tiefer in das Papier penetrieren kann, als das bei einer geschlossenen, glatten Oberfläche der Fall ist. Allerdings erhöht eine glatte Oberfläche eines Papiers die Haftkraft, die wie in *Kapitel 3.2* schon beschrieben wurde, zwischen dem Gummituch und dem Papier, unmittelbar nach dem Druckspalt beim Ablösevorgang des Papiers von der Gummituchwalze, besteht.

Die Rauigkeit der Oberfläche ist bei Druckpapieren auch ein Indikator für den Glanz, der ein weiteres wichtiges Auswahlkriterium darstellt.

3.4.2 Glanz

Ein hoher Papierglanz ist gemeinsam mit einer geeigneten Porenstruktur eine Voraussetzung, um einen möglichst hohen Druckglanz zu erreichen. Da der Glanz, wie oben erwähnt, direkt von der Oberfläche abhängt, ist es wichtig die Oberfläche speziell zu behandeln. Dazu stehen dem Papiermacher die Möglichkeiten, das Papier mit geeigneten feinen Pigmenten zu streichen und danach zu kalandrieren, zur Verfügung. Ein gestrichenes Papier erreicht einen wesentlich höheren Glanz als ein nicht gestrichenes Papier, da die Oberfläche mit feinen Streichpigmenten nur eine relativ geringe Mikrorauigkeit aufweist. Wenn im Anschluss das Papier durch einen Kalandrierer geführt wird, wird durch Druck- und

Temperatureinfluss eine homogene, geschlossene Oberfläche erhalten, wobei gleichzeitig auch die Poren (vor allem an der Oberfläche) verkleinert werden.

3.5 Oberflächenveredelung von gestrichenen Papieren

Gestrichene Papiere an sich sind prinzipiell schon mit einer veredelten Oberfläche ausgestattet. Es ist jedoch möglich, die Papieroberfläche in einem weiteren Prozessschritt, dem Kalandrieren, zu verändern. Dabei wird das Papier durch ein oder mehrere beheizte Pressnips durchgeführt, die sich aus verschiedenen harten Walzen zusammensetzen. Durch das Beheizen und den Druck wird die Oberfläche geglättet, wobei das Porenvolumen vor allem in der Strichschicht verkleinert werden sollte. Ein Verlust des Porenvolumens im Fasernetzwerk ist eigentlich unerwünscht, ist aber nicht zu verhindern – dadurch sinken die Dicke und die Biegesteifigkeit des Papiers. [17]

Um sowohl beim Streichen des Papiers als auch beim Kalandrieren einen ungestörten Lauf zu gewährleisten, werden Gleitmittel (zur Streichfarbe hinzu dosiert). Damit soll der Abrieb an strichberührenden Teilen der Streichaggregate sowie Ablagerungen auf den heißen Kalandrierwalzen und daraus resultierendes Staub verhindert werden. Da sich diese Gleitmittel an der Oberfläche des Papiers befinden sollen, um die Reibung zwischen der Strichschicht am Papier und den Kalandrierwalzen zu reduzieren, ist es gut vorstellbar, dass dadurch auch der Reibungskoeffizient bei Ermittlung der Oberflächenreibung verringert wird. Als Gleitmittel werden vorwiegend Calciumstearate, aber auch Wachsemulsionen verwendet. [18]

Kalandrieren verschafft dem Papier eine homogene, glatte Oberfläche und verbessert dadurch auch den Glanz. Eine glattere Oberfläche führt jedoch zu einer Erhöhung des Tacks und die sinkende Biegesteifigkeit begünstigt das Mitlaufen des Papierbogens am Gummituchzylinder [2] (siehe auch *Abbildung 3.2: Verhalten von Papier im Druckwerk einer Bogenoffsetdruckmaschine [13]*). Der Einsatz von Gleitmitteln verringert die Reibungskraft und –koeffizienten der Oberfläche von Papier. Das könnten im Bogenoffsetdruck ausschlaggebende Punkte für Gripper-Slip sein.

4 Bisheriger Wissensstand

In der Arbeit von MICHL [2] wurde eine Finite-Elemente-Methode entwickelt, die genau jene Interaktionen zwischen Papier und Druckmaschine berechnen kann, welche auch Gripper-Slip beeinflussen. Deshalb werden seine Ergebnisse hier kurz beschrieben. Danach werden die Erkenntnisse aus der Literatur in diesem Kapitel noch einmal kurz zusammengefasst.

Am Ende dieses Kapitels wird dargestellt, welche Papierprüfungen von der Firma SAPPI bereits vor Beginn dieser Diplomarbeit bei Papieren mit Gripper-Slip-Erscheinungen durchgeführt wurden und welche Grundgedanken die Entwicklung einer neuen Labormethode bewegten.

4.1 FEM zur Berechnung der Papierbeanspruchung

Zur Verwendung einer Finite-Elemente-Methode (FEM) für die Modellierung der Papierbeanspruchung in einem Druckspalt fasst MICHL [2] die Ergebnisse der Autoren von bisher durchgeführten Arbeiten zusammen. Ausgenommen werden Sonderfälle, wie z.B. das Vorliegen gleicher Kontaktpartner, was im Druckspalt nicht der Fall ist. Durch diverse Vereinfachungen konnte er die Kräfte im Druckspalt und den Mitlaufwinkel von Papier berechnen.

Die Ergebnisse der Modellierung von Michl [2] und die Ergebnisse einer parallel dazu laufenden Forschungsarbeit [11] an einer realen Druckmaschine mit den gleichen Aufgaben wurden miteinander verglichen. Diese beiden Arbeiten kamen zu folgenden wichtigen Aussagen, die in Bezug auf Gripper-Slip eine besondere Bedeutung haben:

„Der Mitlaufwinkel des Papiers am Gummituch vergrößert sich durch hohe Sujet-Dichte, glatte Papieroberfläche, bei Schmalbahnpapier und bei stark dehnbarem Papier. Dazu sei darauf hingewiesen, dass das Mitlaufen von Papier kein Qualitätsmangel ist, es beeinflusst aber mit hoher Wahrscheinlichkeit das Dublierverhalten (ohne Nachweis), weil durch das Mitlaufen entweder eine Papierdehnung oder Gripper-Slip oder beides verursacht wird. Noch dazu besteht ein enger Zusammenhang zwischen Greiferzugkraft und Mitlaufwinkel.

Die Greiferzugkraft wird deutlich größer bei Schmalbahnpapier, bei gestrichenem Papier und bei hohen Tackwerten der Druckfarbe.“ [11]

In dieser Arbeit wurde die Greiferzugkraft berechnet und auf einer realen Druckmaschine nachgewiesen. Durch diverse Einschränkungen der FEM konnten jedoch nicht alle Einflüsse berücksichtigt werden, weshalb geringe Unterschiede zur Praxis bestehen können. Trotzdem kann man davon ausgehen, dass diese Arbeit eine wichtige Grundlage für die Entwicklung der Gripper-Slip-Labormethode bildet.

Auch bei der Verifikation auf der realen Druckmaschine mussten Einschränkungen vorgenommen werden. Ein besonders wichtiger Punkt ist, dass bei der Ermittlung der Greiferzugkräfte das Papier bei den Dehnmessstreifen eingerissen ist. Deshalb und weil bei der Entwicklung der Labormethode die Druckkraft der Greifer nicht einwandfrei geklärt werden konnte, ist ein Vergleich der Kräfte nicht einwandfrei möglich.

4.2 Erkenntnisse aus der Literatur

Im Druckprozess spielt vor allem die Oberflächenrauigkeit von Papier und Gummituch eine wesentliche Rolle. Diese beeinflusst sowohl die Druckbildübertragung als auch die Haftkraft der Druckfarbe. Je glatter die Oberflächen sind, desto besser kann die Farbe übertragen werden, allerdings steigert eine glatte Oberfläche auch die Haftkraft der Druckfarbe. Hohe Zügigkeit und hohe Haftkraft der Druckfarbe steigern den Mitlaufwinkel am Gummituchzylinder. In weiterer Folge wird durch einen größeren Mitlaufwinkel eine größere Zugkraft am Greifer verursacht.

Da eine glatte Papieroberfläche eine bessere Punktschärfe gegenüber einer rauen Papieroberfläche erreichen kann, wird Papier oberflächenveredelt. Diese Veredelung beeinflusst die Oberflächenrauigkeit und die Kompressibilität des Papiers. Die Anwesenheit von Gleitmitteln in der Streichfarbe verringert dazu noch die Reibungskoeffizienten und die aufzubringende Kraft, um ein Papier z.B. aus einem Greifspalt zu ziehen.

Die Kompressibilität des Papiers könnte ein weiterer Faktor in Bezug auf den Formschluss des Greifers sein. Angenommen ein Papier verhält sich

kompressibel, dann können die Zacken der Greiferplatte in die Oberfläche des Papiers gut eindringen. Dadurch entsteht ein Formschluss zwischen Papier und Greiferplatte, so dass der Papierbogen sich schwerer aus dem Spalt herausziehen lassen würde.

Durch die Anwesenheit von viskoelastischen Stoffen im Druckprozess (Papier, Gummituch und Druckfarbe) kommt es während des Druckprozesses zu Veränderungen der Bedingungen. Gummitücher haben ein bestimmtes Einfallverhalten, welches durch Unterlagebögen und größeren Druck ausgeglichen werden kann. Die Druckänderung beeinflusst wiederum das Verhalten von Papier und Druckfarbe, da die Druckfarbe bei größerem Druck tiefer in das Papier eindringen kann. Weil die Druckfarbe permanent mit Feuchtmittel vermischt wird, sinkt die Zügigkeit der Druckfarbe. Angenommen, die Druckfarbe wird im Druckspalt durch den Druck in das Papier entwässert, würde auch die Zügigkeit der Druckfarbe wieder steigen. Von der Zügigkeit der Druckfarbe ist wiederum die Greiferzugkraft abhängig.

Das Papier wird vom ersten Druckwerk an mit Feuchtmittel in Berührung gebracht und mit Zugkräften belastet. Dies kann zu Dimensionsveränderungen im Papier führen und die Papiereigenschaften selbst verändern. Besonders die Dehnung von Papier ändert sich durch die zyklische Belastung im Offsetdruck und es kommt zu einer Längung des Papiers.

Durch die in der Papiermaschine erzeugte Längsausrichtung der Fasern im Papier ergibt sich ein unterschiedliches Dehnungsverhalten von Papieren in Längs- und in Querrichtung zur Maschinenlaufrichtung. Die unterschiedliche Dehnung wirkt sich auch im Druckprozess aus. Je leichter ein Papier gedehnt werden kann, desto größer wird der Mitlaufwinkel und dieser beeinflusst, wie schon oben erwähnt, die Greiferzugkraft. Das bedeutet, dass ein hoher Elastizitätsmodul die Greiferzugkräfte verkleinert.

Auch die Biegesteifigkeit spielt eine wesentliche Rolle in Bezug auf die Greiferzugkräfte. Eine hohe Biegesteifigkeit verringert den Mitlaufwinkel am Gummituch und damit auch die Greiferzugkräfte.

4.3 Vorversuche und Grundidee zur Gripper-Slip-Labormethode

Die Firma SAPPI prüfte Papiere mit Gripper-Slip-Problemen mit einigen Labormessgeräten. Dazu gehörten z.B. die Prüfungen von Glanz (DIN 45°, DIN 75° und TAPPI 75°) und Glätte (PPS) des Papierses so wie das Tack-Verhalten (DELTACK) und die Reibungsmessung (ISO 15359).

Zusätzlich wurde die Oberflächentopographie und die Kompressibilität von Papieren mit unterschiedlichem Gripper-Slip-Verhalten über eine Fläche von 12 (x-Richtung) x 12 mm (y-Richtung) in einem stylus-basierten Oberflächentopographen abgetastet (UST[®] Messgerät der Firma Innowep). Der Abstand zwischen den Spuren wurde mit 250 µm gewählt. Die Last wurde auf 70 mN eingestellt und die Tastspitze hatte einen Radius von 300 µm.

Weiters wurde noch die Oberfläche im Bereich der Greiferabdrücke genauer betrachtet. Dabei konnten visuelle Unterschiede festgestellt werden.

Bei allen Papierprüfungen konnten jedoch keine klaren Zusammenhänge mit dem Gripper-Slip-Verhalten festgestellt werden. Dadurch entstand in der Forschungsabteilung von SAPPI-Gratkorn die Idee, eine neue Labormethode zur Prüfung des Gripper-Slip-Verhaltens zu entwickeln. Dazu wurde eine Laborgreifer konstruiert und gebaut (siehe *Abbildung 5.1: Greifarm für Labormessung*), der große Ähnlichkeit mit den Greifern in der Druckmaschine hat. Meine Aufgabe im Rahmen der Diplomarbeit bestand darin, diese Greiferkonstruktion in ein Zugprüfgerät einzubauen, eine Prüfmethode unter Berücksichtigung der wichtigsten Versuchsbedingungen zu entwickeln, Vergleiche mit anderen Papierprüfungen durchzuführen und herauszufinden, ob es möglich ist, mit dieser Labormethode Gripper-Slip vorherzusagen zu können.

5 Messgerät für Gripper-Slip

Um Gripper-Slip nachweisen zu können, wurde eine Testmethode entwickelt, bei der ein speziell angefertigter Greifarm (siehe *Abbildung 5.1: Greifarm für Labormessung*) in ein Zugmessgerät der Firma ZWICK/ROELL eingebaut wurde. Die Zugprüfmaschine bringt dabei die Auszugskraft F_z in z-Richtung auf den Papierstreifen, während der Greifarm die Angriffskraft F_A in x-Richtung aufbringt. Dabei wurde versucht, der Realität beim Bogenoffset-Druckprozess möglichst nahe zu kommen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde beim Druckmaschinen-Hersteller Heidelberg die genaue Druckkraft, die ein Greifarm auf einen Bogen des Bedruckstoffes ausübt, erfragt. Da die Angaben zur Angriffskraft nicht einwandfrei geklärt und auch in der Literatur keine Werte gefunden werden konnten, wurde diese mit einem variablen Gewicht am Greifarm einstellbar gemacht. Ebenso kann mit einer Einstellschraube (in *Abbildung 5.1* rot dargestellt) die Parallelität des Greifspaltes je nach Papierdicke eingestellt werden. Da dies in der Realität an der Druckmaschine selbst jedoch nicht durchgeführt wird, wurde ein ähnlicher Abstand wie bei der Maschine gewählt und beibehalten.

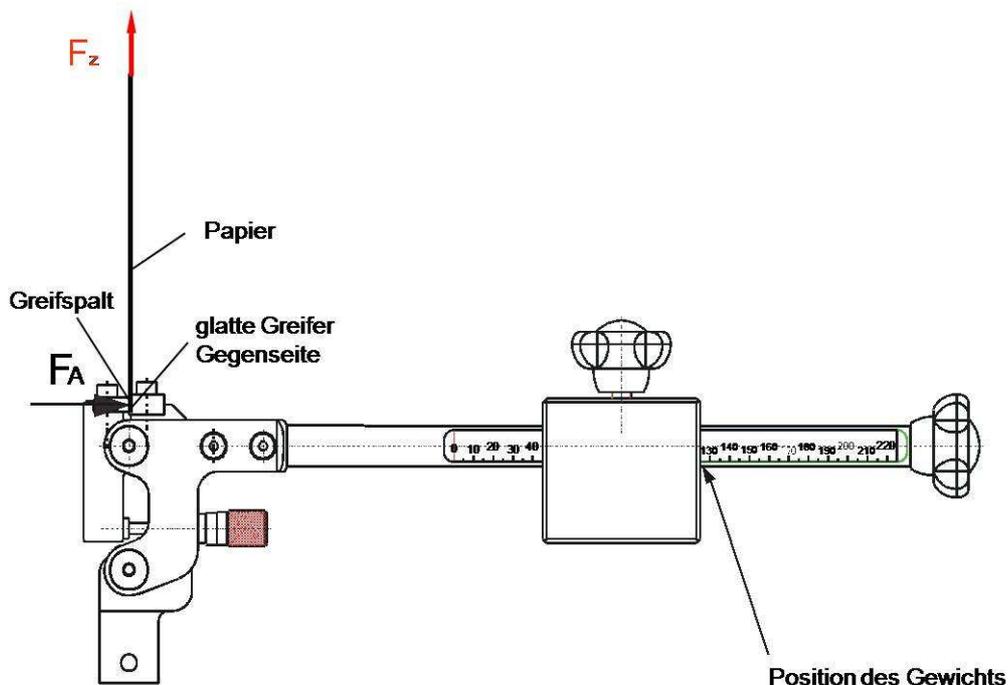


Abbildung 5.1: Greifarm für Labormessung

Um gleiche Verhältnisse am Papier wie an der realen Druckmaschine zu erreichen, wurden die Greifer-Druckplatte einer Druckmaschine (siehe *Abbildung 5.2: Konstruktion des Greifspalts*) mit der gleichen Oberfläche wie bei der realen Druckpresse in den Greifarm eingebaut. Diese Druckplatte ist mit einem Kreuzschliff mit 30° und 120° zur Oberkante versehen. Da es sich trotz dieser speziellen Vorrichtung nur um eine Annäherung an den realen Prozess handelt, wurde überlegt welche Einflüsse man vernachlässigen darf und welche Einflüsse einer genaueren Beobachtung bzw. Tests unterzogen werden müssen.

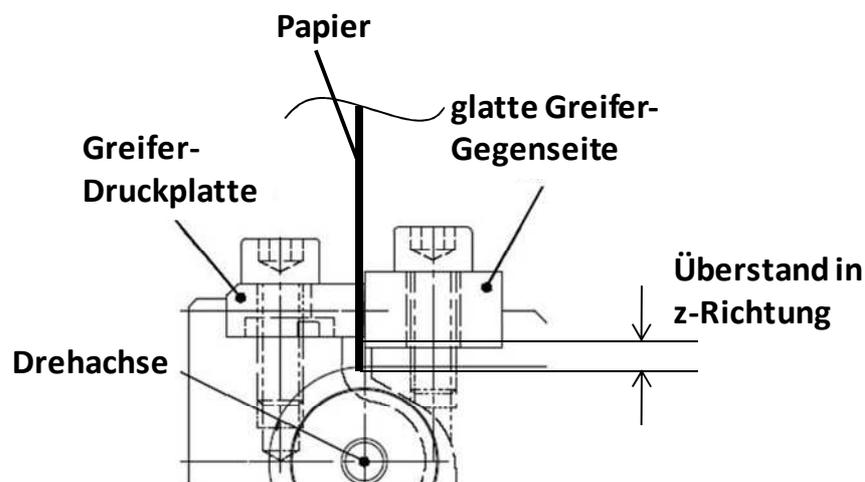


Abbildung 5.2: Konstruktion des Greifspalts

5.1 Einflüsse auf die Messung

Da Laborversuche grundsätzlich einer, statistisch gesehen, recht großen Streuung unterliegen, wurde darauf geachtet, die Versuche mit größtmöglicher Genauigkeit und Konstanz durchzuführen. Deshalb ist der ganze Versuch vom Lagern der Proben bis zur Messung selbst immer unter Einhaltung von gleichen Umgebungsbedingungen durchgeführt worden. Das heißt, sämtliche Arbeiten wurden in einem Klimaraum mit den nach DIN ISO 187 verlangten Bedingungen (DIN ISO 187: $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $50\% \pm 2\%$ relative Luftfeuchtigkeit) durchgeführt. Es wurde versucht, sogar die Zeit vom Einspannen der Probe bis zur Messung immer in gleichen Abständen zu halten. Bei groben Abweichungen in der Zeit wurde die betreffende Probe verworfen bzw. wurde eine neue Messung mit einer neuen Papierprobe desselben Papierbogens durchgeführt. Später konnte jedoch

festgestellt werden, dass die Zeit keinen Einfluss auf die Messergebnisse hatte (siehe dazu *Kapitel 5.3.7 Zeiteinfluss*).

Zur Ermittlung der Einflüsse auf die Prüfmethode wurden nur Papiere von SAPPI Europe aus dem Werk Gratkorn verwendet. Für die geprüften Papiersorten wurde die in *Abbildung 5.3: Bezeichnung der Papiersorten* dargestellte Bezeichnung der einzelnen Papiersorten gewählt.

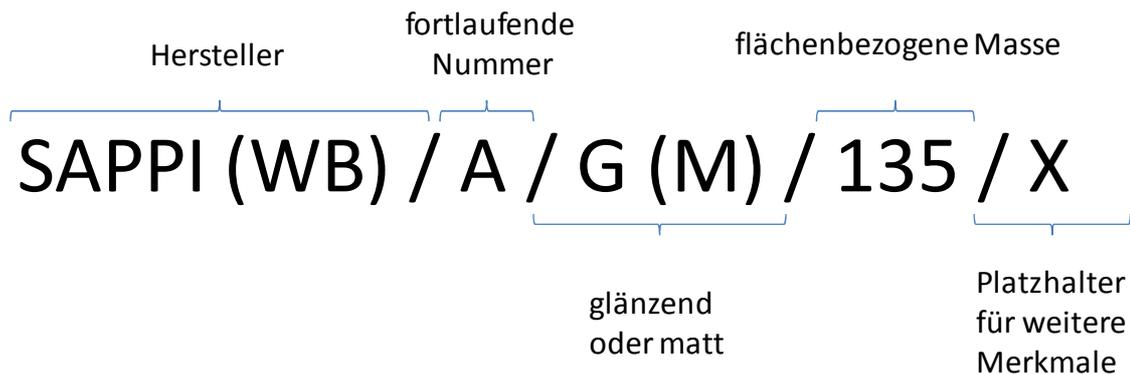


Abbildung 5.3: Bezeichnung der Papiersorten

Im Bereich „Hersteller“ wird nur unterschieden ob das geprüfte Papier bei SAPPI selbst oder einem Wettbewerber (WB) produziert wurde. Die fortlaufende Nummer folgt dem Alphabet und startet bei „A“ für die erste geprüfte Papiersorte und gibt die Sorte des Papiers an. „G (M)“ weist darauf hin, ob es sich um ein glänzendes oder ein mattes Papier handelt. In der darauf folgenden Zahl wird die flächenbezogene Masse in g/m^2 angegeben. Nach der flächenbezogenen Masse ist noch ein Platzhalter vorgesehen, für den Fall, dass noch weitere besondere Merkmale erwähnt werden sollten.

5.2 Erstversuche zur Gripper-Slip-Messung

Das Zugprüfgerät der Firma ZWICK/ROELL, Type Z010 verfügt über eine sehr umfangreiche Anwender-Software (testXpert V9.01), die bereits diverse Standardprüfungen beinhaltet. Die Grundidee der Gripper-Slip-Versuche war, einen Papierstreifen aus dem Laborgreifer in dem Zugprüfgerät heraus zu ziehen und die dabei auftretenden Kräfte zu ermitteln. Dafür wurden in der ersten Versuchsreihe die Bedingungen eines Standardzugversuchs ausgewählt und alle Grundeinstellungen beibehalten.

Auch die Einstellmöglichkeiten am eigens angefertigten Greifarm für die Labormessung (siehe *Abbildung 5.1: Greifarm für Labormessung*) sind recht umfangreich und wurden daher stark eingeschränkt, da an den Greiferleisten in den Bogenoffsetmaschinen, nachdem diese einmal eingestellt worden sind, in den seltensten Fällen weitere Veränderungen vorgenommen werden.

5.2.1 Erste Versuchsreihe

In der ersten Versuchsreihe wurden Papierstreifen mit den Maßen 165 x 60 mm und einer flächenbezogenen Masse von 135 g/m² von drei glänzenden und einer matten Sorte geprüft.

Weiters wurden die Papierproben auch in Längsrichtung im Greifspalt mit einem Überstand in z-Richtung von ca. 1 mm in den Laborgreifer eingespannt, obwohl nach Angaben eines Druckmaschinenherstellers nicht die gesamte Greiferdruckplatte zum Fixieren des Papierbogens im realen Prozess zur Verfügung steht. Der Überstand war jedoch notwendig um Reproduzierbarkeit und Einfachheit der Laborversuche zu gewährleisten (siehe *Abbildung 5.2*).

5.2.1.1 Versuchsbedingungen

Bei den Messungen wurden die folgenden Einstellungen für alle Proben gewählt:

- Gemessen wurde mit der Zugprüfvorschrift (ZPV) „gripper-slip1.ZPV“, die in *Abbildung 5.4: Prüfparameter "gripper-slip1.ZPV"* gezeigten Prüfparameter hatte und an einen Standardzugversuch des Messgerätes angenähert ist. Die Abbildung zeigt, dass die Einspannlänge mit 130 mm gewählt wurde, eine Vorkraft von 0,2 N mit 20 mm/min angefahren wurde und die Prüfgeschwindigkeit 100 mm/min betrug. Weiters wurde eine Kraftabschaltschwelle ausgewählt, die den Versuch beim Erreichen einer um 5% erniedrigten Maximalkraft abbricht. Das zweite Abbruchkriterium wurde mit einer maximalen Längenänderung von fünf Millimetern gewählt.
- Die Mikrometerschraube (siehe *Abbildung 5.1: Greifarm für Labormessung*, in Rot dargestellt) am Greifarm wurde auf den Wert 0,825 mm eingestellt – dadurch waren die beiden Druckflächen etwa parallel zueinander
- Die Zeit vom Einspannen der Probe bis zur Zugprüfung betrug ca. $5 \pm 0,5$ Sekunden.

- Das Gewicht am Laborgreifer wurde auf 100 N Angriffskraft F_A eingestellt. Die Größe der Kraft wurde nach Angaben der Firma Heidelberg so gewählt.
- Jede Papiersorte wurde fünf Mal mit der Oberseite und fünf Mal mit der Unterseite auf der glatten Greifergegenseite geprüft.

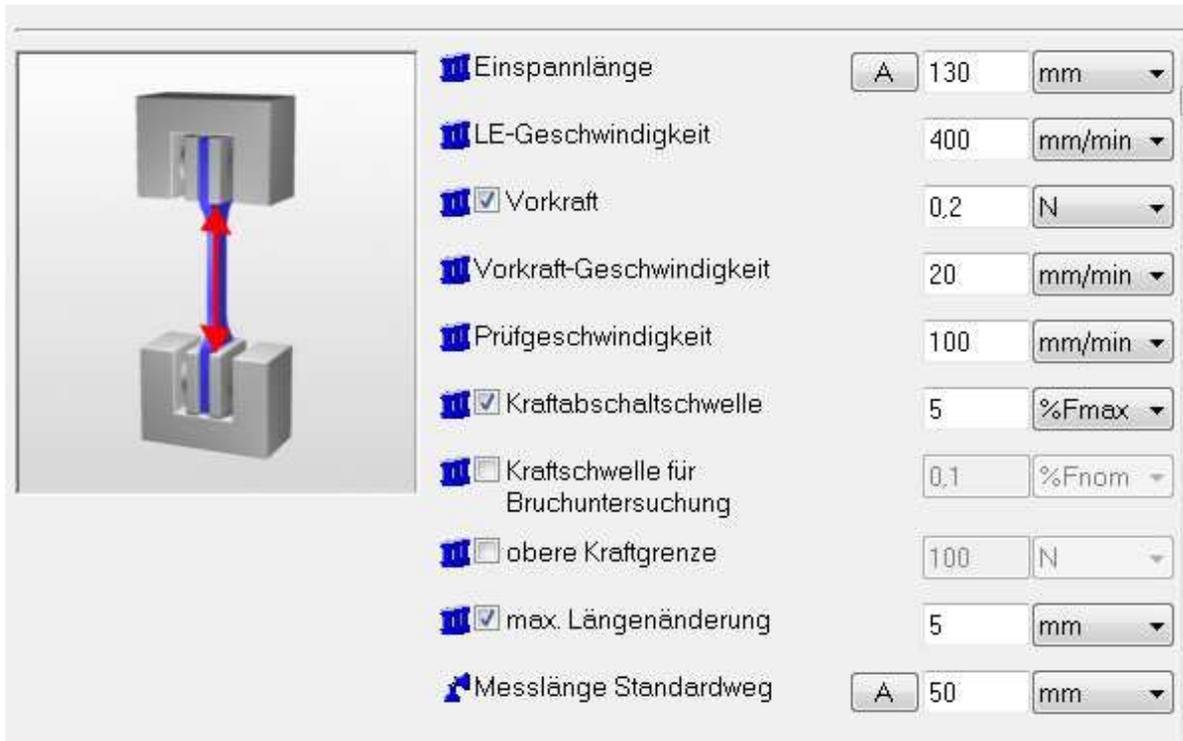


Abbildung 5.4: Prüfparameter "gripper-slip1.ZPV"

5.2.1.2 Ergebnisse

Es wurden alle vier Papiere einmal mit der Oberseite (OS) auf der glatten Greifer-Gegenseite (siehe *Abbildung 5.2: Konstruktion des Greifspalts*) und einmal mit der Unterseite (US) auf der glatten Greifer-Gegenseite mehrmals getestet. In den folgenden Abbildungen (*Abbildung 5.5 a-d* und *Abbildung 5.6 a-d*) sind die Ergebnisse dieser Messungen zu sehen.

Die vier geprüften Papiersorten wurden wie in *Tabelle 5-1: Papiereigenschaften* dargestellt aufgeschlüsselt:

Tabelle 5-1: Papiereigenschaften

Bezeichnung		Glätte (PPS)		Glanz		Glanz		Glanz	
		\bar{X}	s	75° TAPPI		75° DIN		45° DIN	
		\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s
Papier A	SAPPI / A / G / 135	0,59	0,01	78,38	0,56	60,53	1,39	23,74	1,05
Papier B	SAPPI / B / M / 135	1,86	0,05	28,52	0,25	7,91	0,21	1,48	0,06
Papier C	SAPPI / C / G / 135	0,57	0,02	80,87	0,48	63,46	1,19	26,90	0,86
Papier D	SAPPI / D / G / 135	0,68	0,02	79,44	0,36	59,45	1,25	23,82	0,77

Die Ergebnisse dieser ersten Messung zeigen, dass sowohl ein deutlicher Unterschied zwischen den einzelnen Papieren, als auch ein Unterschied zwischen Oberseite und Unterseite der einzelnen Papierproben zu sehen ist (siehe *Abbildung 5.5*). Es ist bei diesen Versuchsbedingungen allerdings nicht möglich zu ermitteln, zu welchem Zeitpunkt der Papierstreifen aus dem Greifer herausgezogen wurde. Weiters war auch eine relativ große Streuung zwischen den einzelnen Papierproben derselben Papiersorte festzustellen (siehe *Abbildung 5.5 d* und *Abbildung 5.6 b, c, d*).

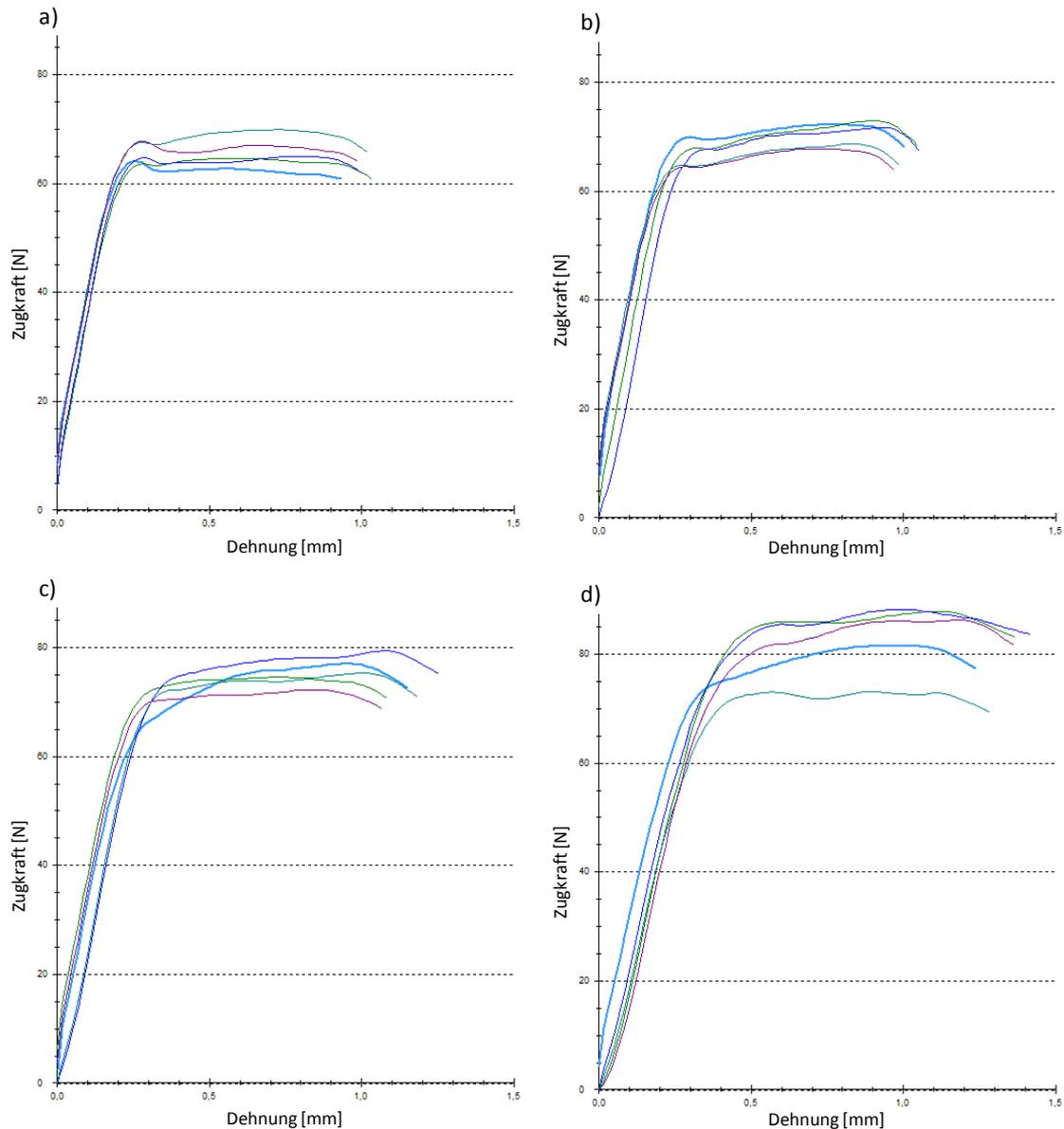


Abbildung 5.5: a) PAPIER A OS, b) PAPIER A US, c) PAPIER B OS, d) PAPIER B US

Auffällig dabei ist, dass am Kurvenbeginn oft ein kleiner Knick zu sehen ist (siehe in *Abbildung 5.6 b* im roten Kreis). Dieser Knick machte den direkten Vergleich der Proben sehr ungenau. Auch konnte eine geringe Vorkraft von 0,2 N, die mit einer geringen Geschwindigkeit ($v_v = 20$ mm/min) angefahren wurde, den Knick kaum vermeiden. Ein weiterer Versuch, eine größere Vorkraft von 0,5 N mit einer höheren Geschwindigkeit von $v_v = 100$ mm/min anzufahren, führte jedoch zu keiner Verbesserung. Ganz im Gegenteil, die Ergebnisse wurden noch ungenauer, denn die Ergebniskurve startete nicht mehr im Ursprung des Koordinatensystems zwischen Kraft und Dehnung, sondern auf der y-Achse zwischen 10 bis 25 N.

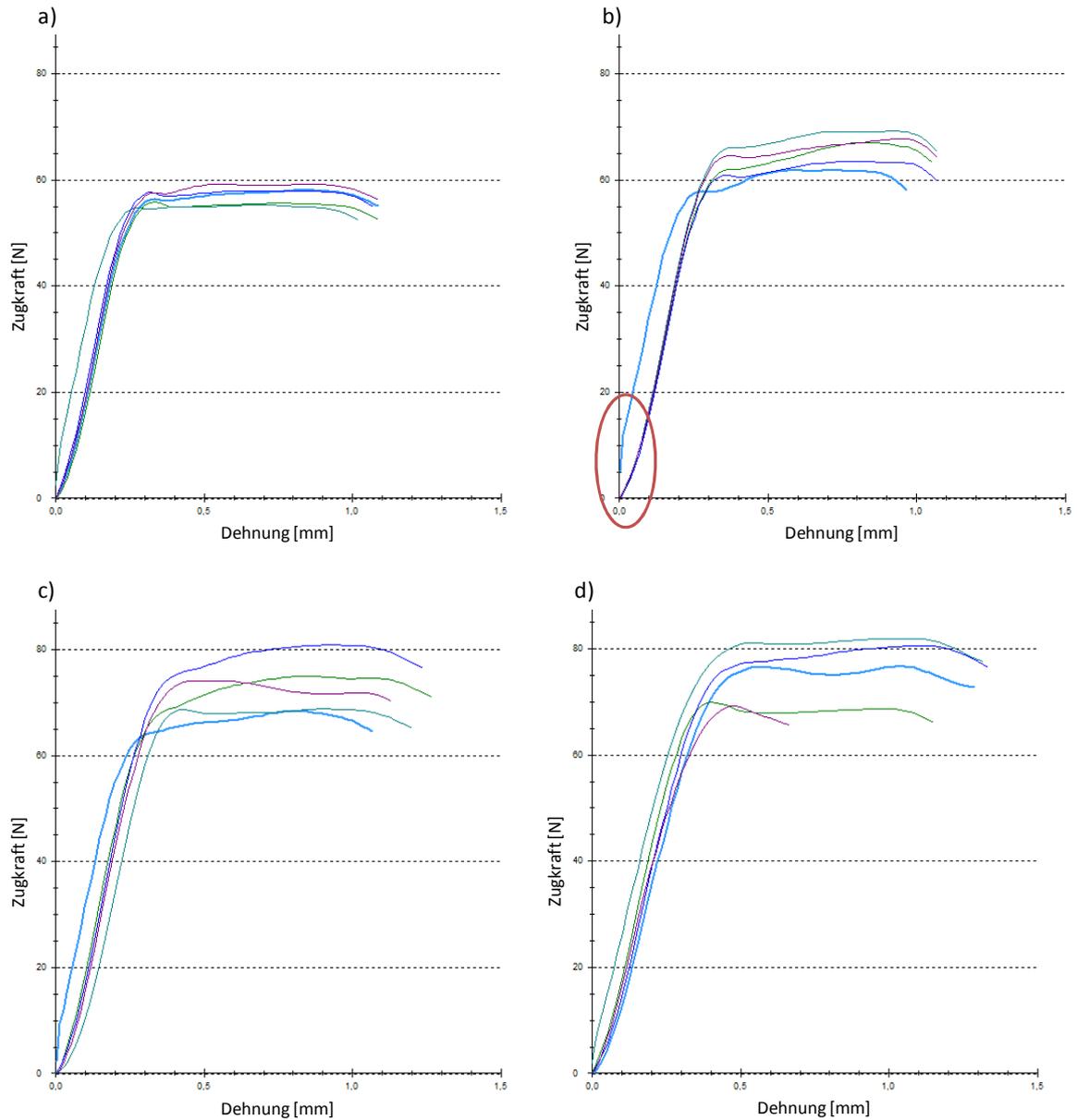


Abbildung 5.6: a) PAPIER C OS, b) PAPIER C US, c) PAPIER D OS, d) PAPIER D US

Bei allen Papierproben konnten nach dem Herausziehen aus dem Laborgreifer Vertiefungen in deren Strichschicht entdeckt werden, die von der Kreuzschliff-Greiferplatte verursacht wurden.

5.2.2 Ermittlung der Bruchkraft

Eine weitere Ursache für die großen Schwankungen am Beginn der Messung (siehe in Abbildung 5.6: a) PAPIER C OS, b) PAPIER C US, c) PAPIER D OS, d) PAPIER D US *b* im roten Kreis dargestellt), könnte die Papierstreifenbreite sein, da es sich bei der Durchführung der Versuche relativ schwierig gestaltete, den

Papierstreifen mittig im Laborgreifer einzuspannen. Außerdem musste ein Kompromiss zwischen der Einspannlänge, wegen der steigenden Inhomogenität des Papiers bei kurzer Einspannlänge und dem Auftreten von Gripper-Slip (siehe auch *Kapitel 2.3.3 Gripper-Slip*) gefunden werden. Deshalb wurde die Papierstreifenbreite bei den folgenden Versuchen auf 15 mm Breite reduziert. Dadurch hatte der Papierstreifen zu beiden Seiten des Greifers nur mehr einen minimalen Überstand und war deshalb leichter mittig einzuspannen. Aufgrund dieser Reduktion war es interessant zu wissen, ob die Gripper-Slip-Versuche noch durchgeführt werden können ohne die Papierproben zu zerreißen. Dazu sollte die Maximalkraft ermittelt werden, bei welcher der Papierstreifen zerreißen würde. Im folgenden Versuch wurde daher die Bruchkraft für alle vier Papiersorten (siehe *Kapitel 5.2.1.2 Ergebnisse*) ermittelt. Dabei wurde auch die Einspannlänge der Papierproben auf 100 mm reduziert.

5.2.2.1 Allgemeine Versuchsbedingungen betreffend Bruchkraft

Es wurden bei den Messungen folgende Einstellungen für alle Proben beibehalten:

- Gemessen wurde mit jener Prüfvorschrift zur Ermittlung der Maximalkraft, die die in *Abbildung 5.7: Prüfparameter für Bruchkraftermittlung* gezeigten Prüfparameter hatte.
- Die Papierproben wurden sowohl oben als auch unten fest fixiert
- Die Einspannlänge betrug 100 mm
- Die Probenbreite war 15 mm
- Die Oberseite der Proben befand sich auf der glatten Greifer-Gegendruckplatte (siehe *Abbildung 5.2: Konstruktion des Greifspalts*).
- Von jeder Papiersorte wurden acht Proben geprüft.

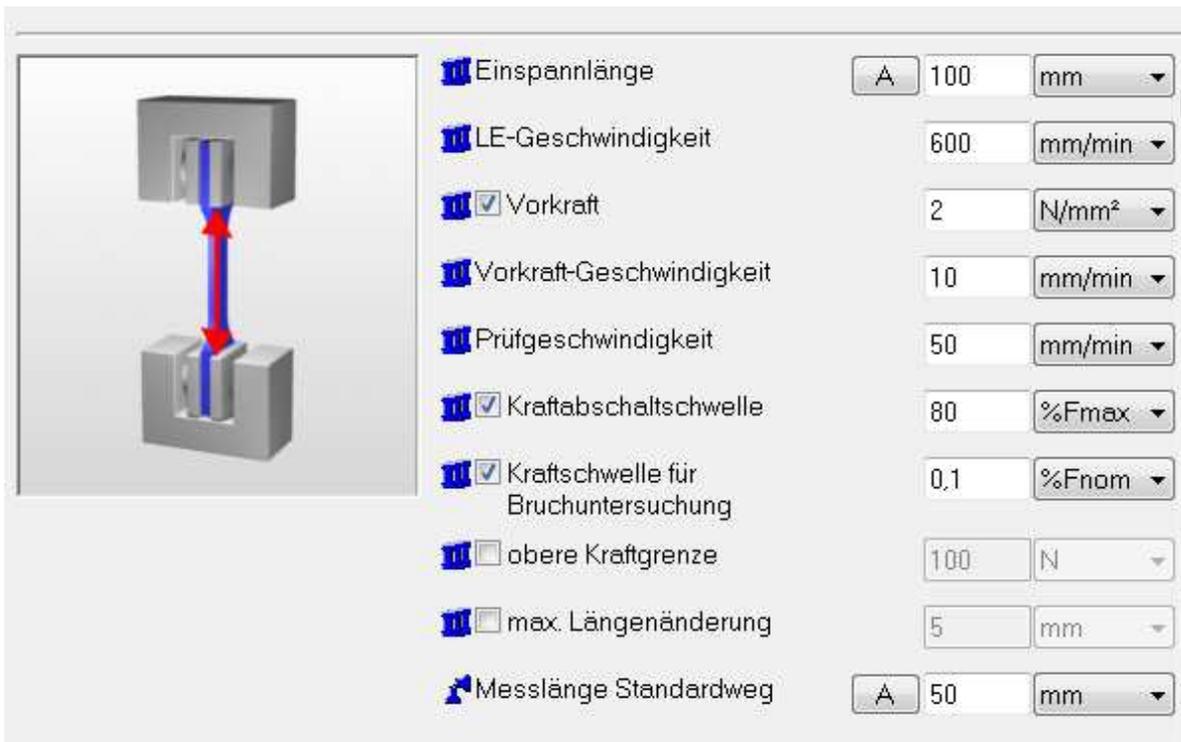


Abbildung 5.7: Prüfparameter für Bruchkraftermittlung

5.2.2.2 Ergebnisse Bruchkraft

Die Ergebnisse sind in *Tabelle 5-2: Ergebnisse Bruchkraft-Versuche* dargestellt. Diese Werte dienen aber nur als Anhaltspunkt, um in weiteren Versuchen nicht die Grenzen der Belastbarkeit der Papiere zu überschreiten und diese zum Zerreißen zu bringen.

Papiersorte	Bruchkraft F_{\max} [N]		
	\bar{X}	s	V
SAPPI / A / G / 135	113,27	4,24	3,74
SAPPI / B / M / 135	75,60	2,52	3,33
SAPPI / C / G / 135	104,05	4,18	4,02
SAPPI / D / G / 135	97,28	2,98	3,06

Tabelle 5-2: Ergebnisse Bruchkraft-Versuche

Bei den Versuchen mit der Papiersorte SAPPI / B / G / 135 wurde jedoch aus unbekanntem Gründen ein relativ niedriger Bruchkraft-Wert erreicht, obwohl dieser Versuch mehrmals wiederholt wurde. Jedoch ist in späteren Versuchen diese Bruchkraft-Grenze öfter überschritten worden und es kam zu keiner Zerstörung der gemessenen Papierstreifen. Die Ergebnisse bei den übrigen Papiersorten zeigten

eine wesentlich höhere Bruchkraft, die ausreichen sollte, um Gripper-Slip-Versuche mit der geringeren Papierbreite durchführen zu können.

5.2.3 Ermittlung der Dehnung

Papier ist ein viskoelastisches Material, dessen Eigenschaften sich in Bezug auf Kraftaufnahme und Dehnung durch Kräfteinflüsse von außen und deren Dauer verändern. Da Papier auch hygroskopisch ist, ist bei der Lagerung und beim Bedrucken selbst auf ein gleichbleibendes Raumklima zu achten, um ein konstant gutes Ergebnis zu erzielen.

Die Dehnung ist bei jeder Papiersorte verschieden und muss deshalb unbedingt vor der Gripper-Slip-Messung ermittelt werden, damit der Zeitpunkt des Herausziehens aus dem Greifer möglichst genau ermittelt werden kann. Dabei wird angenommen, dass, sobald die Kraft-Dehnungs-Kurve der Gripper-Slip-Messung von der Kraft-Dehnungs-Kurve des reinen Zugversuchs abweicht, ein Herausrutschen aus dem Greifer vorliegt.

Daher waren für die Gripper-Slip-Labormethode immer zwei Messreihen erforderlich:

- Ermittlung der Kraft-Dehnungskurve im Dehnungsversuch (genaue Bedingungen siehe *Kapitel 5.2.3.1*), wobei die Probe in der Gripper-Slip Versuchsanordnung mit maximaler Angriffskraft (etwa 180 N) geklemmt wurde.
- Ermittlung der Kraft-Dehnungskurve beim Einspannen der Probe in der Gripper-Slip Versuchsanordnung unter Gripper-Slip Versuchsbedingungen.

Beide Messreihen hatten die gleiche Versuchsanordnung und die gleichen Prüfbedingungen. Durch das Herabsetzen der Angriffskraft am Laborgreifer und das Hinaufsetzen der Abschaltgrenze beim Erreichen der maximalen Zugkraft (siehe *Abbildung 5.9 b*) – Zielkraft) konnte die Papierprobe aus dem Klemmspalt gezogen werden. Eine Beeinflussung der Messergebnisse durch einen Umbau der Versuchsanordnung konnte damit vermieden werden. Weiters konnte der Versuch durch nur eine einzige Änderung bei der Abschaltgrenze (Zielkraft) bedienerfreundlich gehalten werden.

Die Auswertung erfolgte in einem Kraft-Dehnungs-Diagramm. Dazu wurden aus der Messreihe des Dehnungsversuchs die steilste und die flachste Kurve

ausgewählt. Diese wurden in das Diagramm mit der Bezeichnung Dehnung 1 und Dehnung 2 eingefügt. Danach wurde eine Mittelwertkurve aus allen Gripper-Slip-Kurven (Kurzbezeichnung der Kurve: GS_x; x steht hier als Platzhalter für weitere Bezeichnungen der Versuchsreihe) gebildet und ebenfalls in das Diagramm eingefügt. Ab dem Zeitpunkt, an dem die Gripper-Slip-Kurve den von den Dehnungskurven eingegrenzten Bereich verlässt, wurde angenommen, dass die Papierprobe aus dem Laborgreifer heraus gezogen wurde (siehe den in *Abbildung 5.8* rot eingegrenzten Bereich). Dort wurde dann die benötigte Kraft auf der y-Achse abgelesen.

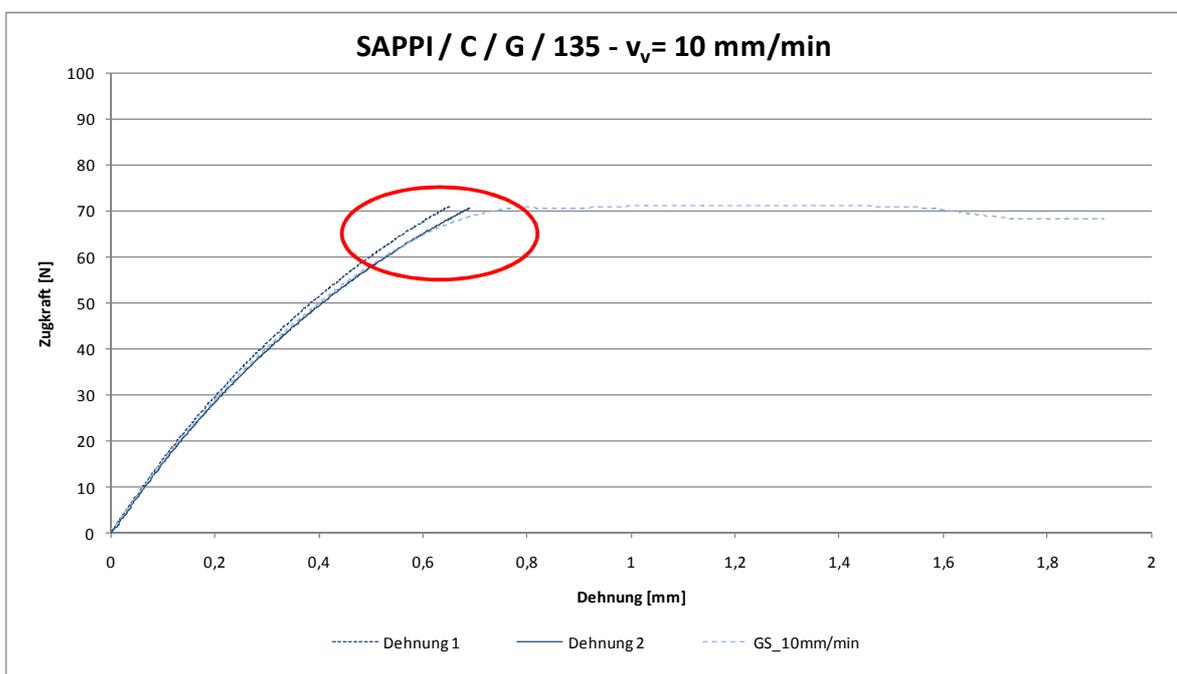


Abbildung 5.8: Bestimmung der Auszugskraft

Bei der Ermittlung der Dehnung wurden für alle getesteten Papiersorten mindestens drei verschiedene maximale Zugkräfte eingegeben und gemessen, um in einem Schritt herauszufinden, ob die unterschiedlichen maximalen Zugkräfte irgendeinen Einfluss auf die Testmethode haben.

5.2.3.1 Allgemeine Versuchsbedingungen bei der Dehnungsermittlung

Bei diesen Versuchen wurde eine andere Zugprüfungsvorschrift (ZPV) als in den Erstversuchen verwendet. Diese ZPV war ähnlich aufgebaut wie jene, die von WILDBERGER [19] zur Ermittlung der elastischen Grenzdehnung verwendet wurde. Dabei durchlaufen die Papierproben bei der Zugprüfung vier verschiedene Stufen,

wobei jedoch nur die ersten beiden Stufen für die Ermittlung der Dehnung relevant sind. Diese beiden Stufen und deren Prüfparameter sind in *Abbildung 5.9* dargestellt.

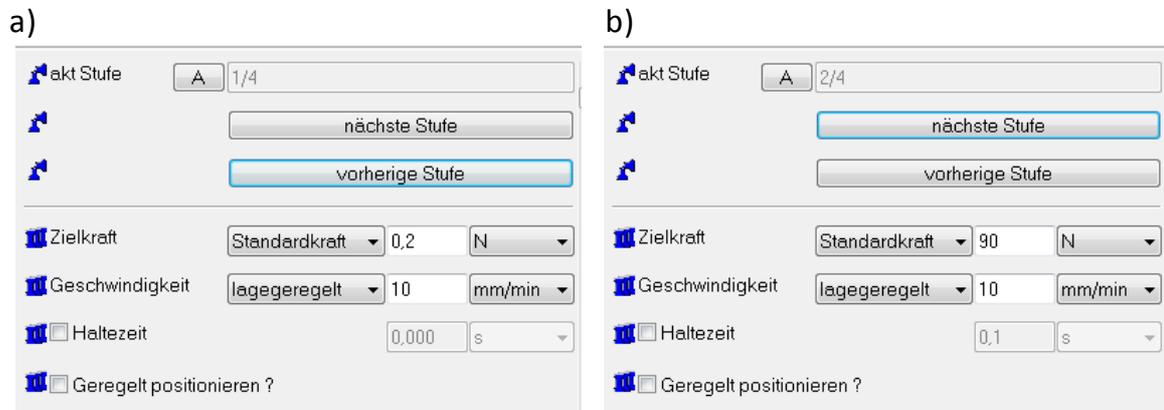


Abbildung 5.9: a) Prüfvorschrift Stufe 1, b) Prüfvorschrift Stufe 2

In der ersten Stufe der Zugprüfung wird eine Zielkraft von 0,2 N mit 10 mm/min angefahren, um die Ausgangsposition für alle Proben gleich zu setzen. Danach wird in der zweiten Stufe eine Zielkraft angefahren, die zugleich die maximale Belastung der Papierprobe darstellt. Diese wurde zwischen 60 N und 100 N in 10 N-Abständen variiert und ebenso mit einer Geschwindigkeit von 10 mm/min erreicht. Danach wird die Papierprobe wieder entlastet. Diese Stufe ist, wie schon vorher erwähnt, aber nicht relevant für die Ermittlung der elastischen Dehnung, sondern zeigt den plastischen Anteil der Veränderung des Probestreifens.

Weitere Prüfvoraussetzungen waren ähnlich wie bei den vorhergehenden Versuchen:

- Die Papierproben hatten eine Breite von 15 mm
- Die Einspannlänge betrug 100 mm
- Die Mikrometerschraube am Greifarm wurde auf den Wert 0,825 mm eingestellt
- Die Zeit vom Einspannen der Probe bis zur Zugprüfung betrug ca. 5 Sekunden.
- Das Gewicht am Laborgreifer wurde auf die maximale Angriffskraft eingestellt
- Die Oberseite der Papierprobe war immer auf der glatten Greifer-Gegenseite (siehe *Abbildung 5.2: Konstruktion des Greifspalts*)

5.2.3.2 Ergebnisse bei der Dehnungsermittlung

Für die Papiersorte SAPPI / A / G / 135 wurden acht Proben für jeden Dehnungsversuch herangezogen, um für die fünf maximalen Zugkräfte von 60, 70, 80, 90 und 100 N eine mittlere Dehnungskurve zu ermitteln. Das Ergebnis ist in *Abbildung 5.10* dargestellt und dort ist sofort ersichtlich, dass die maximale Zugkraft keinen Unterschied des Kurvenverlaufes im Dehnungsbereich erkennen lässt. Die Dehnungen der einzelnen Proben verhalten sich alle gleich, unabhängig von der Größe der eingestellten maximalen Zugkraft.

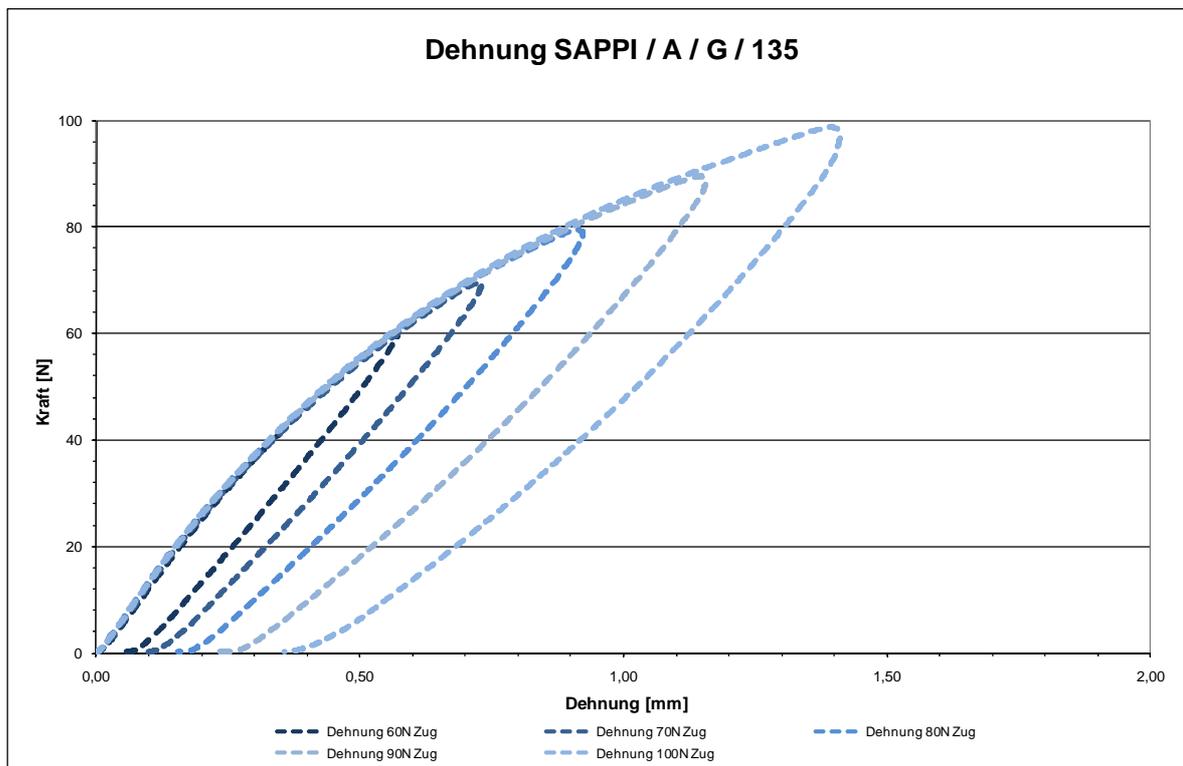


Abbildung 5.10: Ergebnis der Dehnungsversuche

Für die weiteren Versuche war es deshalb nicht notwendig, verschiedene Dehnungskurven mit unterschiedlichen Zielkräften zu ermitteln, sondern es war vollkommen ausreichend, mit einer höheren Zielkraft das Dehnungsverhalten einer Papiersorte zu ermitteln. Wichtig ist, dass eine Kraft gewählt wird, die unter der Bruchkraft liegt, aber noch über der Zugkraft liegt, die benötigt wird, um den Probestreifen aus dem Laborgreifarm zu ziehen. Sollte die Zugkraft über der Bruchkraft liegen, wird die Messung vom Gerät abgebrochen und liefert keine Ergebnisse. Es gab allerdings einen Nachteil von Seiten des Messgeräts bei der Dehnungsmessung. Sollte die Papierprobe wegen zu starker Belastung abreißen,

können die Ergebnisse nicht verwendet werden. Diese wurden von der Gerätesoftware scheinbar gelöscht.

Die Versuche mit den anderen Papiersorten führten zu gleichen Ergebnissen und sind deshalb nicht extra dargestellt. Auffällig war, dass mit der Zielkraft von 70 N bei allen Papieren Ergebnisse mit sehr geringer Streuung der Kurvenverläufe ermittelt werden konnten. Deshalb wurde in den folgenden Dehnungsversuchen immer diese Kraft als Zielkraft gewählt, weil mit dieser Kraft auch die Bruchkraft von keinem der Versuchspapiere überschritten wurde.

5.3 Vorversuche zur Gripper-Slip-Messung

Ziel der Vorversuche war die Untersuchung von verschiedenen Veruchsbedingungen, um zu ermitteln, welche Unterschiede bei der Prüfungsdurchführung einen gravierenden Einfluss auf das Messergebnis selbst haben. Dabei wurden Versuchsbedingungen so stark wie möglich verändert, um einen deutlichen Unterschied im Ergebnis sichtbar machen zu können.

Weil die Dehnungsmessungen und die Gripper-Slip-Messungen unter sehr ähnlichen Bedingungen durchgeführt wurden, sind die variablen Parameter in *Tabelle 5-3: allgemeine Versuchsbedingungen* zusammengefasst. Bei allen Vorversuchen wurde die Papierprobenbreite mit 15 mm Breite konstant gehalten, die Oberseite der Papierprobe war auf der glatten Greifer-Gegenseite und die Zeit vom Einspannen der Probe bis zur Prüfung selbst lag bei ca. $5 \pm 0,5$ Sekunden. Es wurden von jeder Einstellung mindestens fünf Einzelversuche durchgeführt.

Tabelle 5-3: allgemeine Versuchsbedingungen

	Angriffs- kraft F_A [N]	Einstellung Mikrometer- schraube [mm]	Auszugs- winkel α_A [°]	Prüf- geschwindigkeit v_v [mm/min]	Einspann- länge EL [mm]	Abbruchs- kriterium	
						max. Zugkraft [N]	max. Dehnung [mm]
Dehnungs- prüfung	180	0,825	0	10	100	70	2
Gripper- Slip- Prüfung	100	0,825	0	10	100	100	2

In *Tabelle 5-1* sind die Angriffskraft F_A , die Einstellung der Mikrometerschraube und der Auszugswinkel α_A jene Größen, die am Laborgreifarm selbst (siehe *Abbildung 5.1: Greifarm für Labormessung*) eingestellt werden können. Die übrigen Einstellungen können in der Gerätesoftware über die Einstellung der Stufen (siehe *Abbildung 5.9: a) Prüfvorschrift Stufe 1, b) Prüfvorschrift Stufe 2*) verändert werden

5.3.1 Einfluss der Angriffskraft F_A

Da weder bei den Druckmaschinenherstellern noch in der Literatur genaue Angaben über die Druckkraft der Greiferaufschlagsleiste bzw. des einzelnen Greifers auf das Papier verfügbar waren und eine Druckmessung an der realen Maschine den Rahmen dieser Arbeit überschritten hätte, war es unbedingt notwendig herauszufinden, welchen Einfluss die Veränderung der Angriffskraft F_A auf die Versuche selbst hat.

Weiter ist zu beachten, dass durch die vielfältigen Möglichkeiten Papier herzustellen und es zu veredeln sich nicht nur unterschiedliche Resultate in zweidimensionaler Richtung, sondern auch in der dritten Dimension, der z-Richtung, ergeben. Dies könnte theoretisch zu unterschiedlich formschlüssigen Eindrücken der kreuzgeschliffenen Greifer-Druckplatte (siehe *Abbildung 5.2: Konstruktion des Greifspalts*) führen, welche in der Folge unterschiedliche Zugkräfte hervorrufen würden.

Die vier Versuchspapiere unterscheiden sich sowohl in den Rohpapierzusammensetzungen als auch in ihrer Oberflächenveredelung (siehe dazu auch *Tabelle 5-1: Papiereigenschaften* auf Seite 36). Um bei der Testmethode eine gute Reproduzierbarkeit zu erlangen und um herauszufinden, wie die besonderen Eigenschaften der einzelnen Versuchspapiere sich in der z-Richtung verhalten, wurden für alle vier Papiersorten mindestens drei verschiedene Druckkräfte am Laborgreifer eingestellt.

5.3.1.1 Allgemeine Versuchsbedingungen betreffend Angriffskrafteinfluss

Für die Versuche zur Ermittlung des Einflusses der Angriffskraft wurde zuerst die Dehnung des Papiers wie im vorhergehenden Versuch (siehe 5.2.3) ermittelt und in der gleichen Versuchsreihe für die Gripper-Slip-Versuche die Angriffskraft F_A des Laborgreifarmes verändert.

Die allgemeinen Versuchsbedingungen wurden zur Ermittlung des Einflusses der Angriffskraft verändert und sind in *Tabelle 5-4* dargestellt. Der Ausdruck „variabel“ steht dort bei jener Größe, die verändert wurde.

Tabelle 5-4: Versuchsbedingungen zur Ermittlung des Angriffskrafteinflusses

	Angriffs- kraft	Einstellung	Auszugs- winkel	Prüf- geschwindigkeit	Einspann- länge	Abbruchs- kriterium	
	F_A	Mikrometer- schraube	α_A	v_v	EL	max. Zugkraft [N]	max. Dehnung [mm]
	[N]	[mm]	[°]	[mm/min]	[mm]		
Dehnungs- prüfung	180	0,825	0	10	100	70	2
Gripper- Slip- Prüfung	variabel 25-100	0,825	0	10	100	100	2

5.3.1.2 Ergebnisse betreffend Angriffskrafteinfluss

Alle vier Papiersorten wurden mit einer Angriffskraft von 50, 75 und 100 N mehrmals geprüft; bei der Sorte SAPPI / C / G / 135 wurde zusätzlich mit 90 N und bei der Sorte SAPPI / D / G / 135 zusätzlich mit 25 N geprüft.

Für die Auswertung der Ergebnisse wurden alle vier Papiersorten untereinander verglichen, wobei einerseits deutliche Unterschiede bei den Kräften zum Herausziehen des Papierbogens erkannt wurden und andererseits auch eine unterschiedliche Steigung einer gemittelten Geraden durch die einzelnen Endergebnisse festgestellt wurde. Letzteres könnte durch die unterschiedliche Kompressibilität (unterschiedlicher Widerstand gegen Kompression bei verschiedenen Druckkräften) der einzelnen Sorten erklärt werden, was jedoch einen deutlichen Unterschied in der Offsetdruckmaschine selbst bedeuten könnte.

In *Abbildung 5.11* sind die Ergebnisse zu sehen. Auf der x-Achse wurde die Angriffskraft F_A aufgetragen und auf der y-Achse die Zugkraft, die zum Herausziehen aus dem Laborgreifer gemessen wurde. Die Geraden durch die einzelnen Punkte der verschiedenen Sorten zeigen, dass das Verhalten der Papiersorten bei Variation der Angriffskraft unterschiedlich ist. Ähnliches Verhalten ist bei den glänzenden Sorten SAPPI / A / G / 135, SAPPI / C / G / 135 und SAPPI / D / G / 135 zu erkennen, weil die Steigungen der Geraden etwa gleich sind. Die Steigung der Geraden, welche zur matten Papiersorte SAPPI / B / M / 135 gehört,

weist einen wesentlich anderen Wert auf. Das bedeutet, dass sich matte und glänzende Papiersorten bei unterschiedlicher Angriffskraft, verschieden Verhalten. Die Sorten SAPPI / C / G / 135 und SAPPI / D / G / 135 zeigen nach diesem Versuch den größten Widerstand gegen Gripper-Slip.

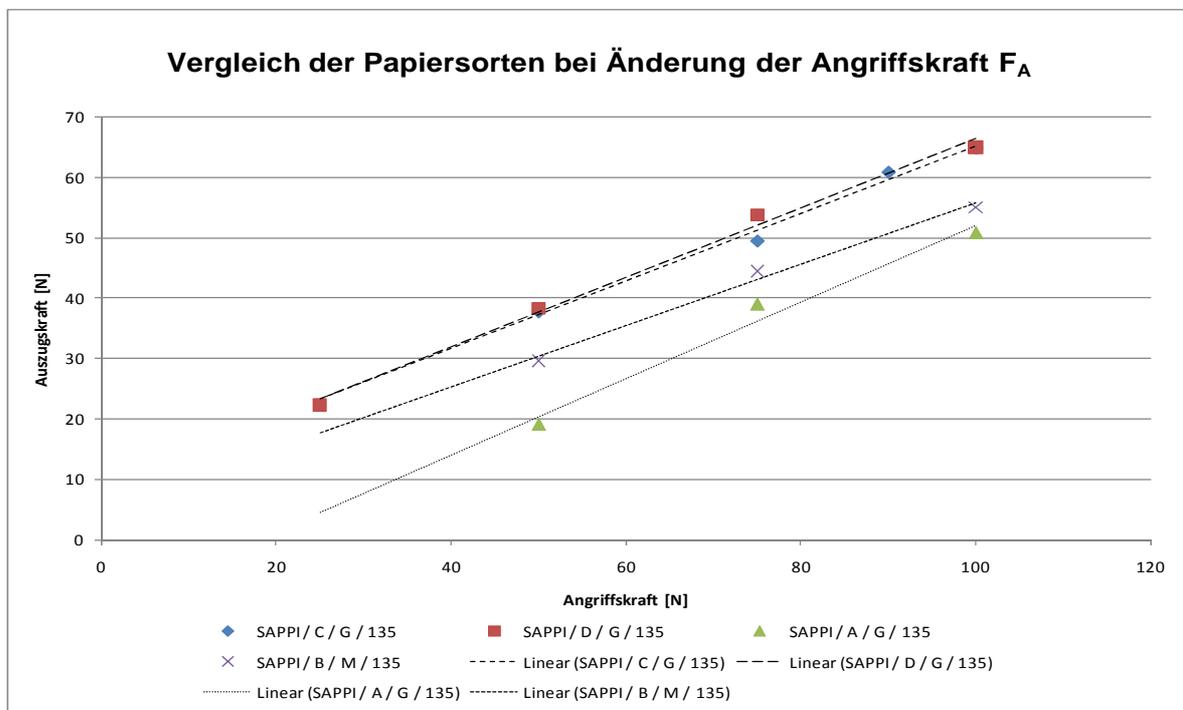


Abbildung 5.11: Vergleich der Papiersorten bei Änderung der Angriffskraft F_A

Um Gripper-Slip-Versuche im Labor der realen Druckmaschine besser anpassen zu können, wäre es notwendig eine Messung der Angriffskraft an der Druckmaschine selbst durchzuführen. Diese konnte jedoch aus Zeitgründen in dieser Arbeit nicht ermittelt werden.

Für die Entwicklung der Arbeitsvorschrift wurde deshalb die Angriffskraft in der Höhe von 100 N beibehalten (geschätzter Wert der Firma Heidelberg).

5.3.2 Geschwindigkeitseinfluss

Die bisherigen Versuche wurden alle mit einer sehr kleinen Geschwindigkeit von 10 mm/min (entspricht $1,67 \times 10^{-3}$ m/s) durchgeführt. Die aktuellen Druckmaschinen erreichen mittlerweile mehr als 15000 Bg/h (Bögen pro Stunde) (Bogenmaß: 70x100 cm), was einer Geschwindigkeit von mehr als 4 m/s entspricht. Die maximale Geschwindigkeit, die mit dem Laborzugprüfungsmessgerät erreicht werden kann, liegt bei 800 mm/min (entspricht 0,013 m/s).

Damit ergibt sich in der Geschwindigkeit ein Unterschied zwischen dem realen Bogenoffset-Druckprozess und der maximalen Geschwindigkeit der Labormethode, der bei einem Faktor von 300:1 liegt. Ein direkter Vergleich wird aufgrund der sehr großen Geschwindigkeitsunterschiede nicht möglich sein. Jedoch war es trotzdem sehr wichtig heraus zu finden, welchen Einfluss unterschiedliche Geschwindigkeiten auf die Labormethode haben können.

5.3.2.1 Allgemeine Versuchsbedingungen

Dieser Versuch musste in zwei Abschnitte unterteilt werden: Dabei wurde im ersten Abschnitt der Geschwindigkeitseinfluss auf die Dehnungsmessung ermittelt und im zweiten Abschnitt der Geschwindigkeitseinfluss auf die Gripper-Slip-Versuche untersucht. Das heißt, es wurden für jede Prüfgeschwindigkeit Versuche zur Dehnungsermittlung und Versuche zur Gripper-Slip-Ermittlung durchgeführt. Die Größen welche von den allgemeinen Versuchsbedingungen abweichen, sind in *Tabelle 5-5* mit „variabel“ dargestellt.

Tabelle 5-5: Versuchsbedingungen zur Ermittlung des Geschwindigkeitseinflusses

	Angriffs- kraft F_A [N]	Einstellung Mikrometer- schraube [mm]	Auszugs- winkel α_A [°]	Prüf- geschwindigkeit v_v [mm/min]	Einspann- länge EL [mm]	Abbruchs- kriterium	
						max. Zugkraft [N]	max. Dehnung [mm]
Dehnungs- prüfung	180	0,825	0	variabel 10-300	100	70	2
Gripper- Slip- Prüfung	100	0,825	0	variabel 10-300	100	100	2

5.3.2.2 Ergebnisse betreffend Geschwindigkeitseinfluss

Bei den Versuchen war deutlich erkennbar, dass dynamische Effekte die Kraft zum Herausziehen aus dem Greifspalt deutlich verringern. Das heißt, je größer die Beschleunigung ist, desto kleiner wird die Kraft, die benötigt wird, um die Papierprobe aus der Vorrichtung heraus zu ziehen. Dies konnte visuell bei allen

Papieren festgestellt werden, jedoch wurde es mit steigender Geschwindigkeit undeutlich, wann genau der Umschlagspunkt zwischen der Dehnung des Papierses und des Herausziehens der Versuchsprobe stattfand. Dazu kam noch, dass bei höheren Zuggeschwindigkeiten die maximale Angriffskraft F_A , die auf dem Laborgreifer zur Verfügung stand, nicht mehr ausreichte, um bei den Dehnungsmessungen die Probe zu fixieren. Den Grafikauswertungen nach dürfte dort die Probe schon am Anfang kurz verrutscht sein – daher der kleine Knick (siehe *Abbildung 5.12: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / C / G / 135 - $v_v= 250$ mm/min*) am Anfang der Kurve.

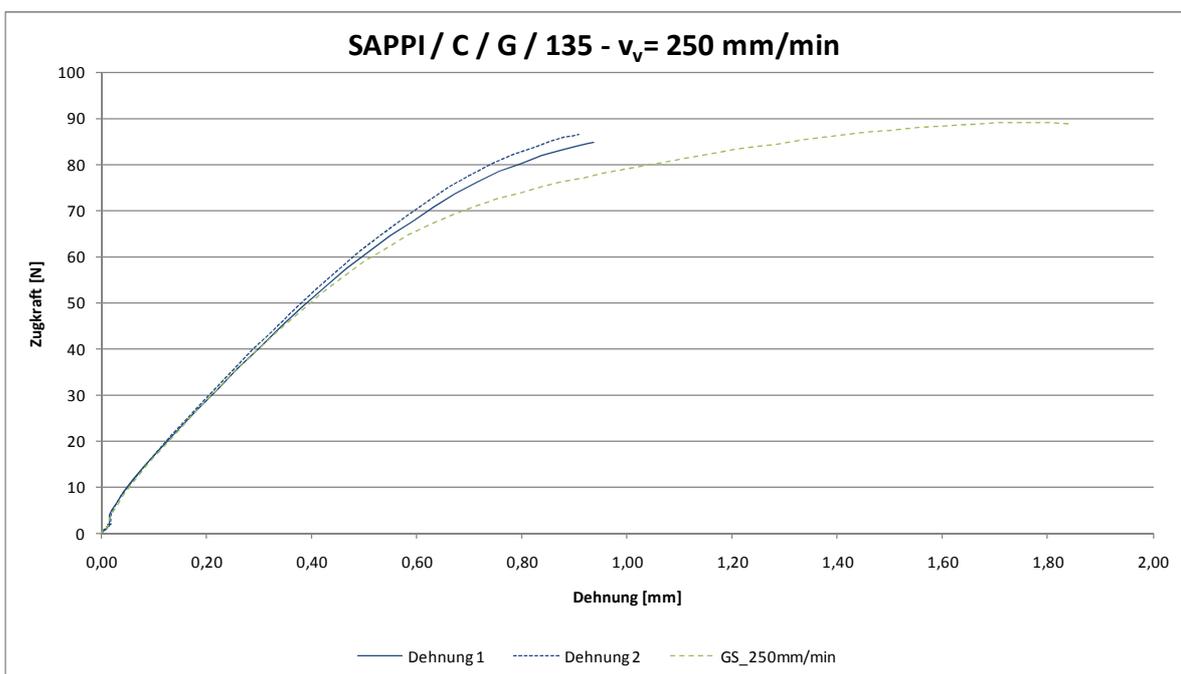


Abbildung 5.12: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / C / G / 135 - $v_v= 250$ mm/min

Um dieses Problem bei den Dehnungsmessungen zu lösen, wäre es möglich gewesen den Laborgreifer gegen eine Klemme zu tauschen, jedoch hätte man dann die Versuche nicht in einer Reihe mit den Gripper-Slip-Versuchen durchführen können. Da der Laborgreifer in alle Richtungen verschiebbar war, wären dann nicht mehr die ganz gleichen Bedingungen für alle Versuche gegeben gewesen und ein statistischer Fehler mehr wäre zu erwarten gewesen. Deshalb wurden die Versuche immer ohne einen Umbau am Zugprüfgerät durchgeführt.

Eine weitere Fehlerquelle war auch, dass die Auflösung der Datensicherung zu gering war, das heißt, dass Datenpunkte immer in bestimmten Zeitabständen abgespeichert werden. Wird dann die Versuchsgeschwindigkeit erhöht, steigt

damit der Abstand zwischen den einzelnen Datenpunkten und die Ergebniskurve wird ungenau, da weniger Datenpunkte abgespeichert werden. Dies ist bei den Gripper-Slip-Versuchen sicher der Fall gewesen, da die Ergebniskurven teilweise nicht aus dem Ursprung der x-y-Achse starten, sondern erst bei einem Abstand d auf der y-Achse (siehe *Abbildung 5.14*).

Da zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Versuche noch nicht bekannt war, dass diese Auflösung auch verändert werden kann, wurden diese Versuche mit der zu geringen Auflösung durchgeführt. Dies bedeutet jedoch, dass keine eindeutige Aussage über den Einfluss der Geschwindigkeit getroffen werden kann. Es konnten die Tendenzen allerdings deutlich visuell und auch annähernd in den Ergebniskurven festgestellt werden.

In den folgenden Abbildungen sind die Ergebniskurven aller vier Papiere mit einer langsamen ($v_v = 10$ mm/min) und einer deutlich höheren Versuchsgeschwindigkeit ($v_v = 200$ mm/min) dargestellt. In jeder Abbildung sind zwei Dehnungskurven, die den Randbereich der Dehnung zeigen sollen, denn alle anderen Versuchsergebnisse lagen zwischen diesen beiden Ergebniskurven und der Mittelwertkurve aus den Gripper-Slip-Versuchen.

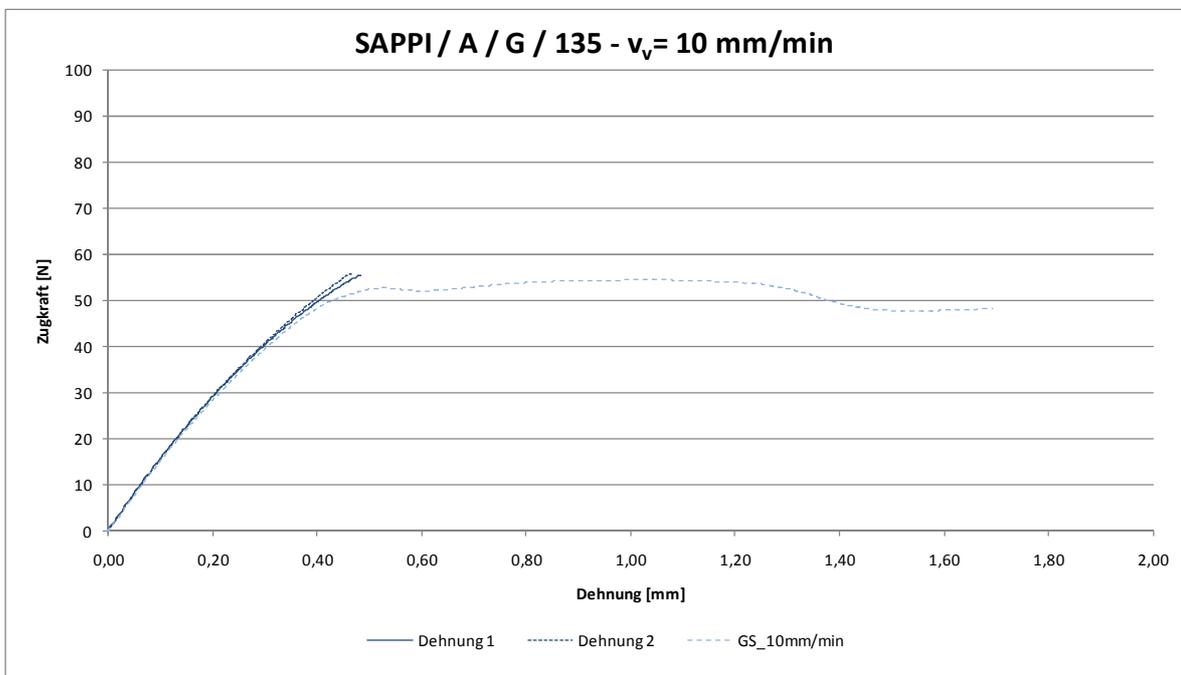


Abbildung 5.13: Geschwindigkeitseinfluss SAPPi / A / G / 135 - $v_v = 10$ mm/min

Vergleicht man *Abbildung 5.13* und *Abbildung 5.14* sieht man sofort, dass bei der höheren Prüfgeschwindigkeit die Gripper-Slip-Kurve den Bereich der beiden

Dehnungskurven wesentlich früher verlässt. Das bedeutet, dass bei der höheren Prüfgeschwindigkeit eine geringere Auszugskraft notwendig ist.

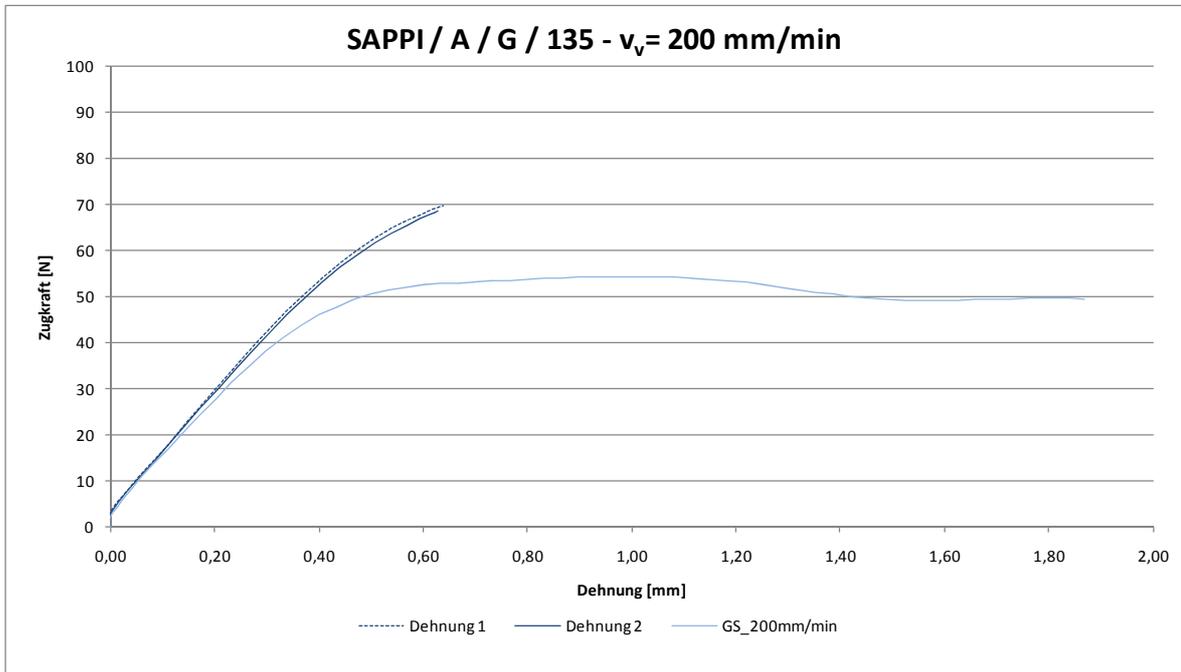


Abbildung 5.14: Geschwindigkeitseinfluss SAPP I / A / G / 135 - $v_v = 200$ mm/min

In allen Abbildungen ist zu erkennen, dass die Dehnungskurven sich einerseits mit der geprüften Papiersorte und andererseits mit der Prüfgeschwindigkeit verändern.

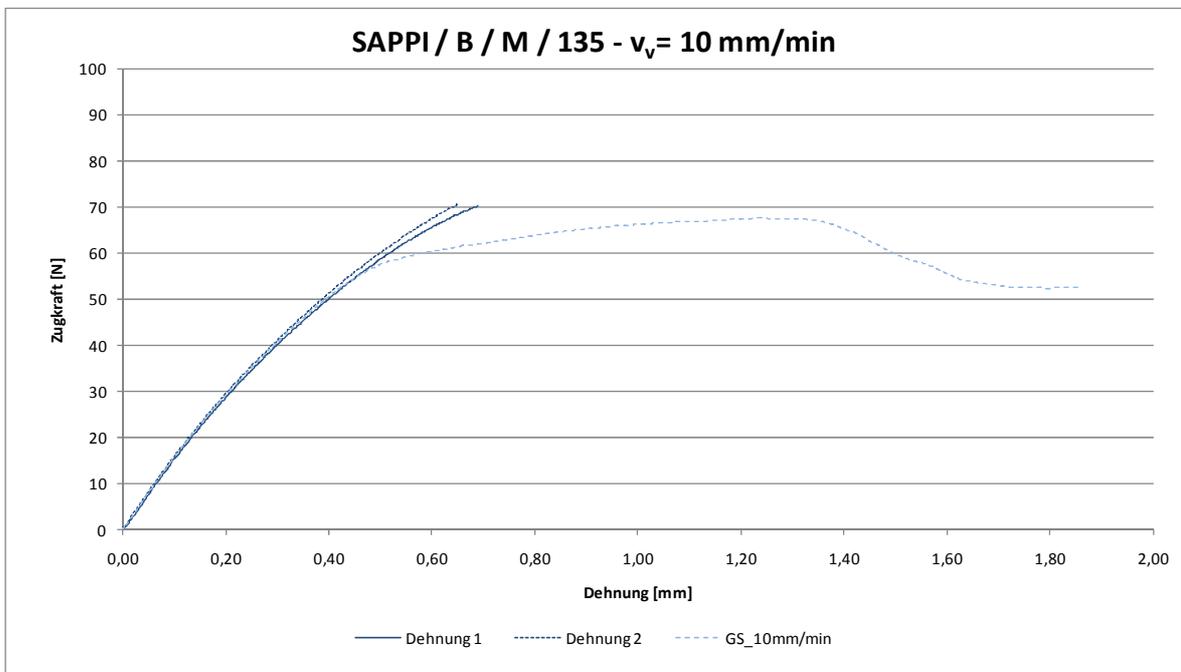


Abbildung 5.15: Geschwindigkeitseinfluss SAPP I / B / M / 135 - $v_v = 10$ mm/min

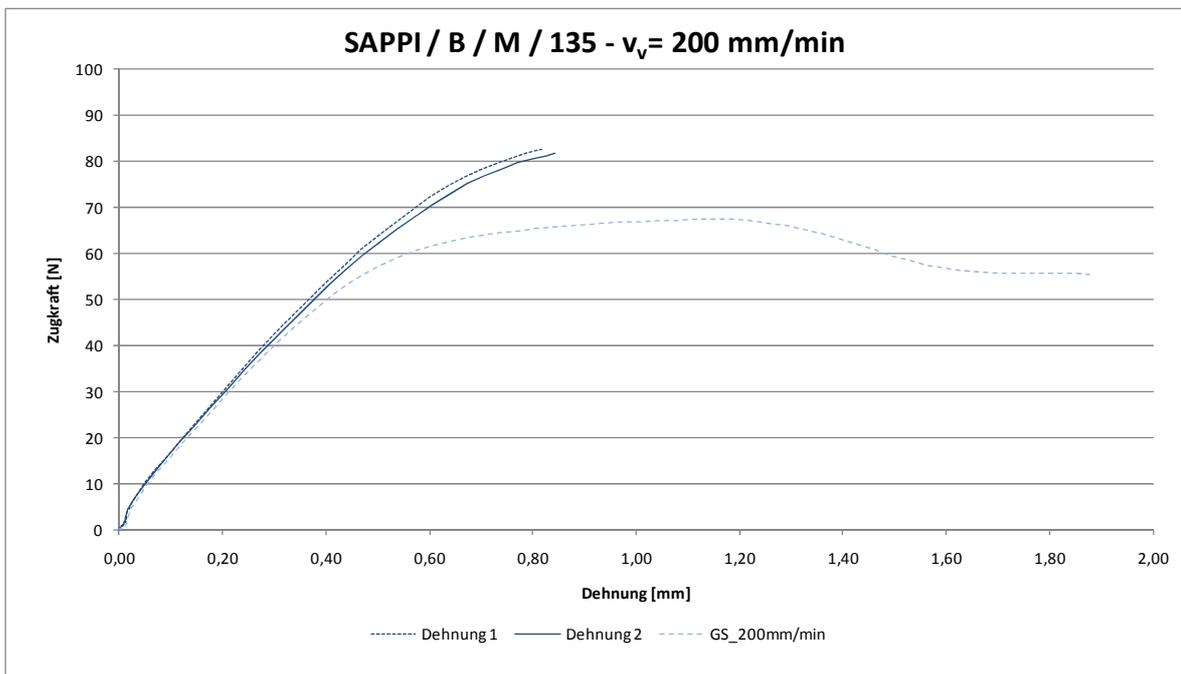


Abbildung 5.16: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / B / M / 135 - $v_v = 200$ mm/min

Vor allem bei den Abbildungen mit den hohen Prüfgeschwindigkeiten (*Abbildung 5.14, Abbildung 5.16, Abbildung 5.18 und Abbildung 5.20*) ist zu sehen, dass der genaue Zeitpunkt wo die Gripper-Slip-Kurve den Bereich der Dehnungskurven verlässt nur mehr schwer zu definieren ist.

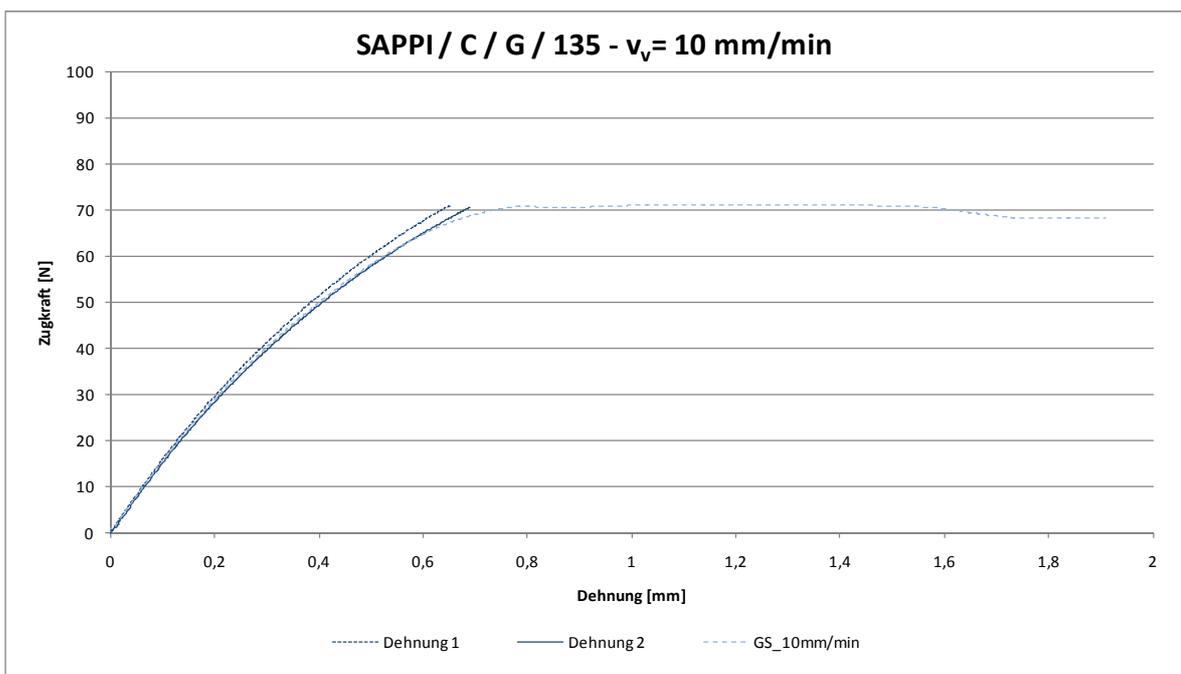


Abbildung 5.17: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / C / G / 135 - $v_v = 10$ mm/min

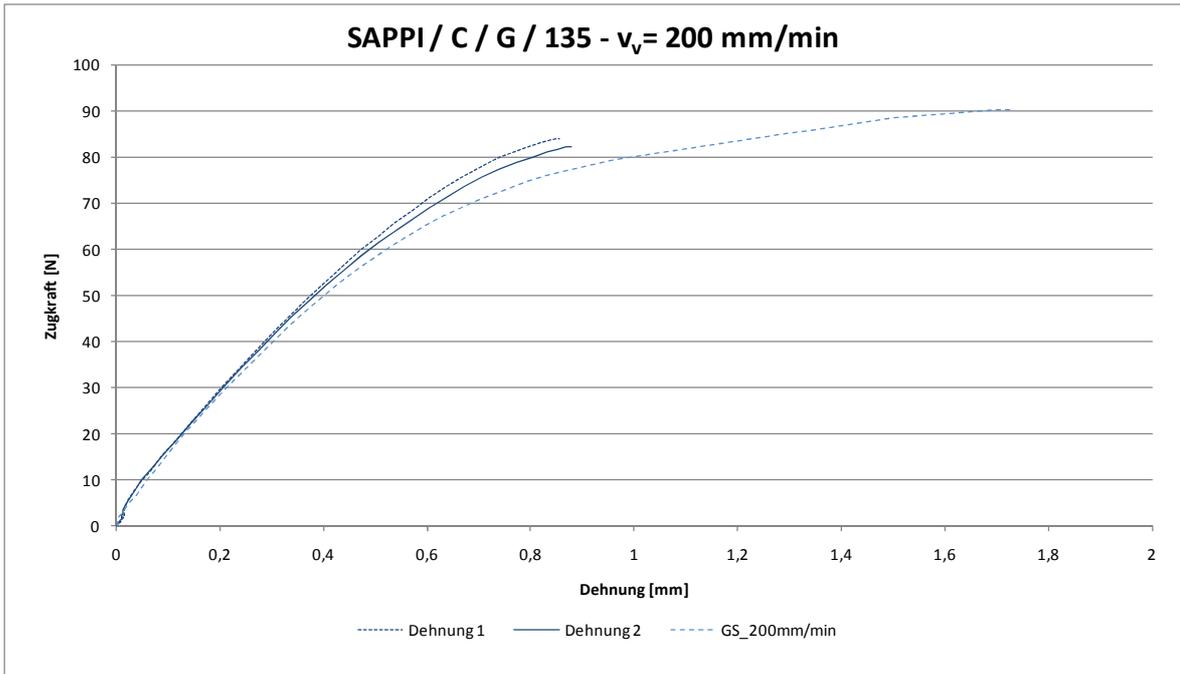


Abbildung 5.18: Geschwindigkeitseinfluss SAPPi / C / G / 135 - $v_v = 200$ mm/min

Der kleine Knick am Beginn der Dehnungskurven in *Abbildung 5.16*, in *Abbildung 5.18* und in *Abbildung 5.20* deutet darauf hin, dass es bei der Dehnungsmessung auf Grund der höheren Prüfgeschwindigkeit zu einem Herausziehen der Papierproben aus dem Greifer gekommen ist.

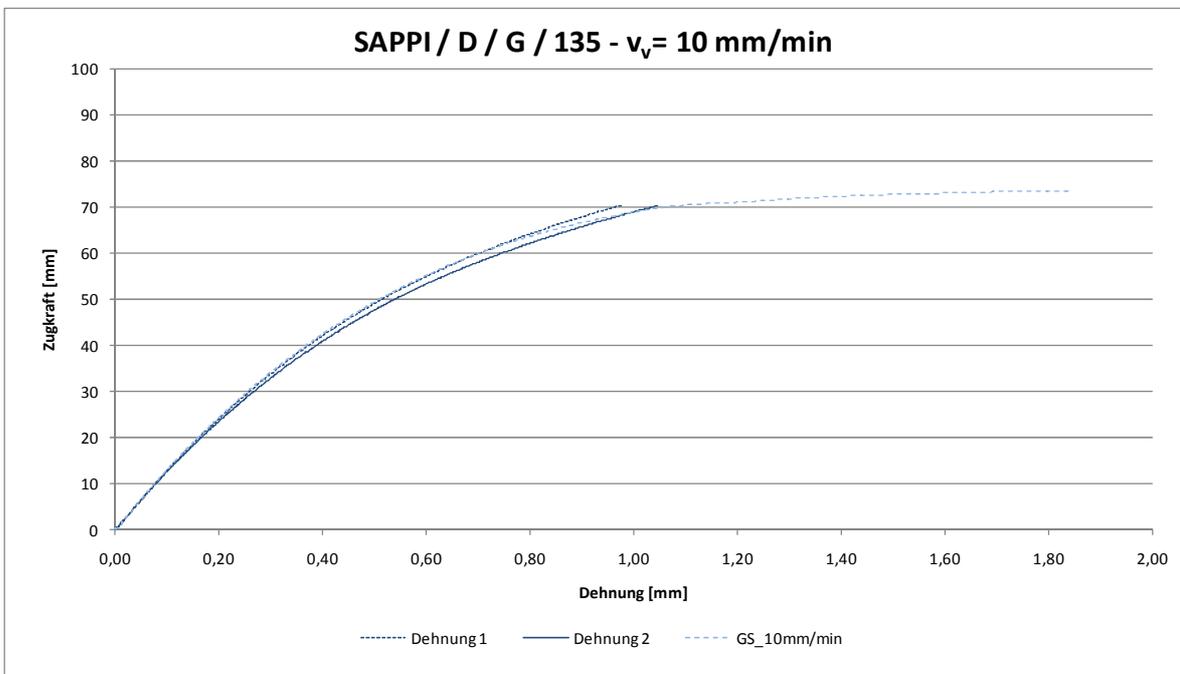


Abbildung 5.19: Geschwindigkeitseinfluss SAPPi / D / G / 135 - $v_v = 10$ mm/min

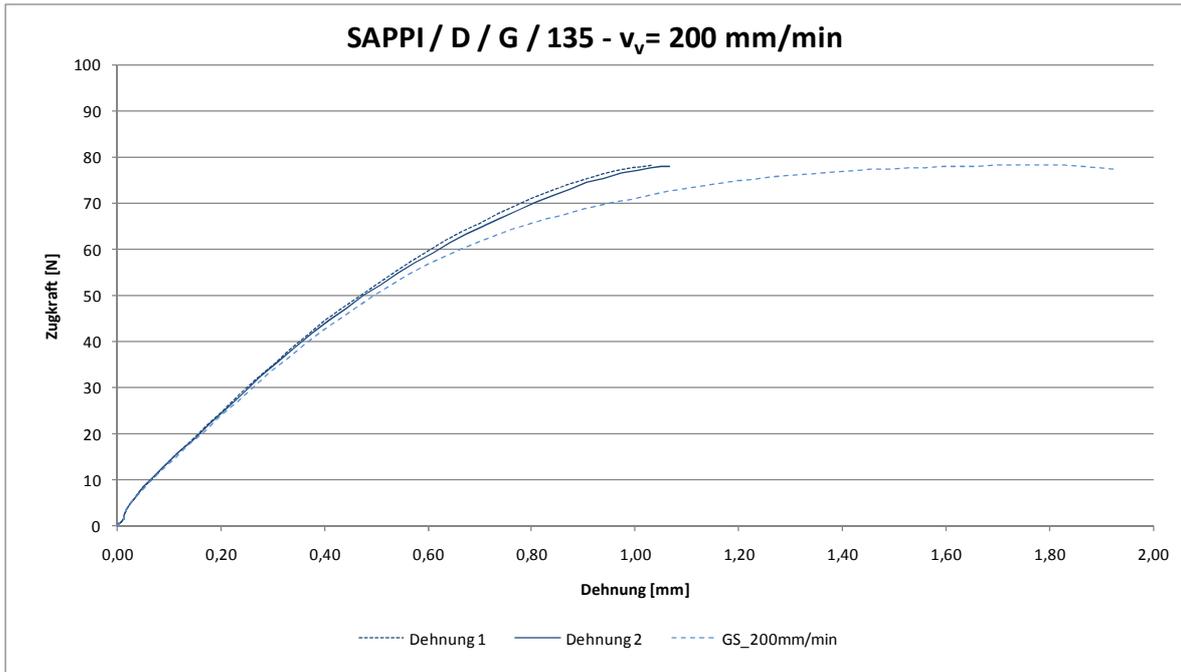


Abbildung 5.20: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / D / G / 135 - $v_v= 200$ mm/min

Da bei den Prüfungen mit steigender Geschwindigkeit die Dehnungsmessungen problematisch wurden und eine Definition vom Zeitpunkt des Herausziehens kaum möglich war, wäre für die Arbeitsvorschrift eine geringe Prüfgeschwindigkeit erforderlich. Es konnte jedoch trotz der höheren Prüfgeschwindigkeit kein schlagartiger Zugkraftaufbau (wie es in der Druckmaschine der Fall ist) simuliert werden, was in einem späteren Versuch erreicht wurde (siehe *Kapitel 5.4.1*).

5.3.3 Vergleich Einspannung in Maschinen- oder in Querrichtung

Da Papiere sowohl in Schmalbahn (SB) als auch in Breitbahn (BB) bedruckt werden und Gripper-Slip in der Praxis bei beiden Varianten aufgetreten ist, wurde auch auf dem Labortestgerät versucht, die Unterschiede beider Varianten aufzuzeigen.

Papier wird meistens nach seiner Produktion zum Schluss auf einer großen Rolle (Tambour) aufgewickelt, bevor diese in der Weiterverarbeitung in mehrere kleine Rollen geschnitten werden. Bei Schmalbahnpapierbögen handelt es sich um Bögen, die aus einer schmalen Rolle geschnitten werden – die Laufrichtung der Papiermaschine liegt demnach parallel zur langen Kante des Bogens. Genau umgekehrt verhält es sich bei Breitbahnpapierbögen – die Laufrichtung der Papiermaschine liegt in diesem Fall parallel zur kurzen Seite des Papierbogens (siehe *Abbildung 5.21: Laufrichtung*). Weil in Bogenoffsetmaschinen die Papierbögen immer mit der kurzen Seite parallel zur Laufrichtung der Druckmaschine bedruckt werden, um ein wirtschaftlich möglichst gutes Ergebnis zu erzielen und Passer auf Druckmaschinen nur in Umfangsrichtung verstellt werden können, spricht man von einem SB oder BB bedruckten Papier.

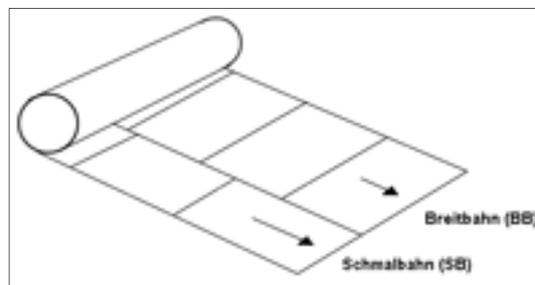


Abbildung 5.21: Laufrichtung [20]

Bei der Produktion von Papier kommt es zu einer bevorzugten Ausrichtung der Fasern in Laufrichtung (MD = machine direction) der Papiermaschine. Das führt zu anderen Materialeigenschaften in der Laufrichtung gegenüber der Querrichtung (CD = cross direction). Vor allem die Dehnung ist in CD um ein Vielfaches größer als in MD, während die maximale Zugkraftaufnahme wesentlich größer in MD als in CD ist.

5.3.3.1 Allgemeine Versuchsbedingungen zum Vergleich MD - CD

Die Versuchsbedingungen für die Dehnungsmessung und die Gripper-Slip Messung in Maschinenrichtung waren gleich wie sie am Anfang des *Kapitels 5.3* beschrieben wurden und sind in *Tabelle 5-6* dargestellt.

Tabelle 5-6: Versuchsbedingungen für die Prüfung in MD

	Angriffskraft	Einstellung	Auszugs- winkel	Prüf- geschwindigkeit	Einspann- länge	Abbruchs- kriterium	
	F_A	Mikrometer- schraube	α_A	v_v	EL	max. Zugkraft [N]	max. Dehnung [mm]
	[N]	[mm]	[°]	[mm/min]	[mm]		
Dehnungs- prüfung MD	180	0,825	0	10	100	70	2
Gripper- Slip- Prüfung MD	100	0,825	0	10	100	100	2

Für die Prüfung in Querrichtung mussten einige Parameter verändert werden, um Ergebnisse messen zu können. Diese sind in **fett** dargestellt.

Tabelle 5-7: Versuchsbedingungen für die Prüfung in CD

	Angriffskraft	Einstellung	Auszugs- winkel	Prüf- geschwindigkeit	Einspann- länge	Abbruchs- kriterium	
	F_A	Mikrometer- schraube	α_A	v_v	EL	max. Zugkraft [N]	max. Dehnung [mm]
	[N]	[mm]	[°]	[mm/min]	[mm]		
Dehnungs- prüfung CD	180	0,825	0	10	100	25-30	2
Gripper- Slip- Prüfung CD	100	0,825	0	10	100	100	3

Bei der Prüfung in Querrichtung musste bei der Ermittlung der Dehnung die Zielkraft auf 30 bzw. sogar 25 N herab gesetzt werden, um einen Abriss der Papierprobe zu vermeiden. Dabei wurden drei der vier Papiersorten bei der Dehnungsprüfung mit einer Zielkraft von 30 N geprüft, nur die Dehnungsprüfung der Sorte SAPPI / B / M / 135 wurde auf 25 N reduziert.

Die Gripper-Slip-Prüfung in Querrichtung erfolgte mit genau den gleichen Kriterien wie die Prüfung in Maschinenrichtung, nur die Abbruchbedingung bei Erreichen der zwei Millimeter Dehnung wurde auf drei Millimeter Dehnung hinauf gesetzt. Das geschah deshalb, weil bei der Prüfung mit der Abbruchbedingung von zwei Millimetern die Papierprobe nicht aus dem Laborgreifer heraus gezogen werden konnte. Bei der Erhöhung auf drei Millimeter begannen die Proben, bevor die Abschaltgrenze erreicht wurde, teilweise abzureißen.

5.3.3.2 Ergebnisse zum Vergleich MD – CD

Es wurden alle vier Papiersorten (siehe 5.2.1) sowohl in MD als auch in CD auf ihre Dehnung und das Gripper-Slip-Verhalten in je einer Versuchsreihe untersucht. Die Ergebniskurven (*Abbildung 5.22 bis Abbildung 5.25*) zeigen den deutlichen Unterschied zwischen MD und CD der einzelnen Papiermuster. Die vorher durchgeführten Dehnungsmessungen in CD ergaben bei einer Belastung von 30 N eine plastische Dehnung, die etwa dem acht- bis neunfachen der plastischen Dehnung in MD entsprach. Sollte also eine Kraft dieser Größe auf den Papierbogen wirken, würde sich das Papier sehr stark plastisch verändern, was sich nicht positiv auf den Druck auswirken würde.

Bei den Gripper-Slip Versuchen, die ja mit einer Zugkraft von 100 N begrenzt wurden, ist ein Anteil der Papierproben entweder vorher gerissen oder Gripper-Slip ist bis zu einer Dehnung von drei Millimetern nicht aufgetreten. Da es beim Bedrucken von Papierbögen in SB-Format jedoch nicht zum Zerreißen der Papierbögen kommt, zeigt dieser Versuch, dass es kein Gripper-Slip bei SB-Bögen geben kann. Der Nachweis dafür ergibt sich sowohl aus der visuellen Betrachtung als auch durch die Ergebniskurven, die in Kombination mit den Versuchen in MD in den folgenden Abbildungen (*Abbildung 5.22 bis Abbildung 5.25*) dargestellt sind. In der Realität ist Gripper-Slip sowohl bei SB-Papierbögen als auch bei BB-Formaten aufgetreten. Es ist daraus zu schließen, dass es mit den

Versuchsbedingungen aus diesem Versuch nicht möglich ist, Gripper-Slip nachzuweisen.

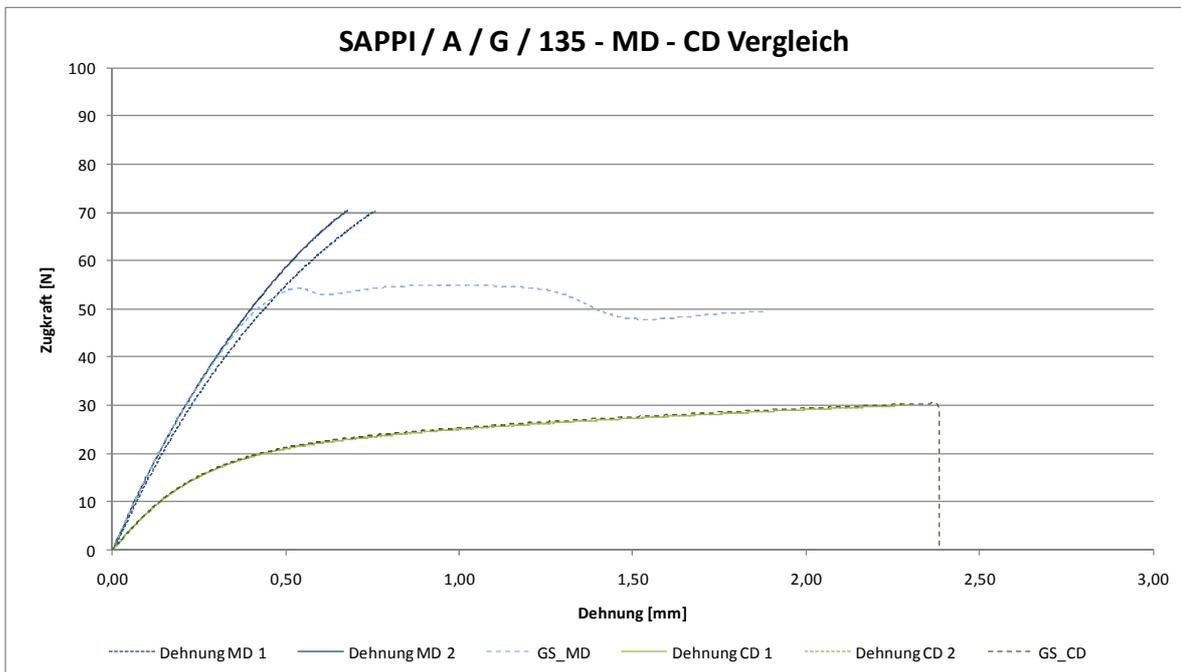


Abbildung 5.22: SAPPI / A / G / 135 - MD - CD Vergleich

In der *Abbildung 5.22* und in der *Abbildung 5.24* ist deutlich zu sehen, dass die Papierproben, die in CD geprüft wurden, schon vor Erreichen der Abschaltgrenze abgerissen sind.

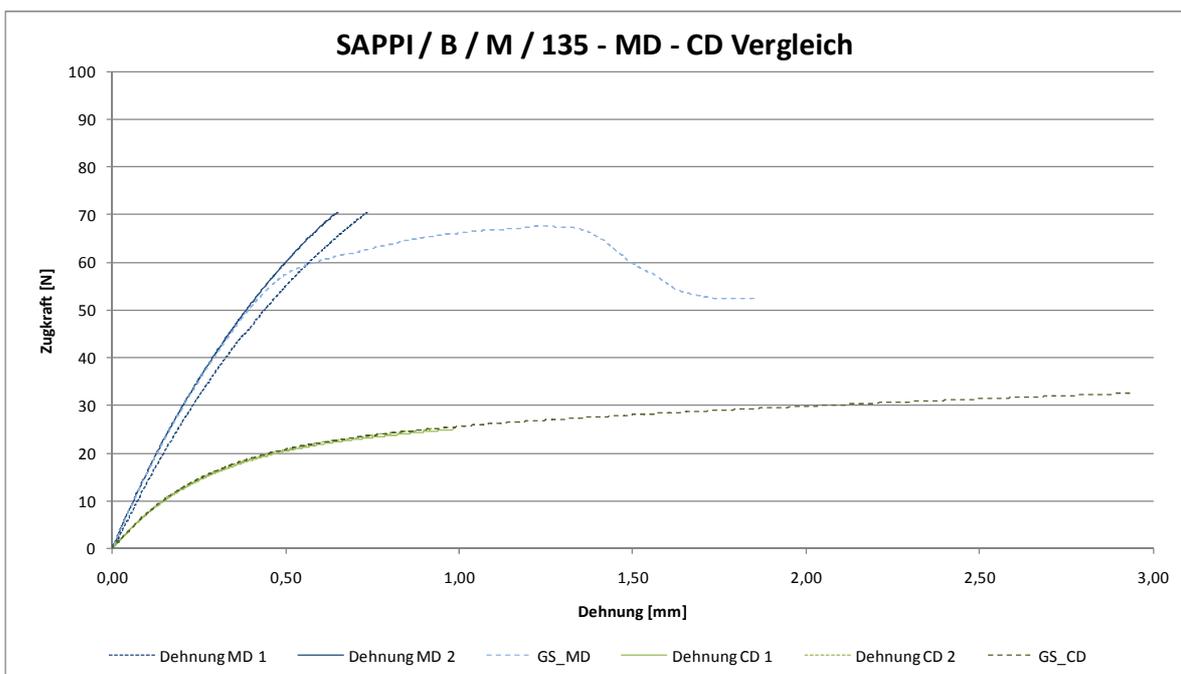


Abbildung 5.23: SAPPI / B / M / 135 - MD - CD Vergleich

Bei den Papiersorten SAPPI / B / M / 135 und SAPPI / D / G / 135 rissen die Papierproben, die in CD geprüft wurden, zwar nicht ab (siehe *Abbildung 5.23* und *Abbildung 5.25*). Der Zeitpunkt wann die Papierprobe aus dem Laborgreifer heraus gezogen wurde konnte jedoch nicht genau ermittelt werden. Visuell konnte das Herausziehen jedoch beobachtet werden.

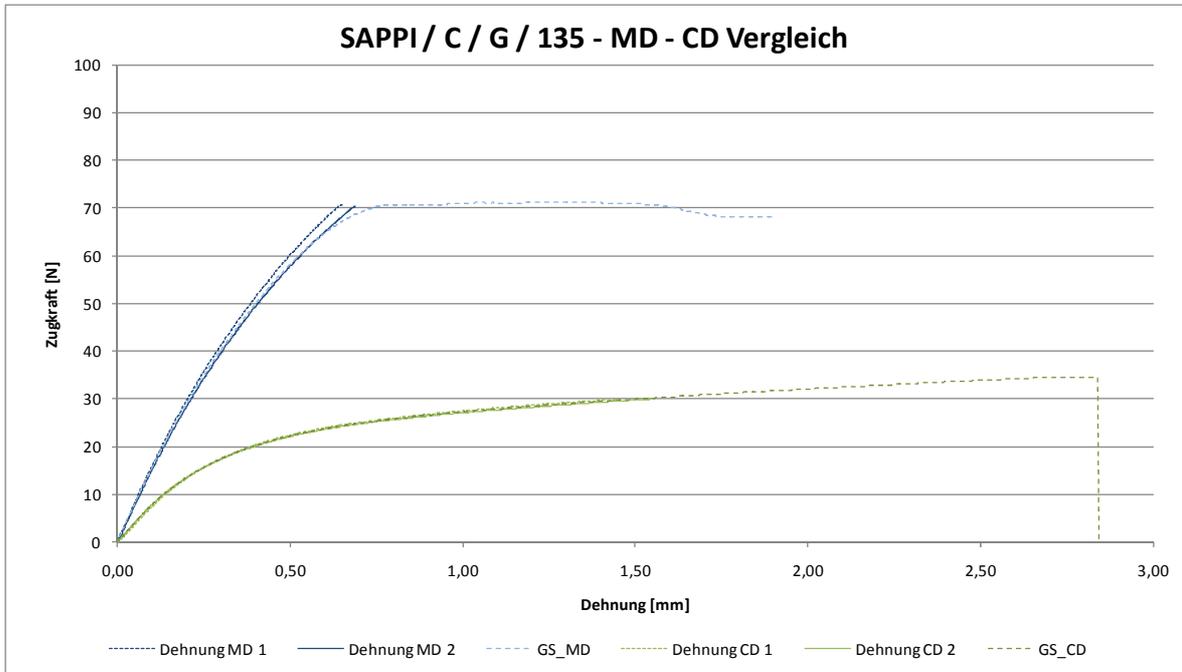


Abbildung 5.24: SAPPI / C / G / 135 - MD - CD Vergleich

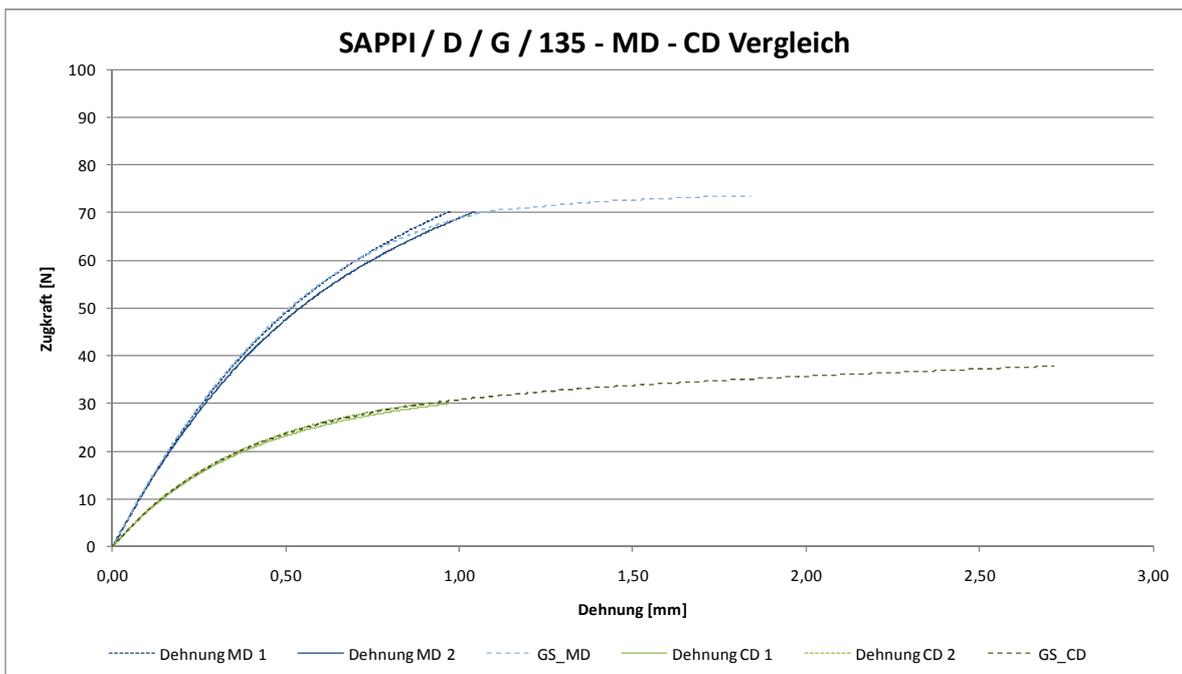


Abbildung 5.25: SAPPI / D / G / 135 - MD - CD Vergleich

Zur Weiterentwicklung der Arbeitsvorschrift konnte der Vergleich zwischen den Ergebnissen in MD und jenen in CD wenig beitragen. Jedoch musste die Methode weiter verändert werden, da Gripper-Slip in beiden Formaten (SB und BB) auftrat. Um alle Möglichkeiten der Prüfung zu variieren wurde deshalb die Einspannlänge in beiden Richtungen überprüft.

5.3.4 Einspannlänge in MD und CD

Da Papier kein vollkommen homogener Stoff ist und es immer wieder kleinflächige Unterschiede in der Papierstruktur gibt (z.B. Formation), ist die Einspannlänge bei Zugversuchen ein großer Einflussfaktor. Um zu große Streuungen der Einzelproben zu vermeiden und um heraus zu finden, welche Länge die geeignetste für die Prüfungen ist, muss die passende Einspannlänge gefunden werden. Dazu kommt noch, dass Gripper-Slip-Probleme nur dann auftreten, wenn die Farbvolltonfläche sich innerhalb der ersten paar Zentimeter Entfernung, aus Sicht der Greiferleiste, befindet. Eine der Voraussetzungen zur Feststellung von Gripper-Slip war somit, dass die Einspannlänge zwischen 10 mm bis 100 mm beträgt.

5.3.4.1 Allgemeine Versuchsbedingungen zur Einspannlänge in MD und CD

Die Ermittlung der Einspannlänge in MD und CD wurde nur mit der Papiersorte SAPPI / C / G / 135 durchgeführt. Zur Verifizierung wurden später noch Versuche mit der Sorte SAPPI / D / G / 135 durchgeführt, die die Ergebnisse der Testreihe mit SAPPI / C / G / 135 bestätigten. Die Versuche mit SAPPI / D / G / 135 sind hier nicht extra dargestellt.

In der Versuchsreihe zur Ermittlung der Einspannlänge in MD wurde die Einspannlänge von 10 mm bis 100 mm variiert. Alle anderen Bedingungen und Voraussetzungen waren die gleichen wie bei den allgemeinen Versuchsbedingungen und sind in *Tabelle 5-8* dargestellt.

Tabelle 5-8: Versuchsbedingungen zur Ermittlung der Einspannlänge in MD

	Angriffskraft	Einstellung	Auszugs- winkel	Prüf- geschwindigkeit	Einspann- länge	Abbruchs- kriterium	
	F_A	Mikrometer- schraube	α_A	v_v	EL	max. Zugkraft [N]	max. Dehnung [mm]
	[N]	[mm]	[°]	[mm/min]	[mm]		
Dehnungs- prüfung MD	180	0,825	0	10	variabel 10-100	70	2
Gripper- Slip- Prüfung MD	100	0,825	0	10	variabel 10-100	100	2

Zur Bestimmung des Einflusses der Einspannlänge in CD musste gegenüber den Versuchen in MD auch die Zielkraft bei den Dehnungsermittlungsversuchen reduziert und zwischen 25 N und 35 N variiert werden. Die Versuchsbedingungen sind in *Tabelle 5-9* dargestellt.

Tabelle 5-9: Versuchsbedingungen zur Ermittlung der Einspannlänge in CD

	Angriffskraft	Einstellung	Auszugs- winkel	Prüf- geschwindigkeit	Einspann- länge	Abbruchs- kriterium	
	F_A	Mikrometer- schraube	α_A	v_v	EL	max. Zugkraft [N]	max. Dehnung [mm]
	[N]	[mm]	[°]	[mm/min]	[mm]		
Dehnungs- prüfung MD	180	0,825	0	10	variabel 10-100	25-35	2
Gripper- Slip- Prüfung MD	100	0,825	0	10	variabel 10-100	100	2

5.3.4.2 Ergebnisse der Untersuchung der Einspannlänge in MD und CD

Die Versuche mit unterschiedlichen Einspannlängen zeigten die erwarteten Tendenzen aufgrund der Inhomogenität des Papiers. Die Streuung der Ergebniskurven stieg bei einer Einspannlänge von 10 mm wesentlich gegenüber einer Einspannlänge von 100 mm an.

In der *Abbildung 5.26* und *Abbildung 5.27* sind die Ergebniskurven der Versuche in MD dargestellt. Hier wurden sowohl von den Dehnungskurven als auch von den Gripper-Slip-Kurven nur die beiden äußersten Kurven in den Grafiken dargestellt, um einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Einspannlängen zu sehen. Die Streuung der Dehnungskurven hielt sich bei kurzer Einspannlänge noch sehr gering, der Unterschied bei den Gripper-Slip-Proben war dagegen relativ groß. Es wurde auch festgestellt, dass die Steigung der Dehnungskurve bei kurzer Einspannlänge wesentlich steiler als bei längerer Einspannlänge verläuft.

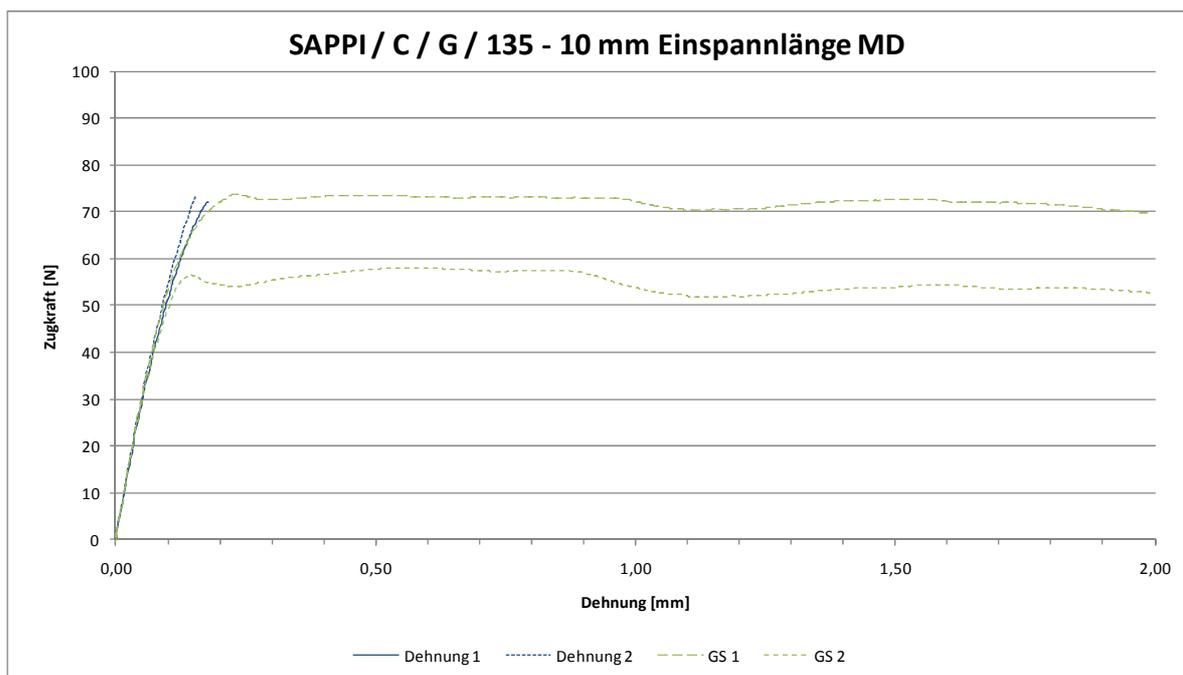


Abbildung 5.26: SAPPI / C / G / 135 - 10 mm Einspannlänge MD

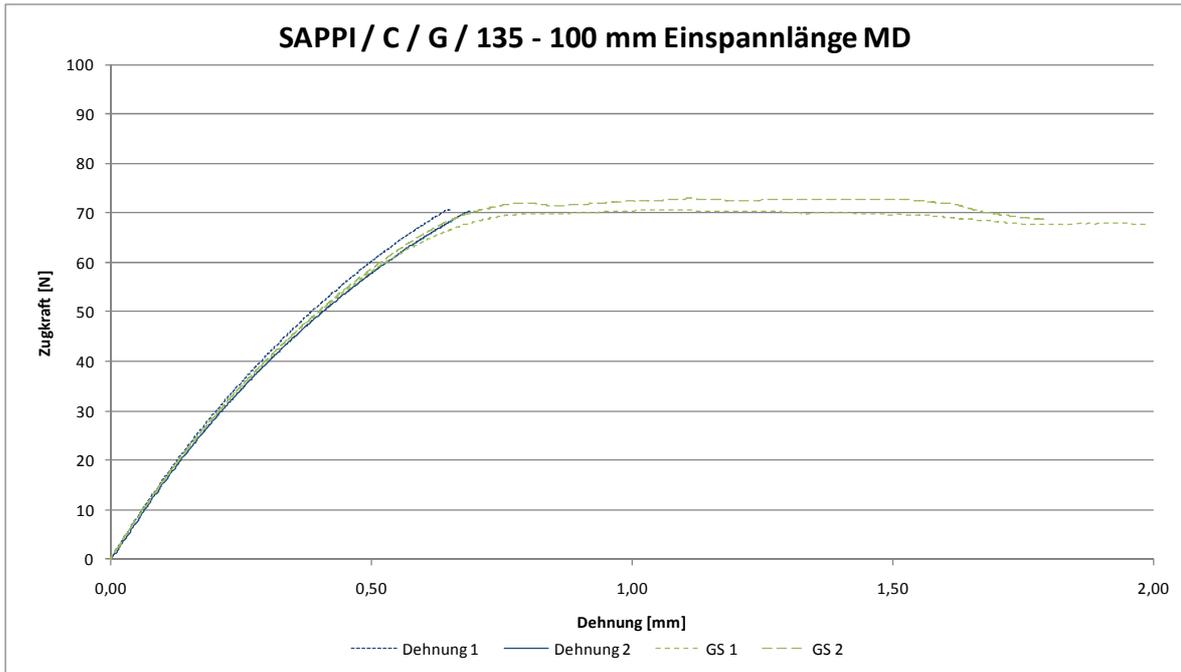


Abbildung 5.27: SAPPI / C / G / 135 - 100 mm Einspannlänge MD

Die Ergebnisse in CD der Papierproben haben (*Abbildung 5.28* und *Abbildung 5.29*), ebenso wie die Papierproben in MD, eine wesentlich breitere Streuung der Ergebniskurven bei der kürzeren Einspannlänge. Auch hier wurden die äußersten Ergebniskurven zur Darstellung verwendet. Wie schon in 5.3.3.2 *Ergebnisse zum Vergleich MD – CD* beschrieben wurde, konnte auch bei diesen Versuchen Gripper-Slip nicht festgestellt werden – es gab keinen Knick in der Kurve bis zum Ende des Versuchs, oder bis zum Abriss der Papierprobe.

In *Abbildung 5.28: SAPPI / C / G / 135 - 10 mm Einspannlänge CD* enden, wie schon vorher beschrieben, die Dehnungskurven bei 35 N Zugkraft. Mehr Zug konnte jedoch nicht aufgebracht werden, da bei etwa 37 N die ersten Proben mit großer Streuung zu zerreißen begannen (siehe GS-Kurven in *Abbildung 5.28* grün dargestellt) und der Dehnungsversuch bei einem Abriss nicht durchgeführt werden konnte (siehe dazu auch *Kapitel 5.2.3*). Der Verlauf der unteren Gripper-Slip Kurve ist deutlich niedriger als der Verlauf der unteren Dehnungskurve, jedoch ist die Form der Kurve annähernd gleich. Auch das ist ein Zeichen, dass die Streuung der Dehnung bei so kurzer Einspannlänge wesentlich höher ist als diese mit fünf Versuchen aus den Dehnungsproben nachgewiesen werden konnte.

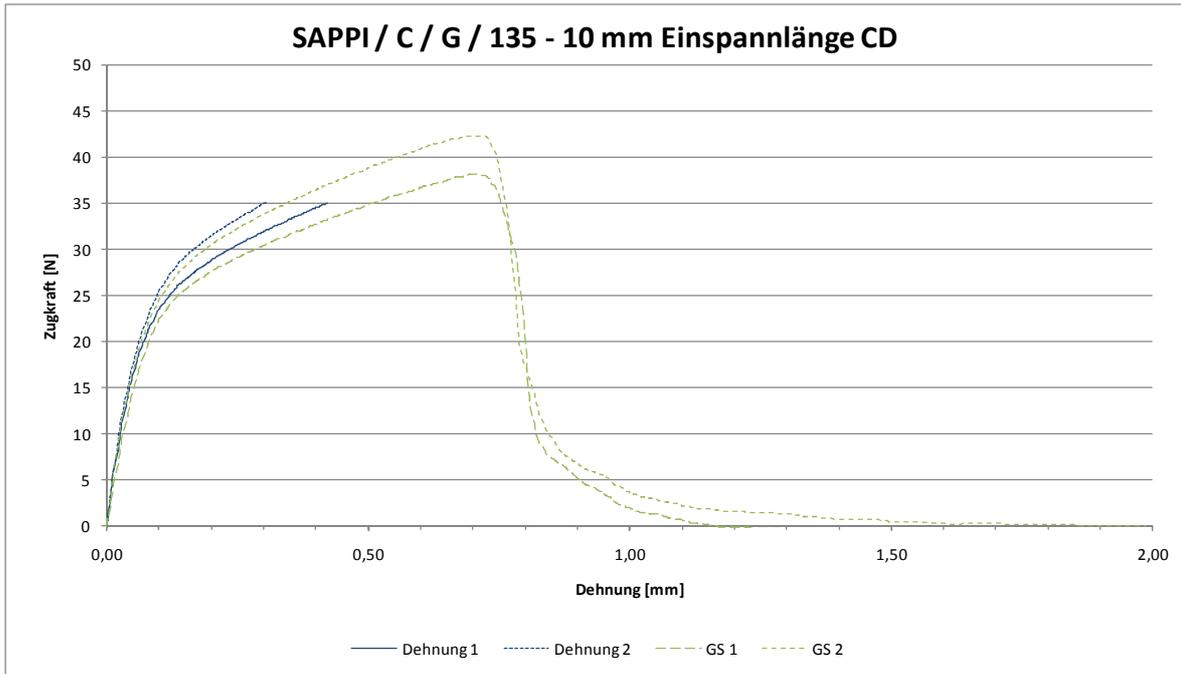


Abbildung 5.28: SAPPI / C / G / 135 - 10 mm Einspannlänge CD

Bei 100 mm Einspannlänge (siehe *Abbildung 5.29*) hätte die Zielkraft für die Dehnungsmessung höher angelegt werden können, aufgrund der visuellen Betrachtung und der knickfreien Verläufe der Gripper-Slip-Versuche konnte jedoch kein Gleiten der Proben festgestellt werden und eine Wiederholung des Versuchs erschien weniger sinnvoll, da dieser Versuchs der gleiche wie in 5.3.3 war.

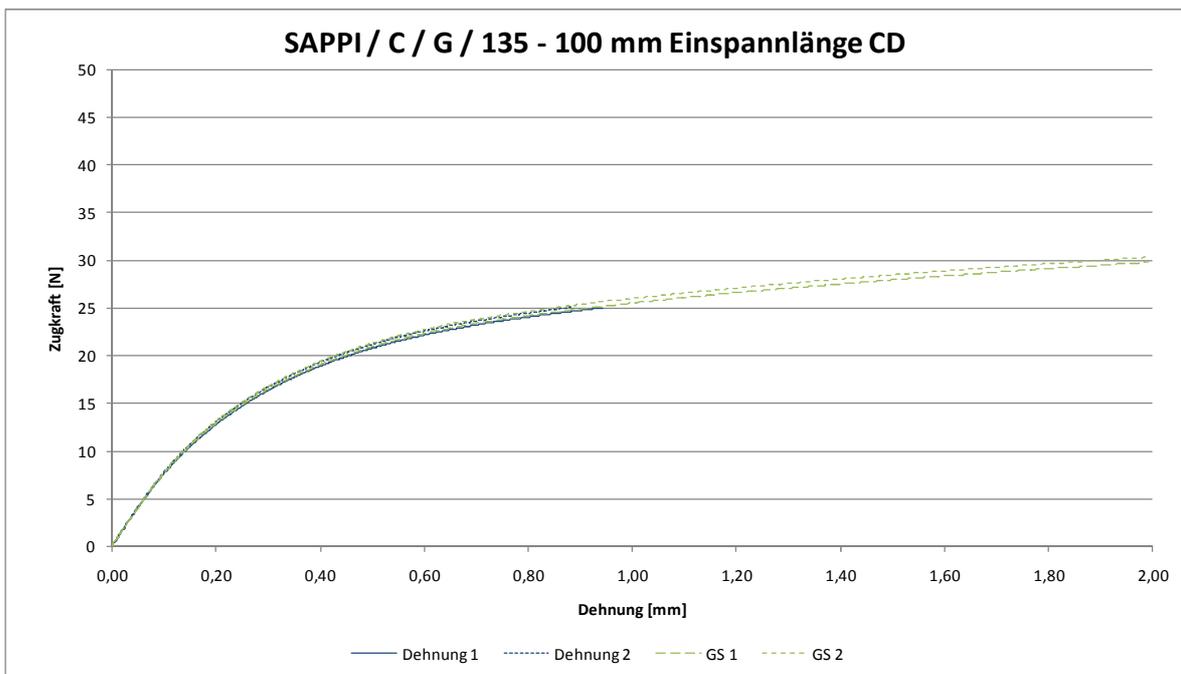


Abbildung 5.29: SAPPI / C / G / 135 - 100 mm Einspannlänge CD

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Einspannlängen konnten bei der Entwicklung der Arbeitsvorschrift nur wenig weiter helfen. Eindeutig war, dass bei einer Einspannlänge unter 100 mm die Ergebnisse einer starken Streuung unterlagen.

5.3.5 Änderung des Druckflächenwinkels

Jede Offsetdruckmaschine hat einen bestimmten Bereich von Formaten, die bedruckt werden können [21]. Die Presswalzen, deren Nebenaggregate und auch die Greiferleiste sind auf bestimmte Längen, Breiten und Dicken des Bedruckstoffes ausgelegt. Die Dicke kann zum Beispiel zwischen 0,03 bis zu 1,0 mm variieren – die Greiferleiste wird jedoch nur einmal auf eine bestimmte Dicke in Bezug auf Druck und Parallelität eingestellt (siehe *Abbildung 5.30: Greifer auf Gegendruckzylinder geöffnet*).

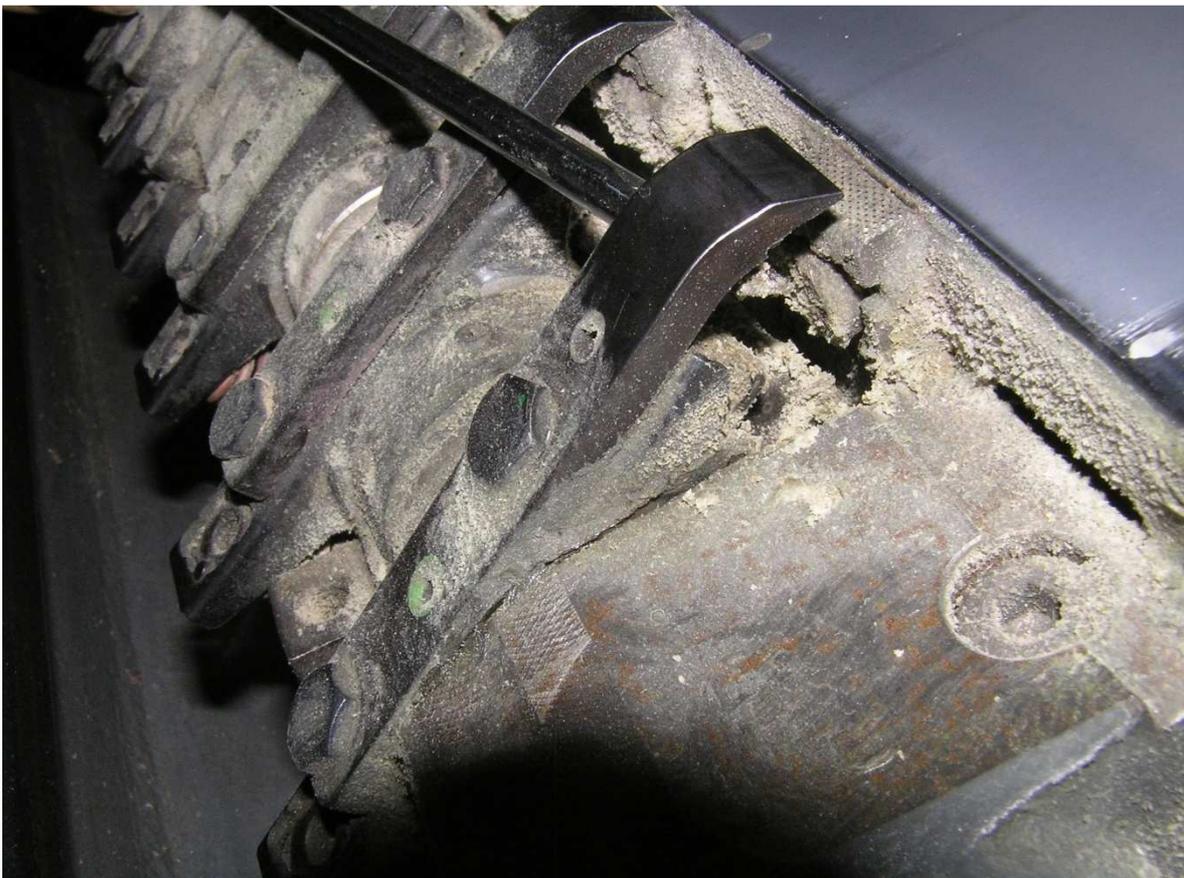


Abbildung 5.30: Greifer auf Gegendruckzylinder geöffnet

Beim Laborgreifer besteht ebenfalls die Möglichkeit die Parallelität der Greiferdruck- und Gegendruckfläche einzustellen. Dies ist durch Verstellung der

Mikrometerschraube (siehe *Abbildung 5.1: Greifarm für Labormessung*, in Rot dargestellt) möglich.

5.3.5.1 Allgemeine Versuchsbedingungen betreffend Druckflächenwinkel

Alle Rahmenbedingungen wurden konstant gehalten, nur die Mikrometerschraube wurde für jede Versuchsreihe verändert. In den vorigen Versuchen wurde mit der Einstellung von 0,825 mm geprüft um möglichst parallele Druckflächen und damit die volle Angriffsfläche der Druckplatten bei der Durchführung der Versuche zu haben. In Tabelle 5-10 werden die Versuchsbedingungen noch einmal zusammen gefasst.

Tabelle 5-10: Versuchsbedingungen betreffend Druckflächenwinkel

	Angriffskraft	Einstellung	Auszugs- winkel	Prüf- geschwindigkeit	Einspann- länge	Abbruchs- kriterium	
	F_A	Mikrometer- schraube	α_A			v_v	EL
	[N]	[mm]	[°]	[mm/min]	[mm]		
Dehnungs- prüfung	180	0,825	0	10	100	70	2
Gripper- Slip- Prüfung	100	variabel 0,765 - 0,885	0	10	100	100	2

Bei der Veränderung dieser Einstellung würde im Fall, dass die Mikrometerschraube auf 0 gestellt werden würde, die Oberkante der Kreuzschliff-Greiferplatte (siehe *Abbildung 5.31*) stärker angepresst und im Fall der maximal möglichen Einstellung die Unterkante mehr angepresst werden. Um nicht zu weit von der Realität entfernt zu sein, wurden die Versuche im Abstand von 0,02 mm ausgehend von der Mittellage (0,825 mm) geprüft.

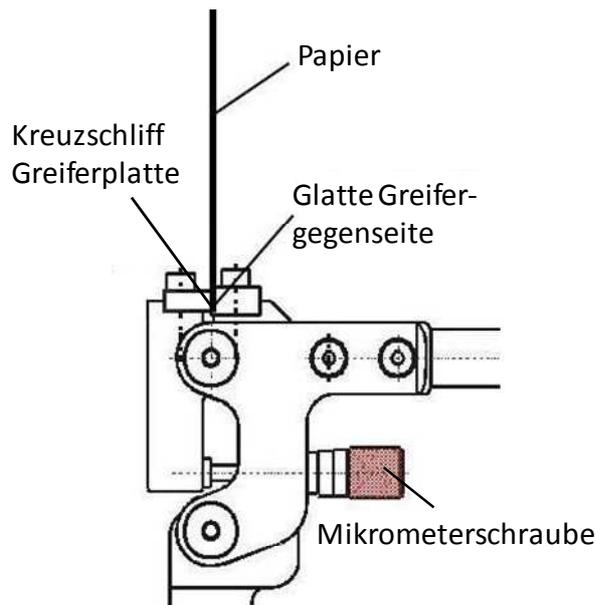


Abbildung 5.31: Greifspaltkonstruktion mit Mikrometerschraube

5.3.5.2 Ergebnisse der Untersuchung des Druckflächenwinkels

Durch die Veränderung der Mikrometerschraubeneinstellung wurde bei gleichbleibender Probendicke die Parallelität der Flächen im Greifspalt aufgehoben und die beiden Druckplatten standen in einem bestimmten Winkel aufeinander. Durch diesen Winkel war es nicht mehr möglich, dass die gesamte Fläche im Greifspalt zur Verfügung stand um die Papierprobe festzuhalten – die Druckflächenkraft reduzierte sich auf eine Linienkraft, einmal auf der Oberkante und einmal auf der Unterkante des Greifspaltes.

Wie in *Abbildung 5.33* und *Abbildung 5.34* zu sehen ist, wurde festgestellt, dass bei einer Verschiebung der Angriffskraft von einer vollflächigen Kraftangriffsfläche (siehe *Abbildung 5.32*) auf die Oberkante (*Abbildung 5.34*) eine wesentlich höhere Auszugskraft benötigt, als es bei einer Verschiebung auf die Unterkante (*Abbildung 5.33*) erforderlich ist. Die Auszugskraft beträgt, im Fall dass nur mehr die Unterkante des Greifspaltes die Probe zurück hält, etwa ein Fünftel der Kraft benötigt wird, die erforderlich wäre wenn nur mehr die Oberkante des Greifspaltes den Probestreifen zurück hält. Das führt zu der Annahme, dass bei bestehenden Bogenoffsetdruckmaschinen, bei denen der Greifspalt parallel auf eine bestimmte Papierdicke eingestellt wird, die Kraft zum Herausziehen eines dickeren bzw. inkompressibleren Papiers wesentlich geringer als bei einem dünnen bzw.

kompressibleren Papier sein muss. Beide Verschiebungen jedoch benötigen eine wesentlich geringere Auszugskraft als es bei einer parallelen Einstellung notwendig ist.

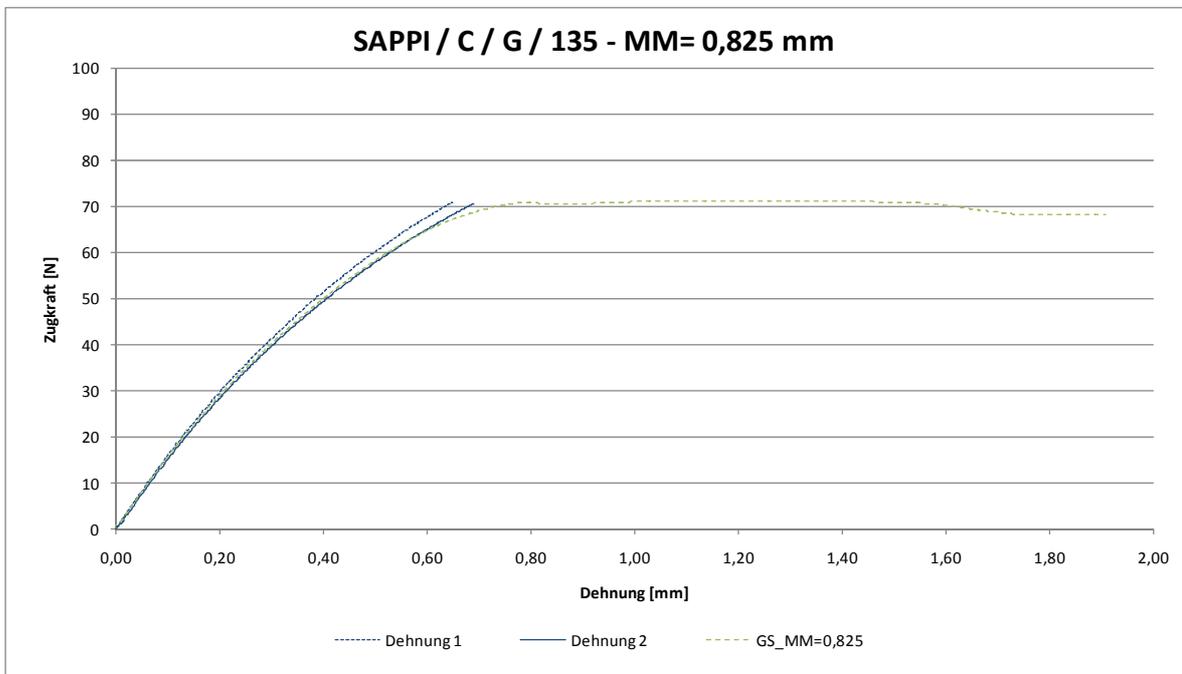


Abbildung 5.32: SAPPI / C / G / 135 - MM=0,825

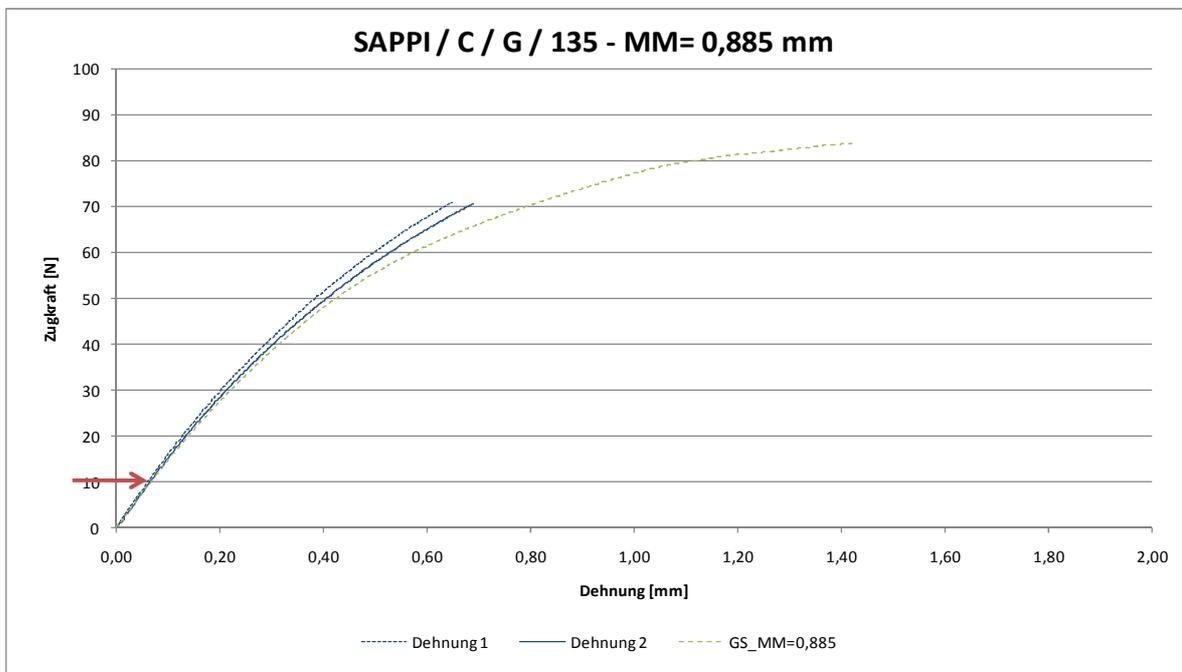


Abbildung 5.33: SAPPI / C / G / 135 - MM=0,885

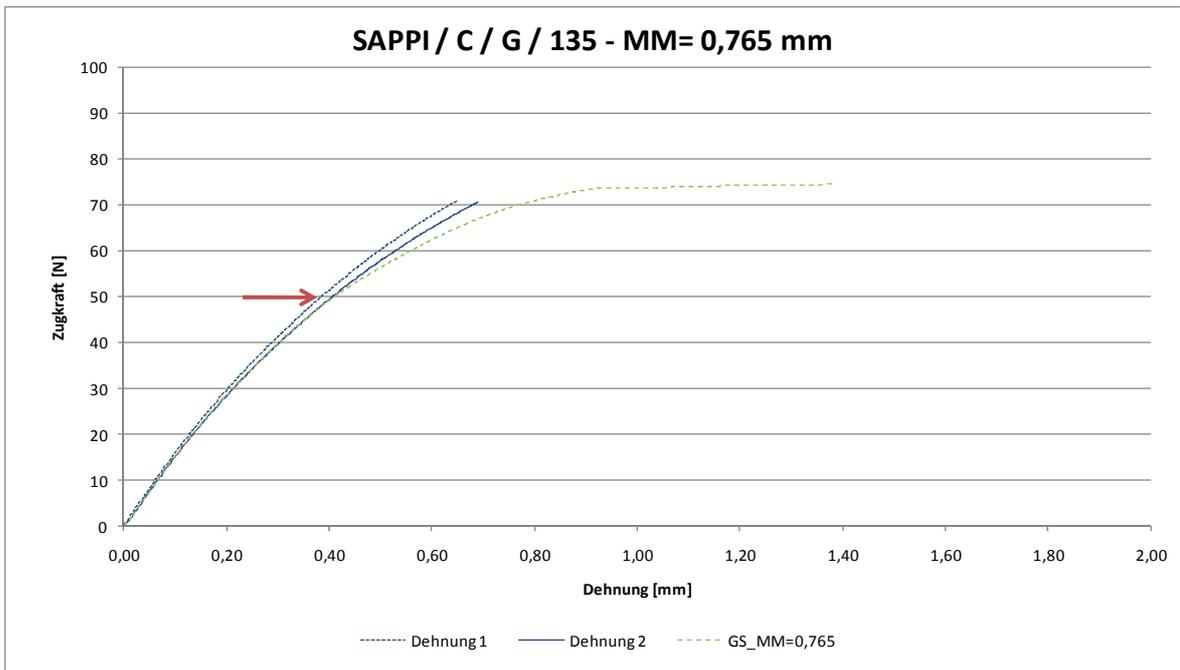


Abbildung 5.34: SAPPI / C / G / 135 - MM=0,765

Wie schon am Beginn des *Kapitels 5* beschrieben wurde, bleibt die Einstellung der Greiferleisten an der Druckmaschine immer gleich. Deshalb sollte die Gripper-Slip-Prüfung auch immer mit der gleichen Einstellung der Mikrometerschabe durchgeführt werden.

5.3.6 Auszugswinkel

In der Bogenoffsetdruckmaschine wird der Papierbogen durch die Druckpresse durchgeführt und da die Druckfarbe nicht vollständig vom Gummituch auf das Papier übertragen werden kann, erfolgt eine Spaltung des Farbfilms in zwei Teile. Einer der beiden Teile verbleibt auf dem Gummituch und der andere Teil auf dem Papierbogen. Das Spalten der Farbe benötigt Kraft, die den Papierbogen zum Mitlaufen auf der Gummiwalze bevor er von der Greiferleiste auf der Gegendruckwalze wieder vom Gummituch abgezogen wird (siehe dazu auch *Kapitel 3.1 Beschreibung der Vorgänge im Druckspalt* und *Kapitel 3.2 Tack – Beschreibung der Filmspaltung (film splitting)*). Durch das Mitlaufen des Papierbogens auf der Gummiwalze kann kurzzeitig, je nach Größe der Rückhaltekraft durch die Druckfarbe, ein Winkel zwischen den beiden Flächen des Greifspaltes und dem Papierbogen entstehen (siehe *Abbildung 2.3*, Seite 6).

5.3.6.1 Allgemeine Versuchsbedingungen betreffend Auszugswinkel

Alle Rahmenbedingungen wurden konstant gehalten, nur der Auszugswinkel wurde für jede Versuchsreihe verändert.

Die Veränderung des Auszugswinkels α_A war nur begrenzt möglich und wurde in beide Richtungen so stark wie möglich durchgeführt. Das heißt, dass der Auszugswinkel der Papierprobe sowohl in die Richtung der glatten Greifergenseite (in *Abbildung 5.35* in Blau dargestellt) als auch in die entgegengesetzte Richtung, in Richtung der kreuzgeschliffenen Greiferplatte (in *Abbildung 5.35* in Grün dargestellt), verändert wurde (siehe dazu auch *Abbildung 5.31*).

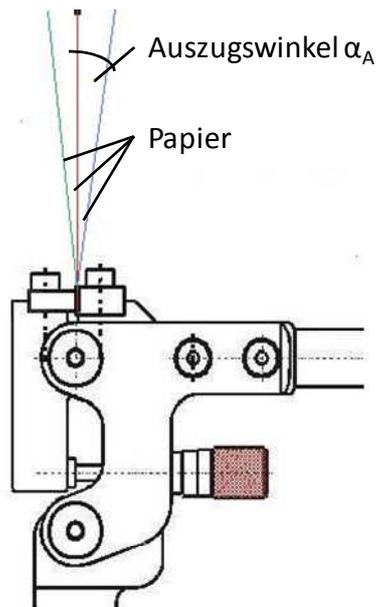


Abbildung 5.35: Greifspalt mit unterschiedlichen Auszugswinkeln

Die Dehnung wurde gleich wie in den vorhergehenden Versuchen und ohne Auszugswinkel ermittelt um einen direkten Vergleich aller Versuche zu ermöglichen. Die Einstellungen sind in **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.** zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 5-11: Versuchsbedingungen betreffend Auszugswinkel

	Angriffs- kraft	Einstellung	Auszugs- winkel	Prüf- geschwindigkeit	Einspann- länge	Abbruchs- kriterium	
	F_A	Mikrometer- schraube	α_A			v_v	EL
	[N]	[mm]	[°]	[mm/min]	[mm]		
Dehnungs- prüfung	180	0,825	0	10	100	70	2
Gripper- Slip- Prüfung	100	0,825	variabel -1,55° - +3,43°	10	100	100	2

5.3.6.2 Ergebnisse der Untersuchung des Auszugswinkels

Es wurde festgestellt, dass bei der maximalen Auslenkung in Richtung der Kreuzschliff-Seite (in *Abbildung 5.35* in Grün dargestellt) um 3,43°, auf 100 mm Einspannlänge gerechnet, sich eine deutliche Verringerung der notwendigen Auszugskraft ergibt. Dadurch, dass die in *Abbildung 5.35* dargestellte linke Seite des Laborgreifers die bewegliche Seite ist, wurde sogar ein Herausziehen sofort nach Versuchsbeginn festgestellt. Auch bei weniger starkem Winkel konnte genau das gleiche Ergebnis nachgewiesen werden. Auffällig war bei den Versuchsreihen, bei denen die Auslenkung in Richtung der beweglichen Greiferseite ging, dass die Papierstreifen sofort bei Versuchsbeginn minimal aus dem Greifspalt herausgezogen wurden (siehe in *Abbildung 5.37* mit einem roten Kreis dargestellt), sich dann aber sehr ähnlich wie die Ergebniskurven ohne Auszugswinkel (siehe *Abbildung 5.36*) verhielten. Wenn man dieses Ergebnis mit der realen Druckmaschine vergleichen würde, könnte man annehmen, dass beim Eintreten eines Auszugswinkels α_A gegenüber den beiden Druckflächen ein Herausziehen aus dem Greifer begünstigt wird.

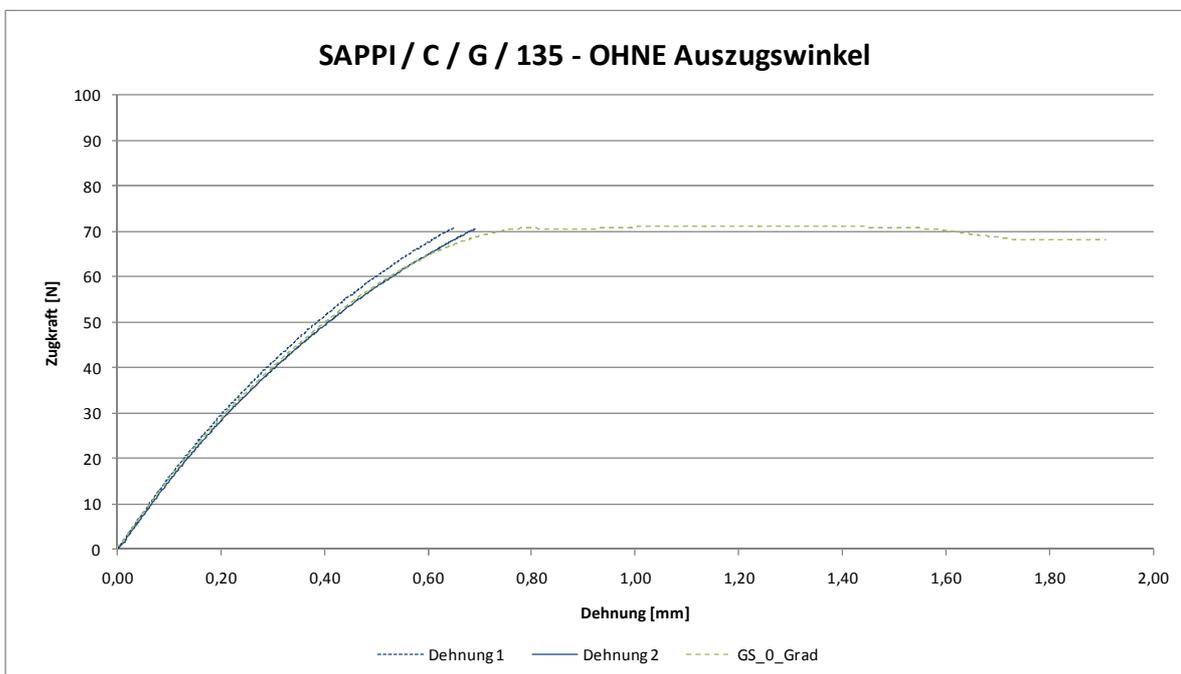


Abbildung 5.36: SAPPI / C / G / 135 - OHNE Auszugswinkel

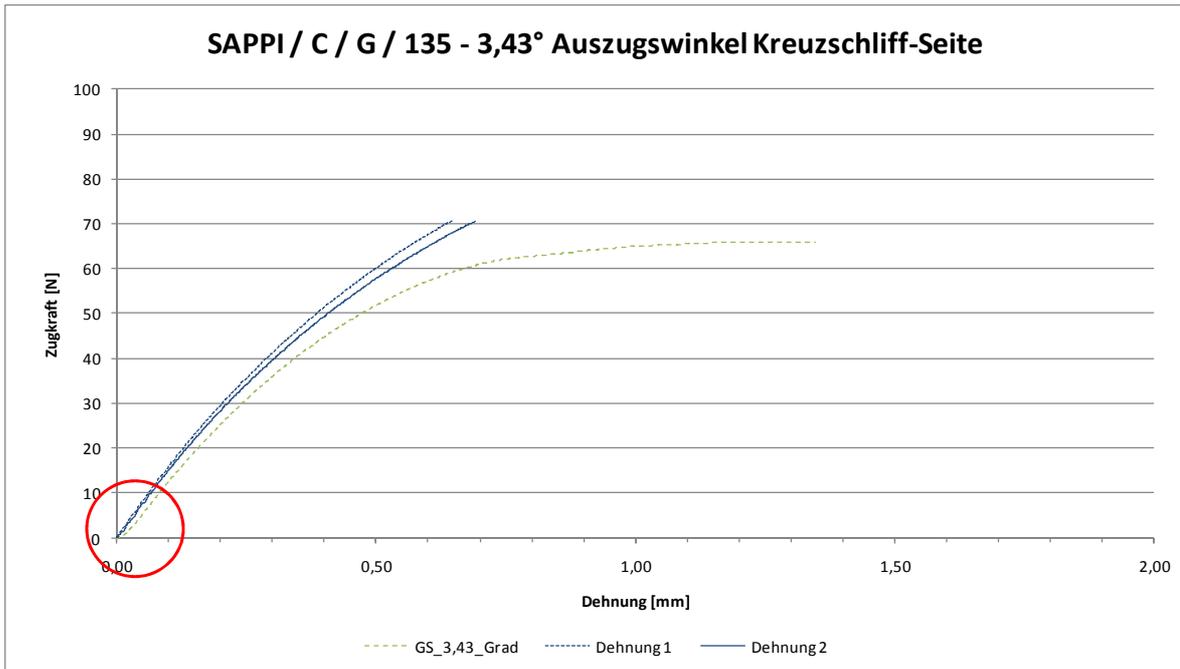


Abbildung 5.37: SAPPI / C / G / 135 - 3,43° Auszugs winkel Kreuzschliff-Seite

Die maximale Auslenkung in Richtung der fix montierten glatten Greifergegenseite um 1,55° auf 100 mm Einspannlänge ergab, dass die Papierproben wesentlich weniger Kraft benötigten, um aus dem Greifspalt herausgezogen zu werden. Ein abruptes Herausziehen konnte hier allerdings nicht festgestellt werden (siehe *Abbildung 5.38*).

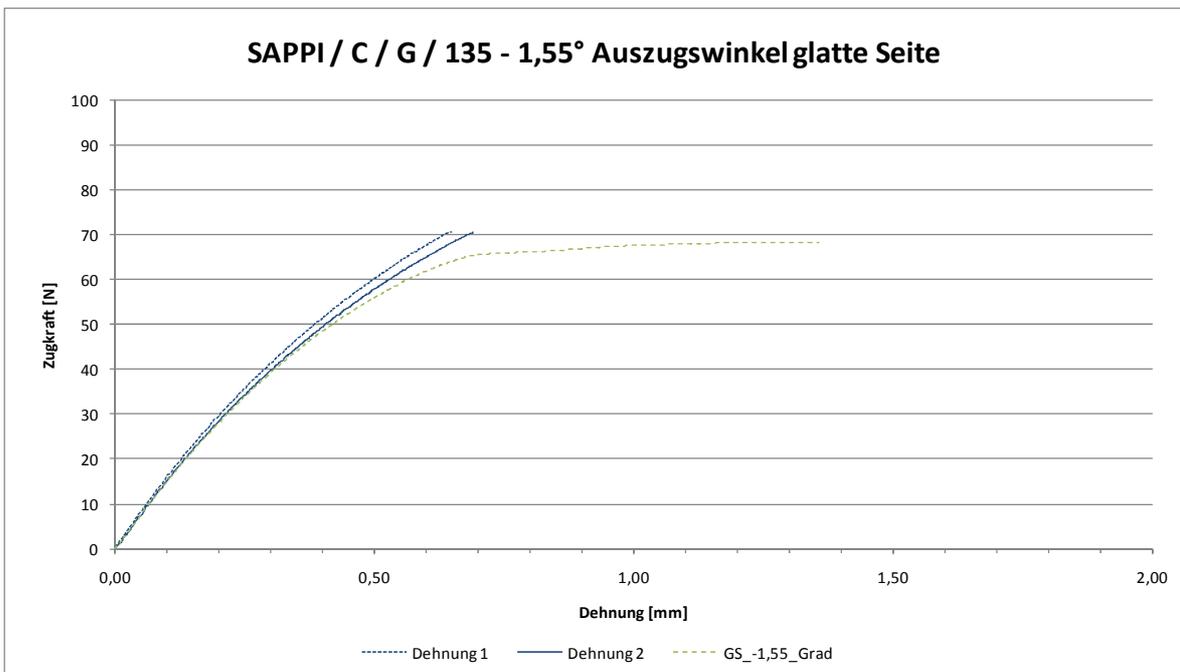


Abbildung 5.38: SAPPI / C / G / 135 - 1,55° Auszugs winkel glatte Seite

Um vergleichbare Ergebnisse bei der Gripper-Slip-Prüfung zu erhalten, ist es notwendig die Papierproben möglichst senkrecht (Auszugswinkel $\alpha_A = 0^\circ$) aus dem Spalt des Laborgreifarmes heraus zu ziehen.

5.3.7 Zeiteinfluss

Um einen Eindruck davon zu bekommen, wie sehr sich die Zeit vom Einspannen des Papier-Probestreifens bis zur tatsächlichen Durchführung des Versuchs auswirkt, wurde eine Reihe von Versuchen mit unterschiedlichen Zeitspannen durchgeführt.

5.3.7.1 Allgemeine Versuchsbedingungen betreffend Zeiteinfluss

Die ZPV sowie die Papierproben und sämtliche anderen Rahmenbedingungen waren die gleichen wie sie in *Tabelle 5-3: allgemeine Versuchsbedingungen* schon beschrieben wurden. Alle Rahmenbedingungen wurden konstant gehalten, nur die Zeit vom Einspannen der Papierprobe bis zur Durchführung des Versuchs wurde für jede Versuchsreihe verändert. Es wurden Zeitintervalle von 2, 5, 10 und 30 Sekunden für die Versuchsreihen gewählt.

Die Dehnung wurde bei dieser Versuchsreihe nicht gemessen, da ein Vergleich der Ergebnisse untereinander ausreichend war.

5.3.7.2 Ergebnisse der Untersuchung des Zeiteinflusses

Der Vergleich der Versuchsreihen untereinander ergab, dass bei allen Zeitspannen ein sehr ähnliches Ergebnis heraus kam (siehe *Abbildung 5.39: SAPPI / C / G / 135 - Zeiteinfluss*). Die sehr geringen Schwankungen sind eher auf Unregelmäßigkeiten im Papier als auf die unterschiedlich lange Einspannzeit zurückzuführen.

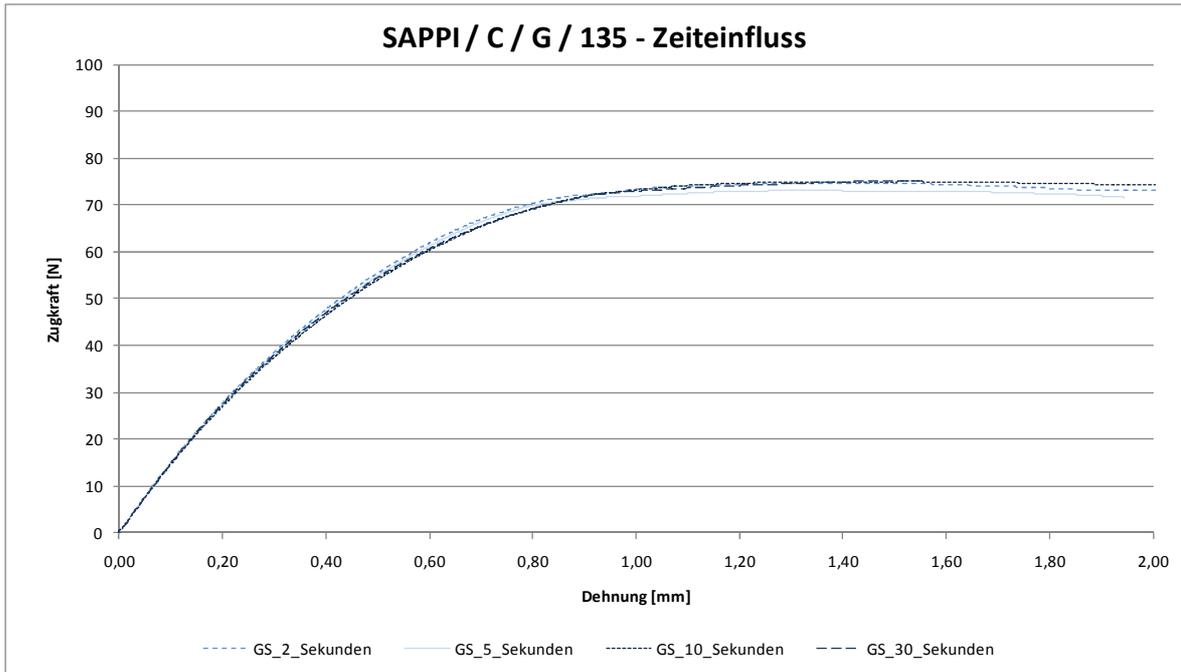


Abbildung 5.39: SAPPI / C / G / 135 - Zeiteinfluss

Obwohl kein Zeiteinfluss bei den einzelnen Prüfungen festgestellt werden konnte, sollte bei zukünftigen Papierprüfungen immer eine ähnliche Zeitspanne zwischen dem Einspannen der Probe und der Prüfung selbst gewählt werden. Diese sollte im Bereich von fünf bis zehn Sekunden gewählt werden, um die gesamte Versuchszeit nicht unnötig zu verlängern.

5.4 Ermittlung der Arbeitsvorschrift

Mit den Erkenntnissen aus den Vorversuchen waren die meisten Versuchsbedingungen und Einflussfaktoren auf diese Laborversuchsmethode geklärt, nur die Geschwindigkeit und die Einspannlänge waren noch nicht eindeutig definiert. Daher wurden weitere Vorversuche durchgeführt.

5.4.1 Geschwindigkeit

Da Bogenoffset-Druckmaschinen mit sehr hohen Geschwindigkeiten im Vergleich zu der Prüfmethode betrieben werden, wurden Versuchsreihen geprüft, bei denen die Auszugsgeschwindigkeit so hoch wie möglich ($v_v = 800 \text{ mm/min}$) war. Da diese Geschwindigkeit noch weit von der realen Druckmaschine entfernt war, wurde versucht, die Papierprobe mit einem schlagartigen Zug aus der Vorrichtung heraus zu ziehen, indem zuvor die Einspannlänge durch Zusammenfahren der Klemmen reduziert wurde.

5.4.1.1 Allgemeine Versuchsbedingungen zur maximalen Geschwindigkeit

Es wurden, wie in den Vorversuchen schon mehrmals verwendet, zwei Stufen zur Zugprüfung definiert: in der ersten Stufe (siehe *Abbildung 5.40: a) Prüfvorschrift Stufe 1*) wurde, nachdem die Probe möglichst spannungslos und trotzdem gerade in der Vorrichtung des Laborgreifarmes eingerichtet wurde, ein lagegeregelter Punkt von minus einem Millimeter angesteuert. Dies geschah mit einer sehr langsamen Geschwindigkeit von 10 mm/min um ein Überspringen zu vermeiden. Danach, in der zweiten Stufe (siehe *Abbildung 5.40 b) Prüfvorschrift Stufe 2*), wurde die Papierprobe aus der Lage der reduzierten Einspannlänge mit der dem Prüfgerät maximal möglichen Geschwindigkeit von 800 mm/min aus dem Greifspalt heraus gezogen.

Es wurden die vier verschiedenen Papiersorten getestet, die bereits in den Vorversuchen geprüft wurden (siehe 5.2.1) und es wurde sowohl in Maschinenrichtung als auch in Querrichtung geprüft. Auch die Dehnung hätte bei diesen Versuchsreihen ermittelt werden sollen, um, wie schon in den Vorversuchen beschrieben (siehe 5.2.3), den genauen Zeitpunkt des Verrutschens der Papierprobe zu erkennen.

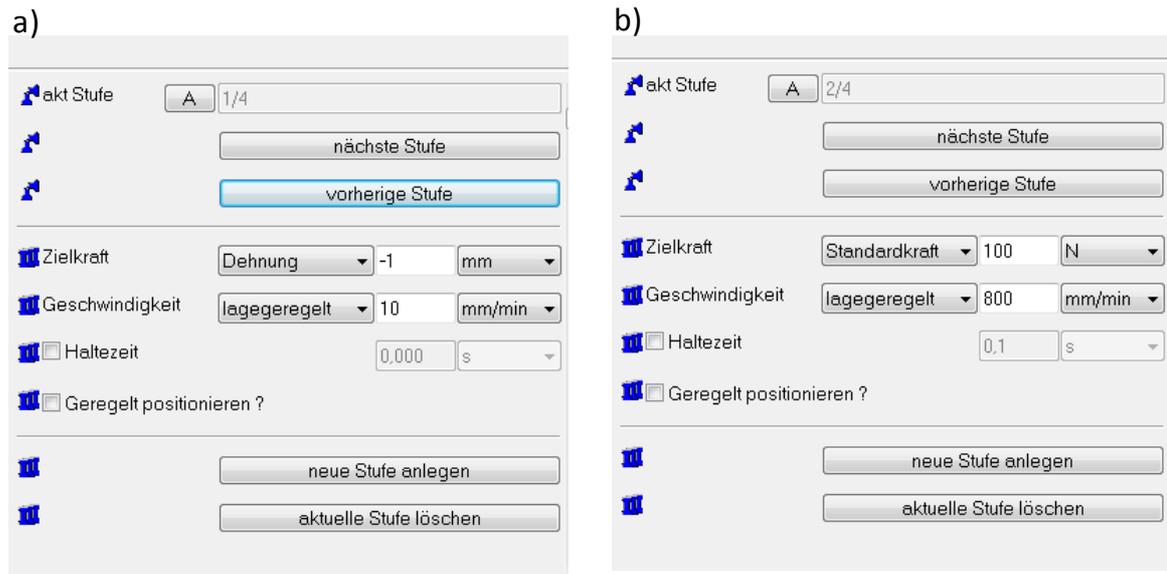


Abbildung 5.40: a) Prüfvorschrift Stufe 1, b) Prüfvorschrift Stufe 2

Die Papierprobenbreite betrug 15 mm und als Einspannlänge wurde in diesen Versuchen 25 mm gewählt, da ab dieser Länge Gripper-Slip bei den Druckmaschinen auftrat und um eben der Realität möglichst nahe zu kommen. Als Wert für die Angriffskraft F_A wurde wie in den Vorversuchen 100 N gewählt.

5.4.1.2 Ergebnisse der Versuche mit maximaler Geschwindigkeit

Mit der Reduzierung der Einspannlänge vor der Zugprüfung und der hohen Prüfgeschwindigkeit konnte ein schlagartiger Zugkraftaufbau ermöglicht werden. Durch die kurze Einspannlänge war jedoch die Gefahr eines stark schwankenden Prüfergebnisses sehr groß geworden.

Die Probleme dieser Prüfmethode lagen aber nicht bei der Einspannlänge, sondern bei der hohen Prüfgeschwindigkeit. Die Papierproben, die in Maschinenaufrichtung geprüft wurden, lieferten ein homogenes Ergebnis im Gegensatz zu den Proben in Querrichtung und den Dehnungsprüfungen. Allerdings starteten die Ergebniskurven nicht wie erwartet im Ursprung des Koordinatensystems, sondern schon bei einer Lage von ca. minus 0,6 mm und in einem Bogen von der x-Achse weg (siehe *Abbildung 5.41: SAPPI / C / G / 135 - MD, maximale Prüfgeschwindigkeit*).

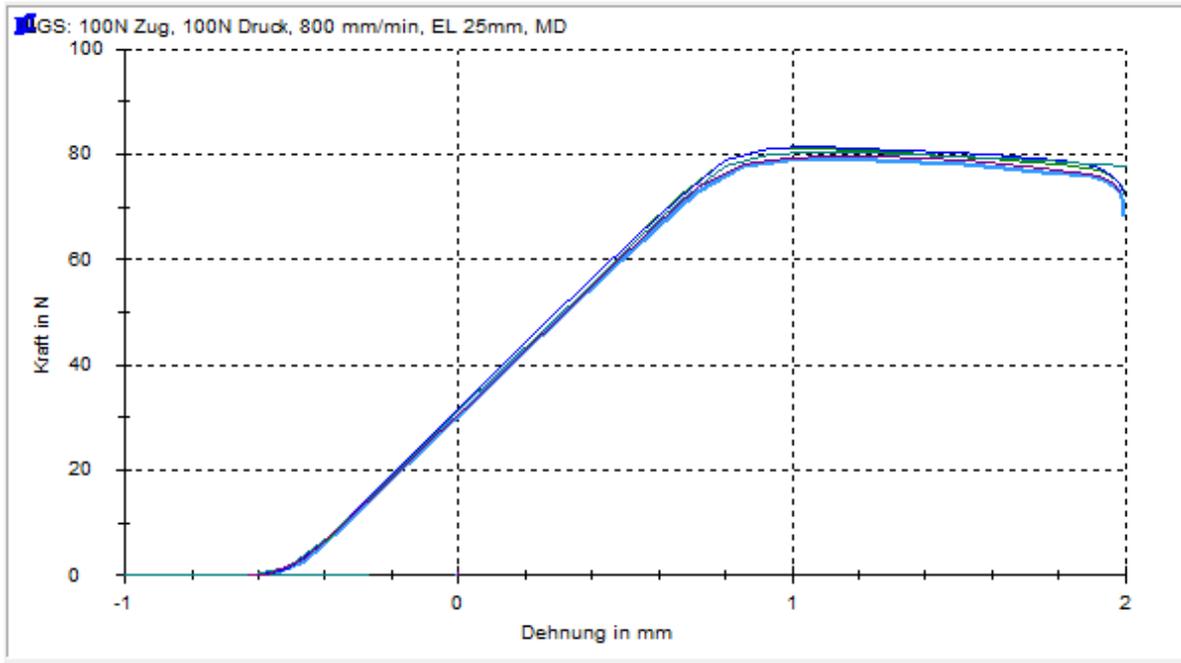


Abbildung 5.41: SAPPI / C / G / 135 - MD, maximale Prüfgeschwindigkeit

Die genaue Ursache, warum die Ergebniskurven nicht aus dem Ursprung starteten konnte zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Versuchsreihen allerdings noch nicht geklärt werden. Eine Lösung dieses Problems wurde durch die Veränderung der Integrationszeit erreicht (siehe dazu *Kapitel 5.4.3 Integrationszeit*).

Der Nachteil der hohen Versuchsgeschwindigkeit war, dass die Dehnung der Papierproben nicht mehr geprüft werden konnte. Der Grund war, dass die Proben nicht fest genug im Laborgreifarm festgehalten werden konnten. Dadurch verrutschten diese bei allen Versuchen und die Ermittlung der Dehnung war nicht möglich. Um bei dieser hohen Geschwindigkeit ein Ergebnis zu erhalten, hätte eine Klemme mit einer größeren Haltekraft an Stelle des Laborgreifers verwendet werden müssen, wodurch die Versuchsreihe stark beeinflusst worden wäre. Da die Ergebniskurven einen deutlichen Knick im Bereich der maximalen Zugkraft aufweisen, der qualitativ auf ein Herausziehen der Papierprobe rückschließen lässt, wurde auf eine Dehnungsmessung in den kommenden Versuchen verzichtet und angenommen, dass bei diesem Knick der Kurve die Papierprobe aus dem Greifspalt herausgezogen wurde.

Auch die Versuche mit Papierproben in Querrichtung führten zu keinem Ergebnis, da die Proben zum größten Teil, bevor sie aus dem Spalt heraus gezogen werden konnten, gerissen sind. Eine eigene Versuchsreihe mit Prüfungen dieser

Papierproben mit geringerer Angriffskraft F_A , die von 100 N auf 25 N reduziert wurde, führte trotzdem immer wieder zu Abrissen. Um dieses Problem zu lösen, wurde die Breite der Papierproben von 15 mm auf 35 mm erhöht. Die Erhöhung auf die größere Probenbreite erschwerte zwar das Einspannen (siehe *Kapitel 5.2.1 Erste Versuchsreihe* und *Kapitel 5.2.2 Ermittlung der Bruchkraft*), es konnten aber trotzdem hinreichend genaue Ergebnisse erzielt werden.

Für die Entwicklung der Arbeitsvorschrift bedeuteten diese Versuche, dass eine Gripper-Slip-Prüfung auf Grund des deutlichen Knickes der Kraft-Dehnungs-Kurve auch ohne die Dehnungsprüfung durchgeführt werden können. Unklar war weshalb die Ergebniskurven nicht aus dem nahen Bereich des Ursprunges im Koordinatensystem steil anstiegen. Weiters sollte bei der hohen Prüfgeschwindigkeit zumindest die Einspannlänge noch einmal überprüft werden.

5.4.2 Einspannlänge bei maximaler Prüfgeschwindigkeit in CD und MD

Der Druckfehler Gripper-Slip tritt dann auf, wenn Flächen im Vollton nahe der Greiferleiste von Bogenoffset-Druckmaschinen bedruckt werden. Dabei ist besonders der Abstand ganz nahe beim Greifer (ca. 10 mm) bis zu einem Abstand von 100 mm der kritische Bereich, wo es zu diesem Druckfehler kommen kann.

Versuche mit unterschiedlicher Einspannlänge wurden schon bei den Vorversuchen in *Kapitel 5.3.4* beschrieben, allerdings war die Prüfgeschwindigkeit wesentlich geringer und deshalb wurde dieser Versuch wiederholt.

5.4.2.1 Allgemeine Versuchsbedingungen zur Einspannlänge bei maximaler Prüfgeschwindigkeit in CD und MD

Die allgemeinen Versuchsbedingungen waren gleich wie sie schon in *5.4.1.1 Allgemeine Versuchsbedingungen zur maximalen Geschwindigkeit* beschrieben wurden, allerdings wurde die Probenbreite von 15 mm auf 35 mm Breite erhöht, um die Prüfung von Papierproben in CD zu ermöglichen.

Bei den Versuchen zur Ermittlung der Unterschiede bei verschiedener Einspannlänge wurde die Papiersorte SAPPI / D / G / 135 verwendet.

5.4.2.2 Ergebnisse der Versuche zur Einspannlänge bei maximaler Prüfgeschwindigkeit in CD und MD

Wie schon bei den Vorversuchsreihen mit reduzierter Einspannlänge bei langsamer Versuchsgeschwindigkeit ($v_v = 10 \text{ mm/min}$) (siehe auch 5.3.4), ergab in dieser Versuchsserie die Prüfung von Papierproben mit 10 mm Einspannlänge wesentlich weiter gestreute Ergebniskurven als bei Proben mit 100 mm Einspannlänge (dargestellt in *Abbildung 5.42* bis *Abbildung 5.45*).

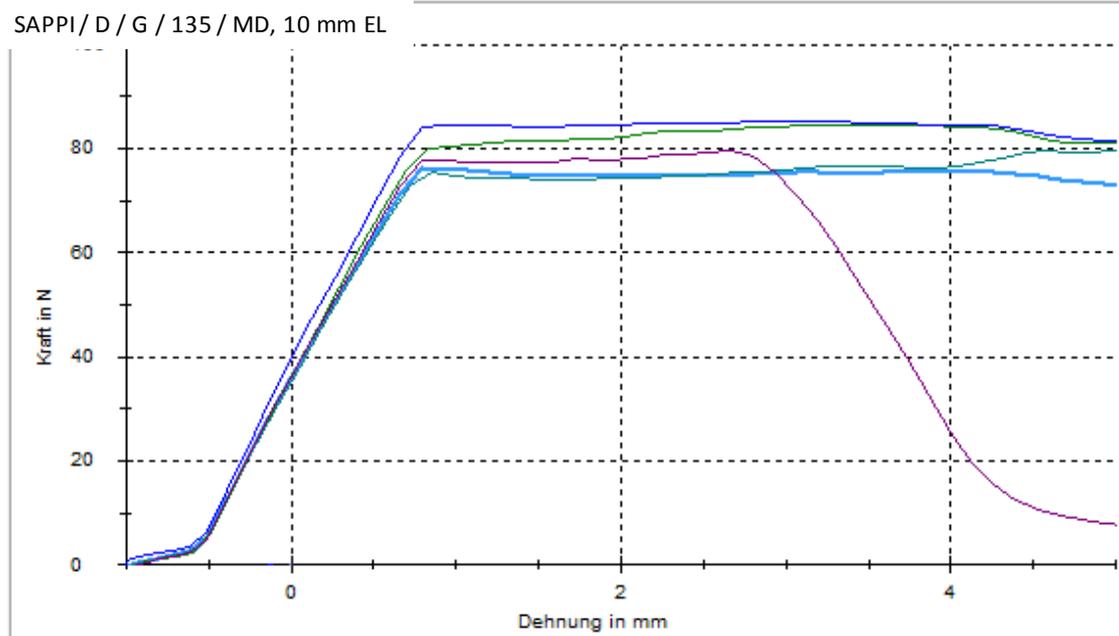


Abbildung 5.42: SAPPI / D / G / 135 - 10 mm Einspannlänge in MD geprüft

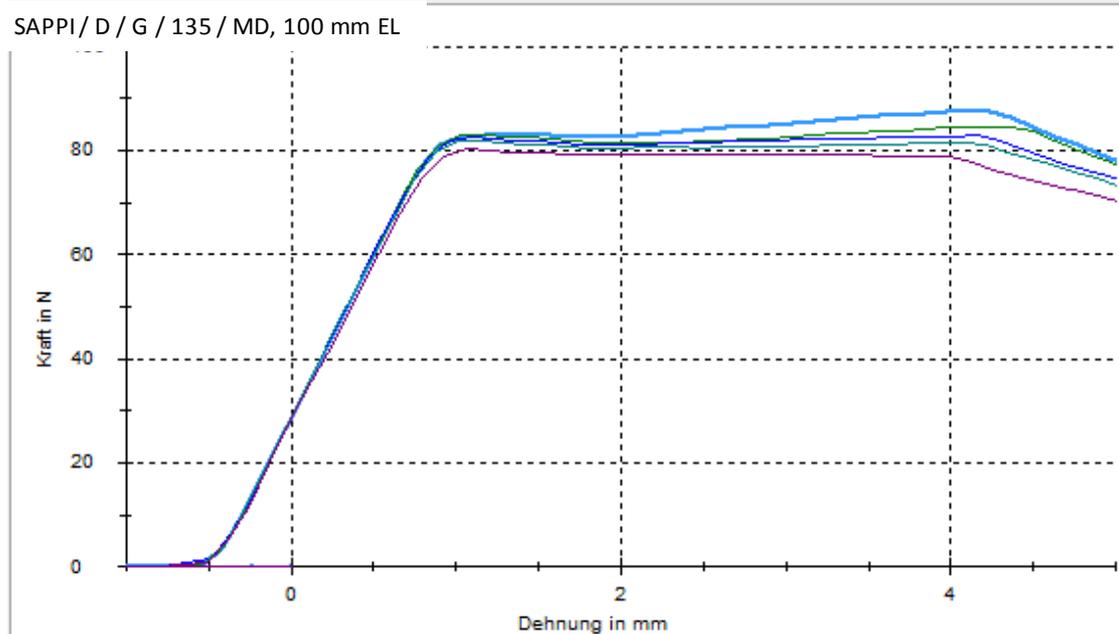


Abbildung 5.43: SAPPI / D / G / 135 - 100 mm Einspannlänge in MD geprüft

Im Vergleich zu den Ergebnissen, die in *Kapitel 5.3.4 Einspannlänge in MD und CD* beschrieben wurden, konnte Gripper-Slip in CD bei der hohen Prüfgeschwindigkeit und der breiteren Papierproben nachgewiesen werden. Die Ergebniskurven (siehe *Abbildung 5.44* und *Abbildung 5.45*) zeigten auch deutlich, dass die Kraft zum Herausziehen aus dem Greifspalt in die Nähe jener der Papierproben, die in MD geprüft wurden, kam.

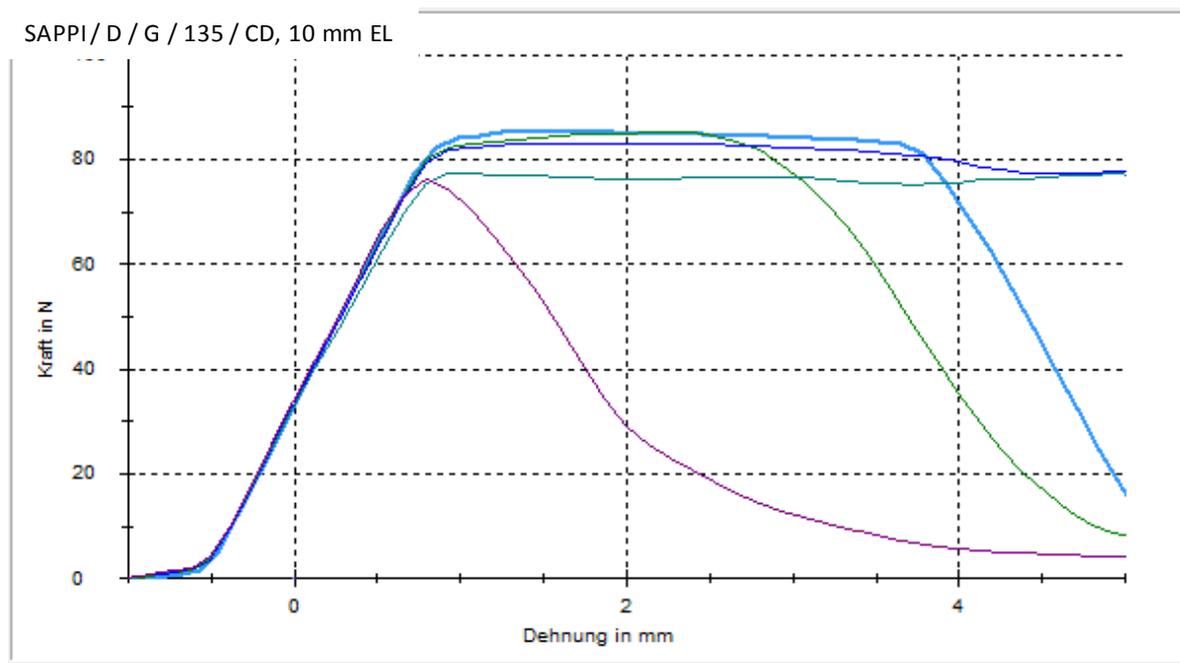


Abbildung 5.44: SAPPI / D / G / 135 - 10 mm Einspannlänge in CD geprüft

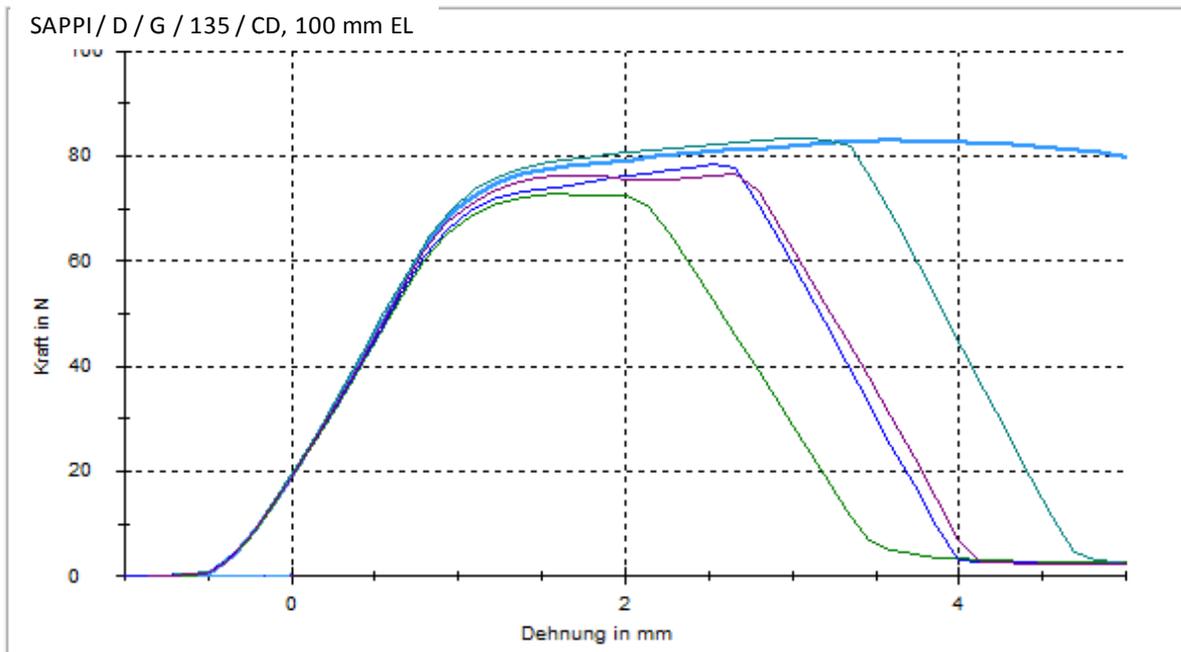


Abbildung 5.45: SAPPI / D / G / 135 - 100 mm Einspannlänge in CD geprüft

Hier sind nur die Ergebnisse der Einspannlängen 10 mm und 100 mm dargestellt. Es wurden aber auch Versuche mit Einspannlängen zwischen den beiden Längen durchgeführt. Diese zeigten auch eine stärkere Streuung der Ergebnisse als bei der Einspannlänge von 100 mm (siehe auch *Kapitel 5.3.4 Einspannlänge in MD und CD*). Um wenig stark schwankende Ergebnisse in der Gripper-Slip-Prüfung zu erhalten, ist es notwendig eine Einspannlänge von mindestens 100 mm zu wählen.

5.4.3 Integrationszeit

In einem Einstellungspunkt der Software testXpert wurde zu einem späteren Zeitpunkt dieser Arbeit ein Unterpunkt gefunden, der es ermöglichte, die Integrationszeit (Zeitabstand beim Abspeichern von Messwerten) einzustellen. Dort konnte man die Auflösung der Messwertübertragung verstellen, was bei Versuchen mit sehr hoher Prüfgeschwindigkeit unbedingt notwendig war.

Bei einem Versuch mit genau den gleichen Versuchsbedingungen, wie sie in *Kapitel 5.4.2.1 Allgemeine Versuchsbedingungen zur Einspannlänge bei maximaler Prüfgeschwindigkeit in CD und MD* beschrieben wurden, einer Einspannlänge von 100 mm und in MD geprüft, wurde die Integrationszeit (T/K) auf 2/100, 100/100 und 2/2 eingestellt und führte zu den in *Abbildung 5.46* gezeigten Ergebniskurven.

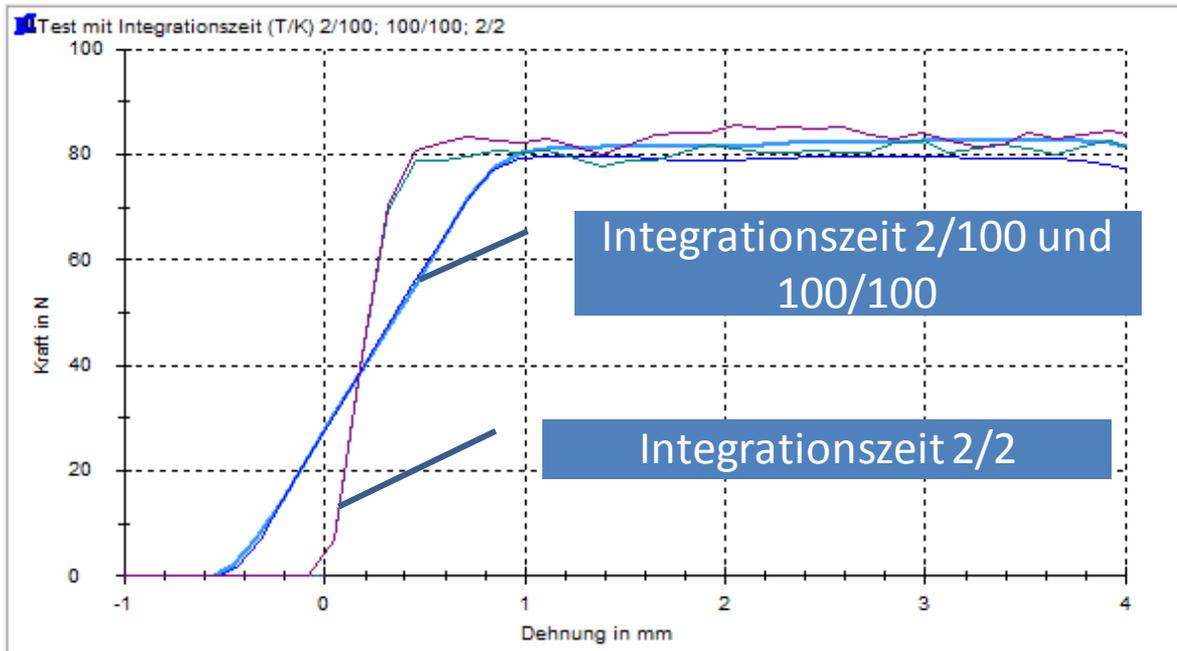


Abbildung 5.46: Test mit Integrationszeit (T/K) 2/100, 100/100, 2/2; SAPPI / D / G / 135 - geprüft in MD

In der *Abbildung 5.46* ist die hellblaue Kurve mit einer Integrationszeit von 2/100 und die dunkelblaue Ergebniskurve mit 100/100 geprüft worden. Diese Kurven starten beide wesentlich weiter vom Ursprung des Koordinatensystems entfernt, im Gegensatz zu den beiden anderen Ergebniskurven, die mit einer Integrationszeit von 2/2 geprüft wurden, obwohl alles mit genau den gleichen übrigen Einstellungen und dem gleichen Papier in MD geprüft wurde. Anhand der Verstellung der Integrationszeit kann man sehen, dass sich die Ergebniskurven bei höherer Anzahl von übertragenen Messwerten bei dieser hohen Prüfgeschwindigkeit völlig verschieden verhalten. Die Auszugskraft liegt bei unterschiedlicher Integrationszeit trotzdem auf gleichem Niveau. Das heißt, dass Gripper-Slip-Prüfungen mit einer anderen Integrationszeit zum gleichen Endergebnis führen. Allerdings ist der Kurvenverlauf dann nicht zu erklären. Deshalb soll bei den Gripper-Slip-Versuchen mit hoher Prüfgeschwindigkeit auch die Integrationszeit passend eingestellt werden.

5.4.4 Arbeitsvorschrift

Die aus den Vorversuchen gewonnenen Erkenntnisse und die in dem *Kapitel 5.4* verfeinerte Prüfmethode führten zu folgender Arbeitsvorschrift:

- Da es viele Einflüsse auf die Prüfmethode gibt, sind die Versuche immer mit größter Sorgfalt unter den gleichen Bedingungen durchzuführen. Das beginnt mit der Prüfung in einem Klimaraum, wo die zu prüfenden Papierproben mindestens 48 Stunden vor der Prüfung gelagert werden sollten.
- Der Laborgreifer muss in der Vorrichtung so montiert werden, dass die Papierprobe absolut senkrecht aus dem Greifspalt heraus gezogen wird.
- Die Einspannlänge sollte mit 100 mm definiert werden, um eine möglichst geringe Streuung der Ergebniskurven und damit einen genauen Messwert für das Herausziehen der Papierprobe zu erhalten.
- Die zu prüfenden Papierproben sollen eine Breite von 35 mm und eine Länge von etwa 150 mm haben.
- Die Oberseite des Papiers sollte sich bei der Prüfung auf der glatten Greifspaltgedrucktplatte befinden.
- Als Zugprüfvorschrift wird GRIPPER-SLIP_STANDARD ausgewählt – dort sind bereits alle Voreinstellungen wie Prüfungsgeschwindigkeit und die Stufen der Prüfung selbst vordefiniert (siehe *Abbildung 5.47*).
- Die Integrationszeit soll so eingestellt werden, dass eine möglichst hohe Anzahl von Messwerten während dem Versuch abgespeichert wird.
- Die Papierprobe wird so eingespannt, dass diese zuerst im Greifspalt eingespannt und danach in der Zugklemme fest geklemmt wird. Dabei sollte die Probe möglichst zentriert und einen minimalen Überstand (in z-Richtung) unter dem Greifspalt aufweisen.
- Das Gewicht am Greifarm sollte so eingestellt werden, dass die Angriffskraft 100 N ergibt.
- Die Mikrometerschraube sollte auf den Wert 0,825 eingestellt werden.
- Alle Proben sollten in MD und CD geprüft werden.
- Es sollen mindestens fünf Proben jeder Papiersorte und in beider Richtungen geprüft werden.
- Die Kräfte werden am besten mittels Export der Datenreihen in MS Excel bestimmt. Dort kann man mit einem Liniendiagramm die Daten auswerten. Dabei wird jene Kraft als Auszugskraft bestimmt, die vor dem ersten deutlichen Knick nach unten gemessen wird.

a)

 akt Stufe	A	1/4
	<input type="button" value="nächste Stufe"/>	
	<input type="button" value="vorherige Stufe"/>	
 Zielkraft	Dehnung	-1 mm
 Geschwindigkeit	lagegeregelt	10 mm/min
 <input type="checkbox"/> Haltezeit	0,000	s
 <input type="checkbox"/> Geregelt positionieren ?		
	<input type="button" value="neue Stufe anlegen"/>	
	<input type="button" value="aktuelle Stufe löschen"/>	

b)

 akt Stufe	A	2/4
	<input type="button" value="nächste Stufe"/>	
	<input type="button" value="vorherige Stufe"/>	
 Zielkraft	Standardkraft	150 N
 Geschwindigkeit	lagegeregelt	800 mm/min
 <input type="checkbox"/> Haltezeit	0,1	s
 <input type="checkbox"/> Geregelt positionieren ?		
	<input type="button" value="neue Stufe anlegen"/>	
	<input type="button" value="aktuelle Stufe löschen"/>	

Abbildung 5.47: Prüfvorschrift für GRIPPER-SLIP_STANDARD a) Stufe 1, b) Stufe 2

5.5 Papierprüfung mit der Laborgreifer-Methode

Dieses Kapitel zeigt die Ergebnisse der Vergleiche der vier Versuchspapiere, die zur Ermittlung von unterschiedlichen Auszugskräften ausgewählt wurden. Zwei weitere Papiersorten wurden in den Vergleich mit einbezogen, um die beiden Produktionslinien von SAPPI Gratkorn bewerten zu können. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden in *Kapitel 6* mit den Ergebnissen der Reibungsmessung, den Ergebnissen der Spaltkraft (Tackforce) und den Ergebnissen der Kompressibilität verglichen.

5.5.1 Prüfung der Versuchspapiere

In diesem Abschnitt werden die Versuchsergebnisse von Papiersorten von SAPPI Gratkorn präsentiert. Es sollte herausgefunden werden, welche Unterschiede durch Veränderung der Rohpapierzusammensetzung, der Strichzusammensetzung, der Satinage oder zwischen den beiden Papiermaschinen zu erwarten sind.

Untersucht wurden folgende Papiere mit einer flächenbezogenen Masse von 135 g/m²:

- SAPPI / A / G / 135
- SAPPI / B / M / 135
- SAPPI / C / G / 135
- SAPPI / D / G / 135

Zum Vergleich wurden weitere Papiere der zwei Produktionslinien (PL) mit einerseits 2-fach gestrichenem (PL3) und andererseits 3-fach gestrichenem (PL4) Papier und einer flächenbezogenen Masse von 115 g/m² untersucht:

- SAPPI / C / G / 115 / PL3
- SAPPI / C / G / 115 / PL4

Alle Papiere wurden nach der in *Kapitel 5.4.4* beschriebenen Arbeitsvorschrift geprüft. In *Abbildung 5.48* und *Abbildung 5.49* bedeutet F_{\min} minimale Auszugskraft, F_{\max} maximale Auszugskraft, MW mittlerer Wert der Auszugskraft und STABW Standardabweichung.

Aus *Abbildung 5.48* sind die Ergebnisse in MD und in *Abbildung 5.49* sind die Ergebnisse in CD zu entnehmen. Auffällig ist, dass die Papierprüfung in MD

wesentlich höhere Schwankungen im Ergebnis hat, als es die Prüfung in CD aufweist. Dieses Verhalten könnte mit der Ausrichtung der Fasern in Maschinenrichtung erklärt werden: Wenn man sich vorstellt, dass die Zacken des Laborgreifers den Strichauftrag in die Hohlräume des Fasernetzwerkes hinein drücken, kommt es, im Gegensatz zur Prüfung in CD, geometrisch bedingt sicher öfter vor, dass die längs ausgerichteten Fasern sich zwischen den Zacken befinden. Beim Versuch, die Papierprobe herauszuziehen werden dann die in Querrichtung ausgerichteten Fasern einen höheren Widerstand gegen das Herausziehen der Probe verursachen. Ist jedoch die Querfaser nicht unmittelbar neben dem Zacken, kann die Papierprobe wahrscheinlich leichter aus dem Spalt heraus gezogen werden.

Betrachtet man die Mittelwerte (MW) der Prüfung in MD, sieht man, dass ein mattes Papier (SAPPI / B / M / 135) eine wesentlich geringere Auszugskraft als ein glänzendes Papier (SAPPI / A / G / 135, SAPPI / C / G / 135, SAPPI / D / G / 135) benötigt. Man könnte vermuten, dass ein mattes Papier durch seine rauere Oberfläche mehr Widerstand gegen das Herausziehen aus dem Spalt bieten würde als es ein glänzendes und damit wesentlich glatteres und komprimierteres Papier. Aber durch das stärkere Kalandrieren und die unterschiedliche Strichzusammensetzung ist die Oberfläche eines glänzenden Papiers wesentlich kompakter und ein Abkratzen der Strichschicht, wie es bei den Versuchsergebnissen beobachtet wurde, wird dadurch nur mit höherem Kraftaufwand erreicht.

Die maximal erreichten Kräfte (F_{\max}) verhalten sich tendenziell ähnlich wie die Mittelwerte. Jene Versuche, bei denen die geringsten Kräfte (F_{\min}) erreicht wurden zeigten jedoch ein abweichendes Ergebnis: zwei von den drei glänzenden Papiersorten erreichten geringere Auszugskräfte als die matte Papiersorte. Geht man davon aus, dass „die Kette am schwächsten Glied reißt“, wäre es in der realen Druckpresse wohl möglich, dass glänzende Papiere, auch hervorgerufen durch die anzunehmend höheren Ablösekräfte vom Gummituch, früher zu Gripper-Slip neigen als matte oder weniger stark kalandrierte Papiere.

Die Prüfung der Papiersorte, die auf beiden Produktionslinien hergestellt wird, zeigte deutliche Vorteile im Gripper-Slip-Verhalten für die neuere Linie, die dreifach-gestrichene Papiere herstellt. Es gibt bei der auf der PL4 hergestellten

Papiersorte zwar größere Schwankungen in der Höhe der Auszugskraft, es liegen aber sonst alle Werte höher als bei der auf der PL3 hergestellten gleichen Papiersorte. Diese Sorte, die auf zwei verschiedenen Produktionslinien hergestellt wird, ist jedoch nicht direkt mit den anderen vergleichbar, da sie eine andere flächenbezogene Masse aufweist. Dies führt zu einer großen Beeinflussung der Prüfung in mehreren Richtungen.

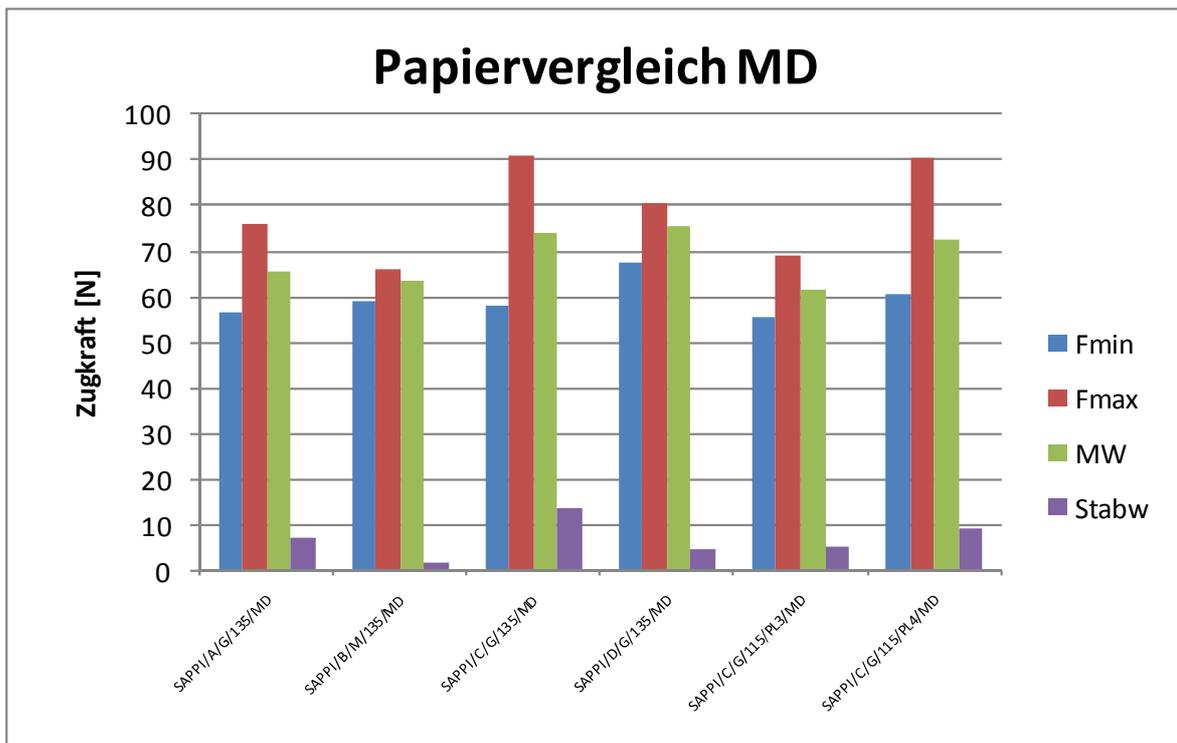


Abbildung 5.48: Papiervergleich mit Gripper-Slip-Labormethode, geprüft in MD

Betrachtet man die Papierprobe in Querrichtung, wird es durch die Ausrichtung der Fasern in MD sicher wahrscheinlicher sein, dass die Zacken den wenig kompressiblen Strichauftrag der Papierprobe direkt auf die Fasern als in die Hohlräume zwischen den Fasern hinein drücken. Die Wahrscheinlichkeit, dass alle Zacken in den Zwischenräumen landen ist sehr gering. Das würde auch eine geringere Schwankung der Auszugskraft erklären, die notwendig ist, um die Probe aus dem Spalt zu ziehen.

Die in den Ergebnissen erkennbare Tendenz verhält sich sowohl in der Größe der Auszugskraft als auch im Verhalten der einzelnen Sorten in CD gleich wie in MD. Die minimalen Auszugskräfte (F_{min}) sind in CD tendenziell höher und die

maximalen Auszugskräfte (F_{max}) geringer als die zu den in MD geprüften Papiersorten dazugehörenden Kräfte.

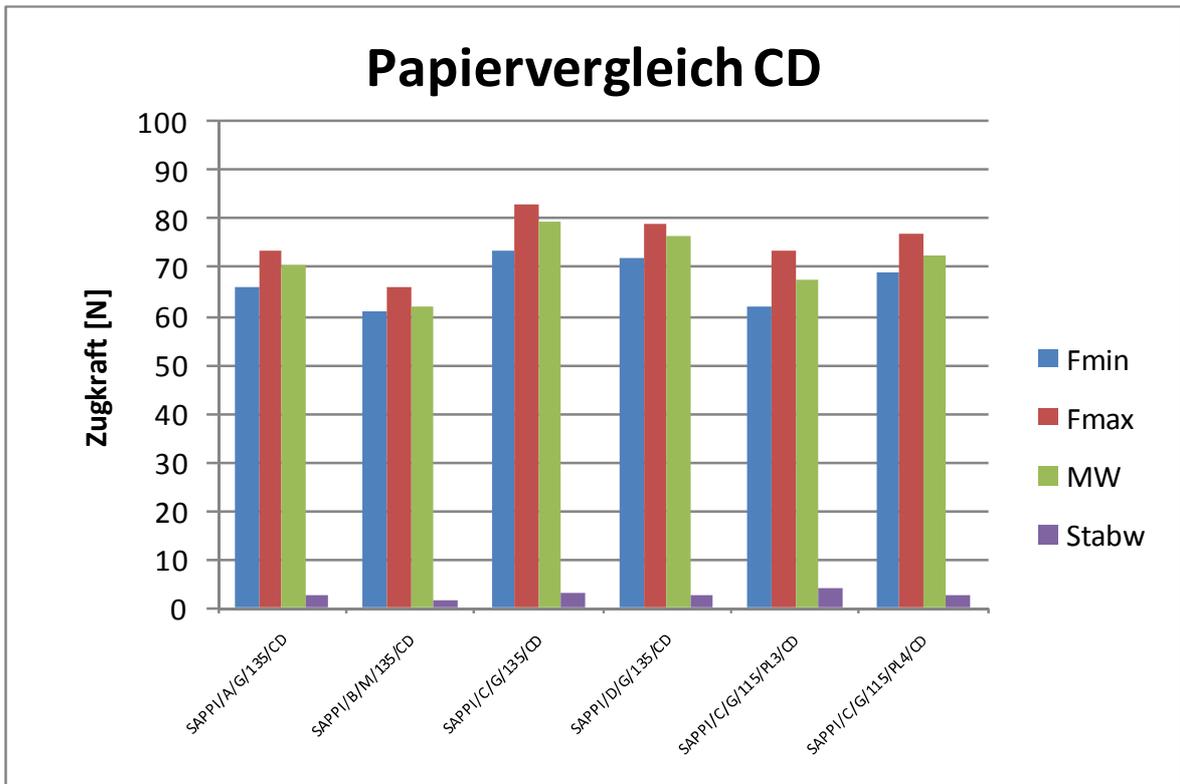


Abbildung 5.49: Papiervergleich mit Gripper-Slip-Labormethode, geprüft in CD

Die Unterschiede der Gripper-Slip-Prüfungen in MD und in CD sind sehr gering. Prinzipiell liefern beide Messungen ein ähnliches Ergebnis, jedoch ist die Schwankung der Auszugskräfte innerhalb der Papiersorten in CD geringer. Trotzdem ist es zu empfehlen immer beide Richtungen einer Papiersorte zu prüfen.

6 Weitere Untersuchungsmethoden von Gripper-Slip

Damit möglichst viel Wissen über die positiven oder negativen Einflüsse eines Papiers in Bezug auf dessen Verhalten gegenüber dem Herausziehen aus dem Greifer einer Bogenoffset-Druckmaschine und im Druckspalt des Druckwerkes dieser Maschinen gesammelt werden konnte, wurden noch weitere Untersuchungen durchgeführt.

6.1 Reibungsmessung

Eine dieser Untersuchungsmethoden war eine Messung des Haftreibungs- und Gleitreibungskoeffizienten der Papiere, die sich positiv oder negativ beim Bedrucken in Bezug auf Gripper-Slip verhalten könnten. Diese Messungen wurden schon durchgeführt, bevor die Entwicklung der Messung von Gripper-Slip mit dem nachgebauten Greifer begann.

Bei der Reibungsmessung wird dasselbe Zugprüfmessgerät der Firma ZWICK/ROELL verwendet wie bei den Gripper-Slip-Messungen. An dieses wurde die Prüfeinrichtung, wie sie in *Abbildung 6.1* zu sehen ist, angebracht.

Der zu prüfende Papierbogen wird auf der Gleitfläche fixiert und der Schleifkörper über die Umlenkrolle vom Zugprüfgerät gezogen. Daraus können dann der Haftreibungskoeffizient μ_s , die Haftreibungskraft F_s , der Gleitreibungskoeffizient μ_d und die Gleitreibungskraft F_d ermittelt werden.

Geprüft wurde nach einer Standard-Testmethode für Papierreibung deren Voraussetzungen in der ISO 15359 (Paper and Board, 1999 – Determination of the static and kinetic coefficients of friction - Horizontal plane method) beschrieben sind.

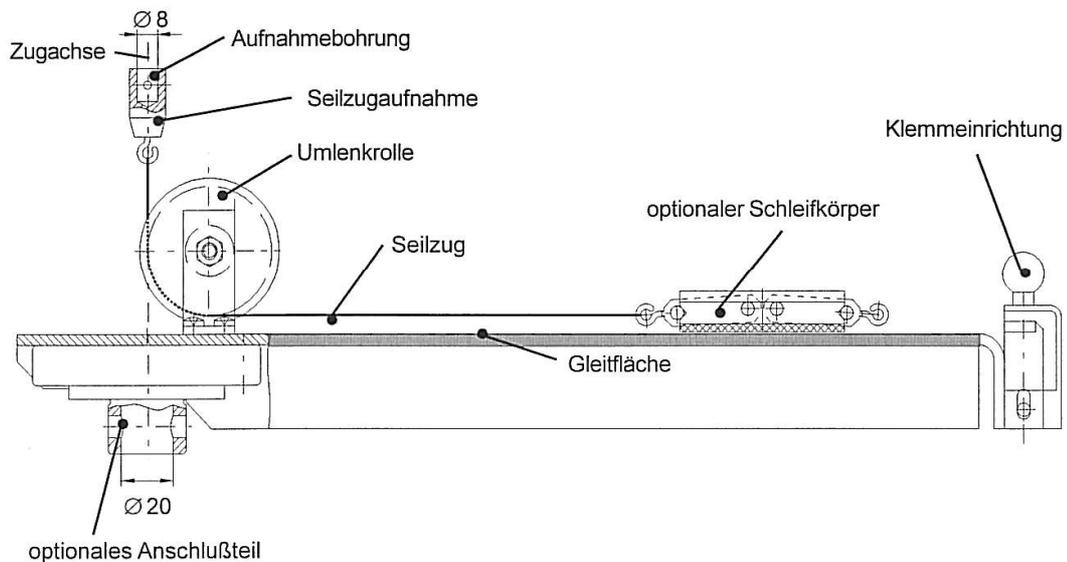


Abbildung 6.1: Reibeinrichtung für ZWICK-Zugprüfgerät (nach der Betriebsanleitung von ZWICK/ROELL für diese Vorrichtung)

6.1.1 Vergleich der Ergebnisse Reibung, Glanz und Rauigkeit

In den folgenden Abbildungen bedeutet
bezüglich der Reibungsmessung:

- μ_s Haftreibungskoeffizient (statisch)
- F_s Haftreibungskraft (statisch)
- μ_d Gleitreibungskoeffizient (dynamisch)
- F_d Gleitreibungskraft (dynamisch)

bezüglich der Gripper-Slip Prüfung:

- GS MD min minimale Gripper-Slip-Auszugskraft in MD
- GS MD max maximale Gripper-Slip-Auszugskraft in MD
- GS CD min minimale Gripper-Slip-Auszugskraft in CD
- GS CD max maximale Gripper-Slip-Auszugskraft in CD

bezüglich der Glanzmessung:

- 45° DIN Glanzmessung nach DIN im Winkel von 45°
- 75° DIN Glanzmessung nach DIN im Winkel von 75°
- 75° TAPPI Glanzmessung nach TAPPI im Winkel von 75°

bezüglich der Oberflächenrauigkeitsmessung:

- PPS Oberflächenrauigkeitsmessung mit Parker Print Surf

Im Vergleich der Reibungsmessung mit der Prüfung der Auszugskraft mittels Gripper-Slip-Labormethode ist sofort eine Ähnlichkeit der Kräfte F_s und F_d mit der maximalen Auszugskraft in MD der Gripper-Slip-Prüfung festzustellen (siehe *Abbildung 6.2: Vergleich: Reibung - Gripper-Slip MD*).

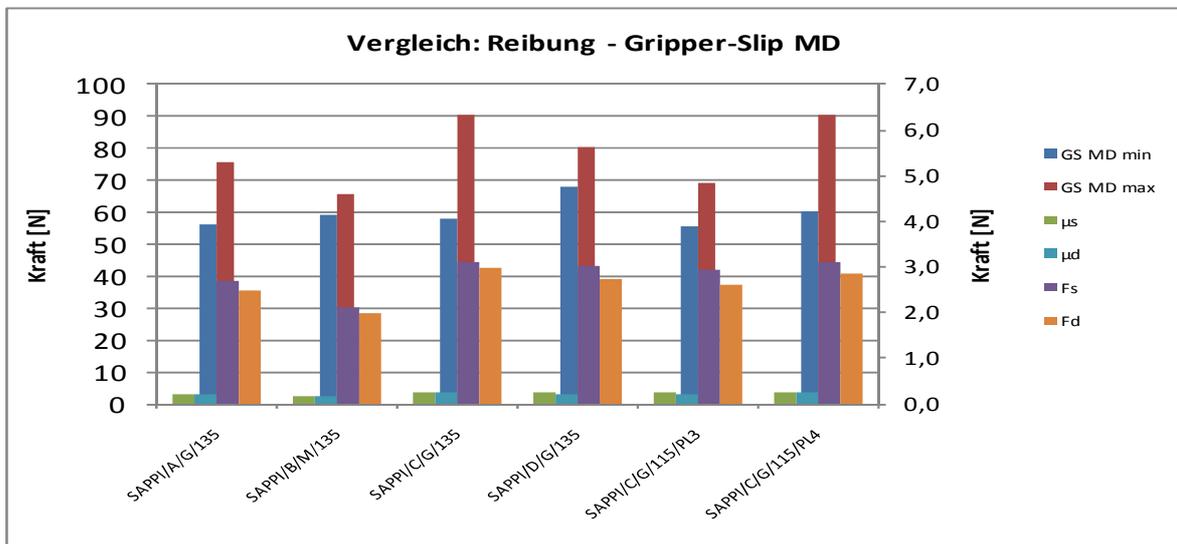


Abbildung 6.2: Vergleich: Reibung - Gripper-Slip MD

Betrachtet man jedoch die minimale Auszugskraft in MD, ist diese vorher erwähnte Ähnlichkeit nicht mehr vorhanden. Geht man davon aus, dass Gripper-Slip dann passiert, wenn der Fall der minimalen Auszugskraft (GS MD min) eintritt, dann ist eine Ähnlichkeit mit der Reibungsmessung nicht mehr vorhanden. Die Gripper-Slip-Prüfung sollte deshalb unbedingt extra durchgeführt werden. In *Abbildung 6.2: Vergleich: Reibung - Gripper-Slip MD* sind die Ergebnisse der beiden Prüfungen dargestellt, wobei die Gripper-Slip Ergebnisse den Einheiten auf der linken y-Achse und die Ergebnisse der Reibungsmessung den Einheiten auf der rechten y-Achse folgen.

Die Ergebnisse der Gripper-Slip-Prüfung in CD, die wesentlich weniger streuten, zeigten große Ähnlichkeit mit den Ergebnissen der Reibungsprüfung (siehe *Abbildung 6.3*). Die Achsenaufteilung erfolgte gleich wie in *Abbildung 6.2: Vergleich: Reibung - Gripper-Slip MD*, nur wurden die Gripper-Slip-Ergebnisse in MD gegen die Ergebnisse in CD ausgetauscht.

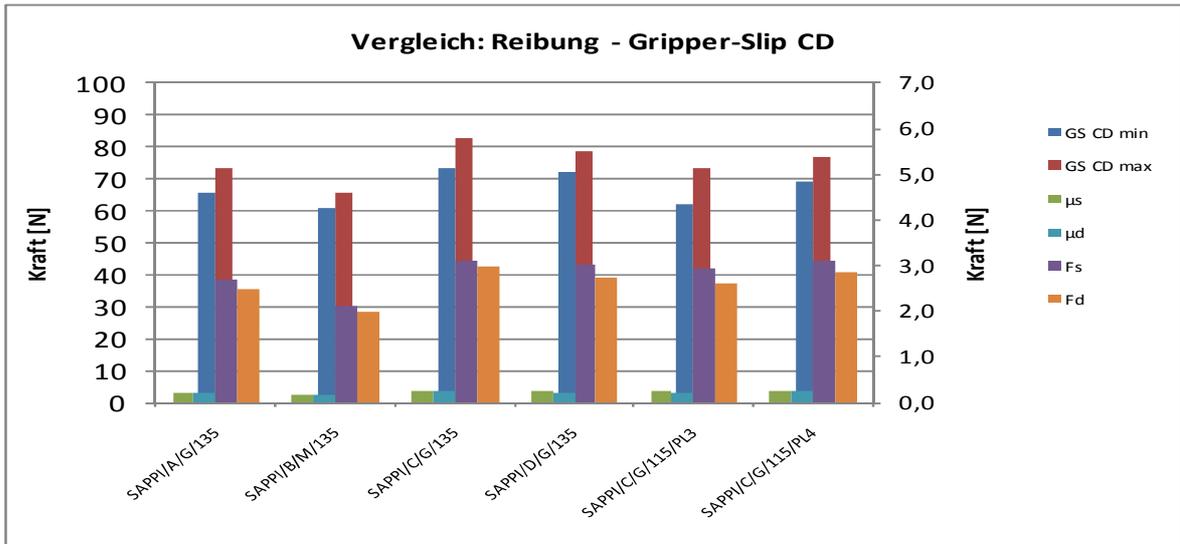


Abbildung 6.3: Vergleich: Reibung - Gripper-Slip CD

Der in *Abbildung 6.4: Vergleich: Reibung – Glanz* dargestellte Vergleich zwischen dem Glanz der einzelnen Papiersorten (geprüft wurde 45° und 75° nach DIN, 75° nach TAPPI) und der Reibungsmessung ergab nur einen einzigen Zusammenhang, die auch schon vor der Prüfung zu erwarten war: Die einzige matte Papiersorte (SAPPI / B / M / 135), die sowohl bei der Reibungsprüfung als auch bei der Gripper-Slip-Prüfung in CD die geringsten Werte aufwies, hatte auch den geringsten Glanz. Die glänzenden Papiersorten hatten allerdings einen sehr geringen Unterschied im Glanz und daher konnte auch keine Tendenz erkannt werden.

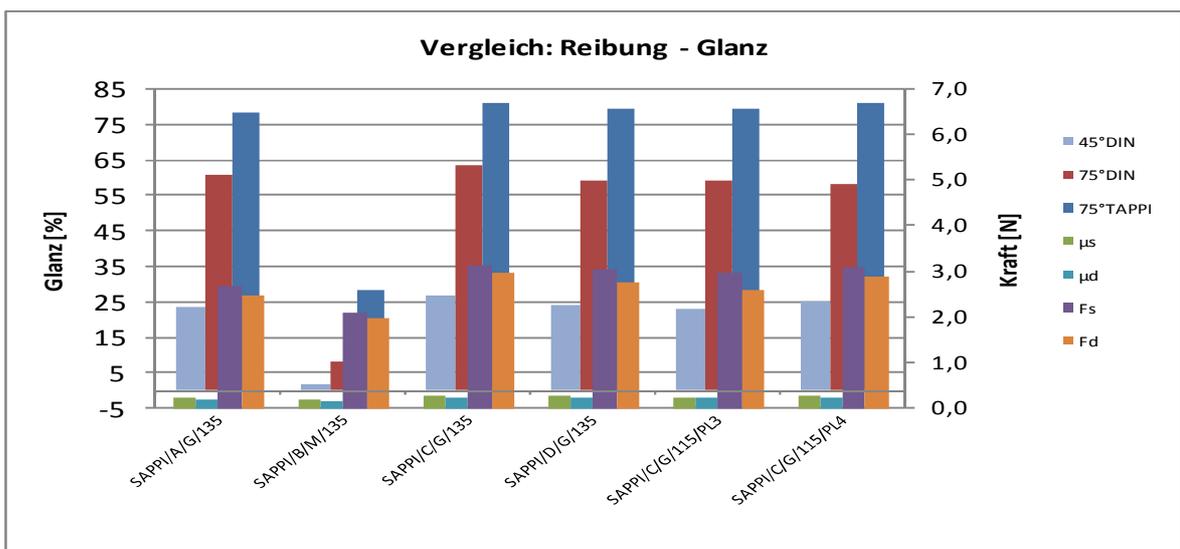


Abbildung 6.4: Vergleich: Reibung – Glanz

Da Glanz und Oberflächenrauigkeit, wie schon in *Kapitel 3.4.2* beschrieben wurde, einen starken Zusammenhang miteinander haben, lieferte auch der Vergleich der Ergebnisse betreffend die Messung der Oberflächenrauigkeit (PPS) mit jenen der Reibungsmessung nahezu das gleiche Ergebnis. Eine hohe Oberflächenrauigkeit bedeutet bei dem geringen Gewicht des Reibkörpers, dass weniger Papieroberfläche mit dem Reibkörper in Berührung kommt und die benötigten Kräfte (F_s und F_d) sinken.

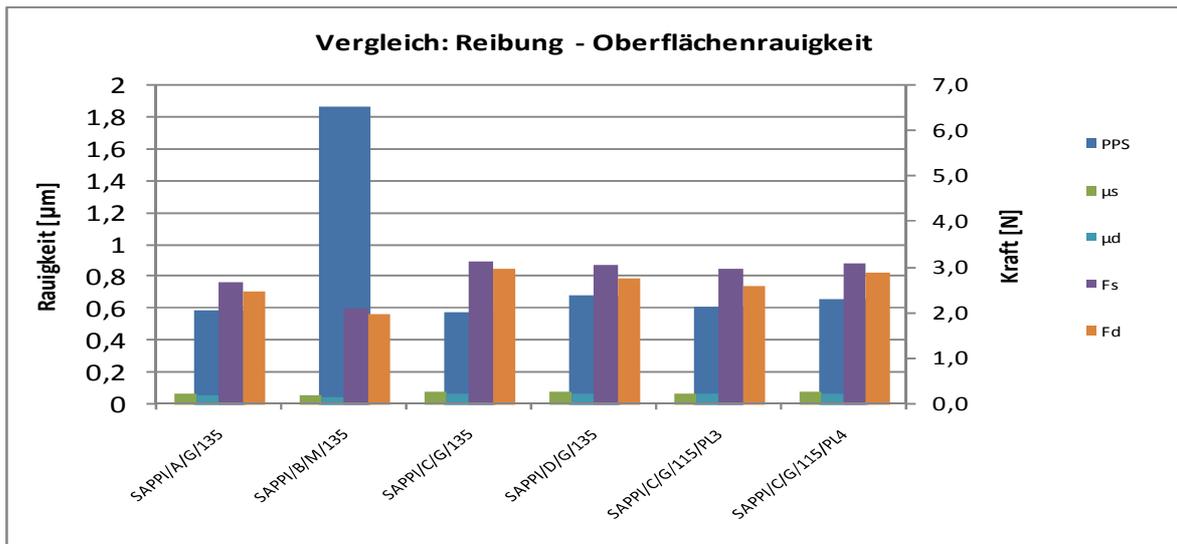


Abbildung 6.5: Vergleich: Reibung – Oberflächenrauigkeit

In *Abbildung 6.6* ist der Vergleich zwischen den Ergebnissen der Oberflächenrauigkeit und den Gripper-Slip-Prüfungen dargestellt. Die Ergebnisse der Gripper-Slip-Prüfung sind mit den Einheiten auf der linken y-Achse verbunden und die Ergebnisse der Oberflächenrauigkeit mit jenen der rechten y-Achse.

Auch bei dieser Gegenüberstellung ist zu erkennen, dass eine rauere Oberfläche eine geringere Auszugskraft benötigt. Die einzige matte Papiersorte verhielt sich sichtbar anders als die glänzenden Papiersorten.

Eine Korrelation zwischen den beiden Prüfungen in Bezug auf die glänzenden Papiersorten kann allerdings nicht gefunden werden.

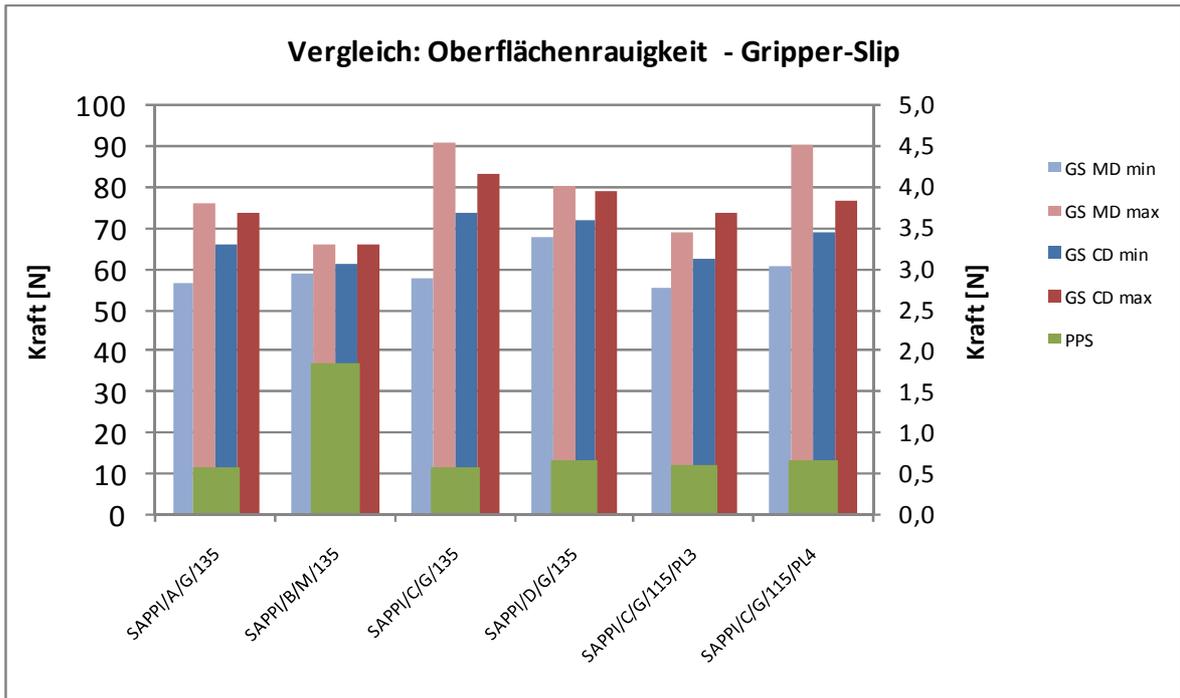


Abbildung 6.6: Vergleich: Oberflächenrauigkeit - Gripper-Slip

Der Vergleich jener Ergebnisse der Gripper-Slip-Messung und der Glanzmessung zeigt ein ähnliches Verhalten wie zuvor beschrieben. Auch hier ist ein deutlicher Unterschied bei der matten Papiersorte SAPPI / B / M / 135 gegenüber den glänzenden zu erkennen. Vergleicht man nur die glänzenden Papiersorten, ist es wiederum nicht möglich eine Korrelation der Ergebnisse zu finden.

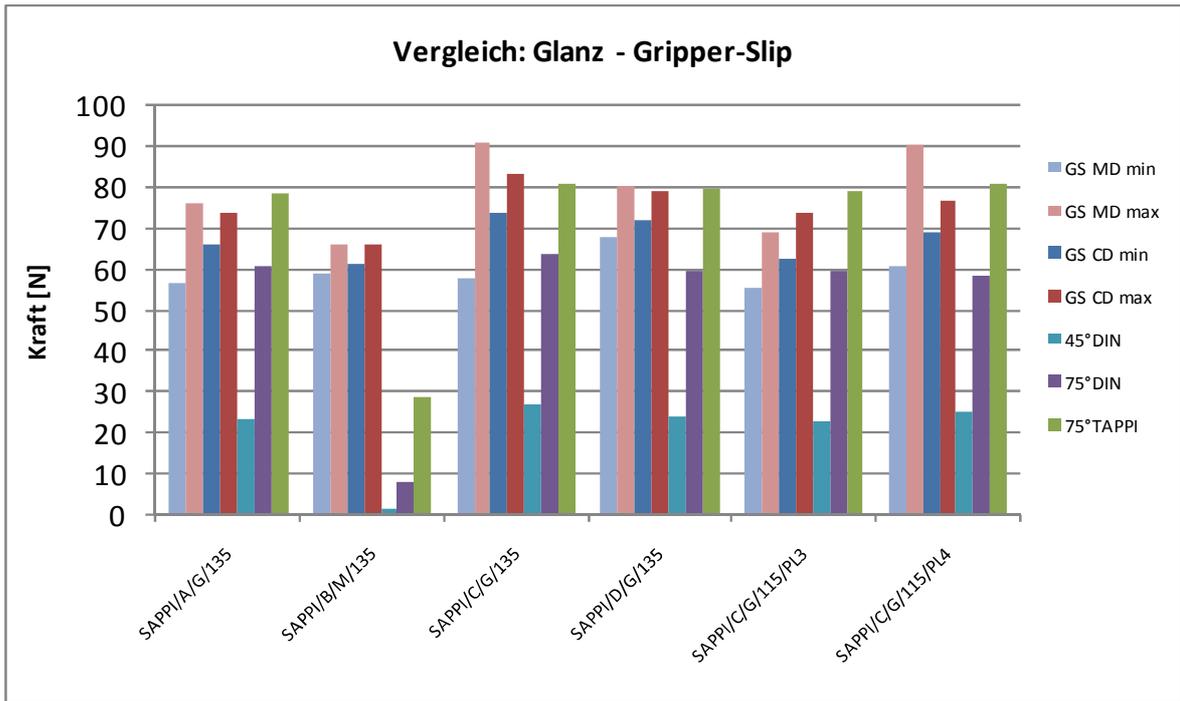


Abbildung 6.7: Vergleich: Glanz - Gripper-Slip

6.2 Tack-Verhalten

Da das Tack-Verhalten der einzelnen Papiersorten ausschlaggebend für das Verhalten in Bezug auf Gripper-Slip sein könnte, wurde dieses Verhalten mit Hilfe eines DELTACK Prüfgerätes der Firma Prüfbau überprüft.

Dieses Messgerät ist ähnlich aufgebaut wie eine Offsetdruckpresse, d.h. es werden die auftretenden Spaltkräfte ermittelt, während die Druckfarbe in einem rotierenden System auf einen Trägerstoff (Papier) übertragen wird.

Die Spaltkräfte, die während des Laufes auftreten, können in Abhängigkeit von den eingestellten Druckparametern wie Druckgeschwindigkeit, Druckkraft, Menge und Art der Druckfarbe und dem Papier mit seiner Strichschicht selbst gemessen werden. Bei jedem Durchgang wird die Spaltkraft gemessen und damit das Wegschlagen der Druckfarbe in das Papier bestimmt.

In *Abbildung 6.8* sind die Ergebnisse des Vergleichs der bei der Gripper-Slip-Prüfung verwendeten Papiersorten in Bezug auf die Spaltkraft, ermittelt am DELTACK Prüfgerät, dargestellt. Die vier schwereren Sorten sind auf der linken y-Achse aufgetragen. Dort kann man deutlich sehen, dass die Druckfarbe in den drei hochglänzenden Papiersorten wesentlich schneller wegschlägt, als es bei der matten Papierprobe der Fall ist. Am schnellsten verläuft dieser Vorgang bei der Sorte SAPPI / C / G / 135 und am langsamsten eben bei der matten Sorte SAPPI / B / M / 135. SAPPI / C / G / 135 erreicht die höchste Spaltkraft, was in Bezug auf die Offsetdruckpresse in einer besonders hohen Zugkraft auf das Greifersystem resultieren könnte – dies wiederum würde Gripper-Slip forcieren.

Der Vergleich der beiden Produktionslinien wird mit den Sorten SAPPI / C / G / 115 / PL3 und SAPPI / C / G / 115 / PL4 gezeigt und ist auf der rechten y-Achse aufgetragen. Um die einzelnen Sorten nicht zu verwechseln wurde diese Achse nach unten verschoben. Auch zwischen den beiden Produktionslinien ist ein geringer Unterschied beim Wegschlagverhalten der Druckfarbe erkennbar. Bei SAPPI / C / G / 115/ PL4 ist der Kraftaufbau von der Zeit gesehen etwas langsamer, die maximale Kraft ist jedoch geringfügig größer. Das wiederum könnte, wie schon bei den schweren Sorten beschrieben, zu einer erhöhten Kraft auf das Greifersystem in einer Offsetdruckpresse führen und damit Gripper-Slip begünstigen.

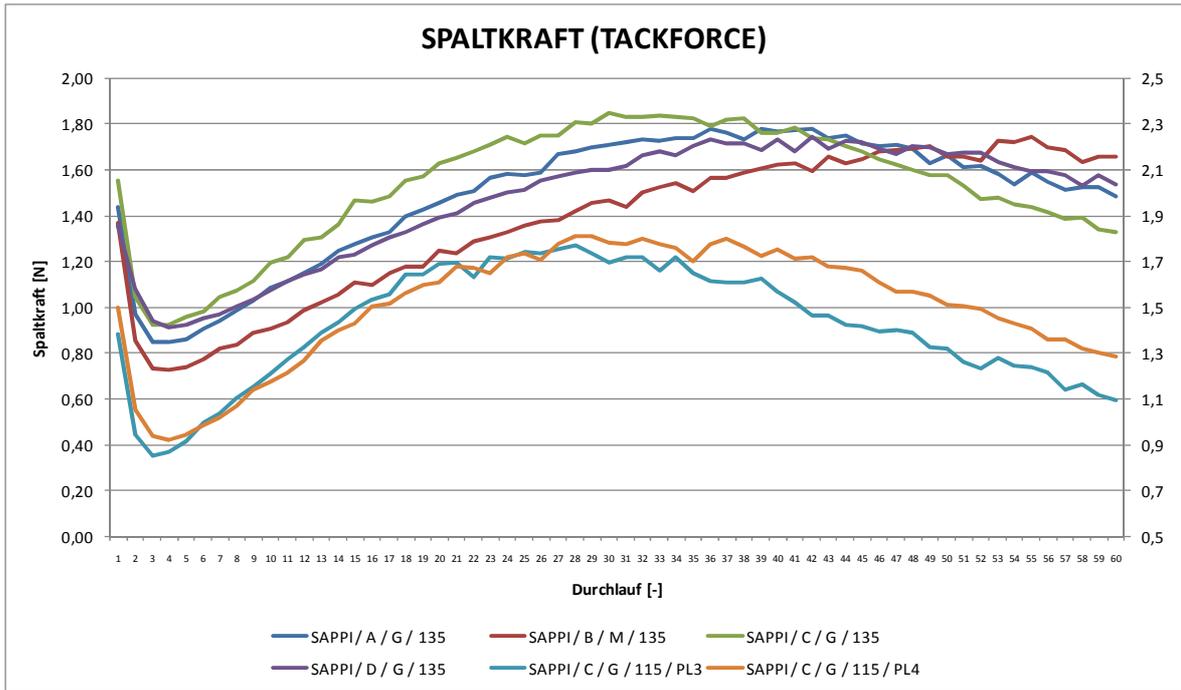


Abbildung 6.8: Vergleich der Papiersorten in Bezug auf die Spaltkraft (DELTACK)

Wenn man die Ergebnisse der Gripper-Slip-Prüfung (siehe *Abbildung 5.48: Papiervergleich mit Gripper-Slip-Labormethode, geprüft in MD* und *Abbildung 5.49: Papiervergleich mit Gripper-Slip-Labormethode, geprüft in CD*) mit jenen der Spaltkraft vergleicht, kann man keinen direkten Zusammenhang finden.

6.3 Greiferabdrücke – z-Kompressibilität – Mikrotomschnitt

6.3.1 Greiferabdrücke

Da Gripper-Slip sehr wahrscheinlich von vielen Faktoren abhängig ist, wurde auch die Kompressibilität der einzelnen Papiersorten überprüft. Ausschlaggebend für diese Überprüfung waren Greiferabdrücke von einem Papier ohne Gripper-Slip Erscheinungen im Druckbild und einem Papier mit gravierenden Druckpunktverschiebungen. Die Greiferabdrücke sind in *Abbildung 6.9* zu sehen. Bei Betrachtung dieser Fotos kann man einen deutlichen Unterschied in der resultierenden, bleibenden Kompressibilität der Papiere erkennen. Auf dem linken Foto befindet sich die Papiersorte, bei der keine Punktverschiebungen festgestellt werden konnten und auf der rechten Seite die Papiersorte mit Passerproblemen. Die Abdrücke, die der Greifer auf dem linken Papier hinterlassen hatte, waren wesentlich tiefer als dies auf dem rechten Papier festgestellt werden konnte.

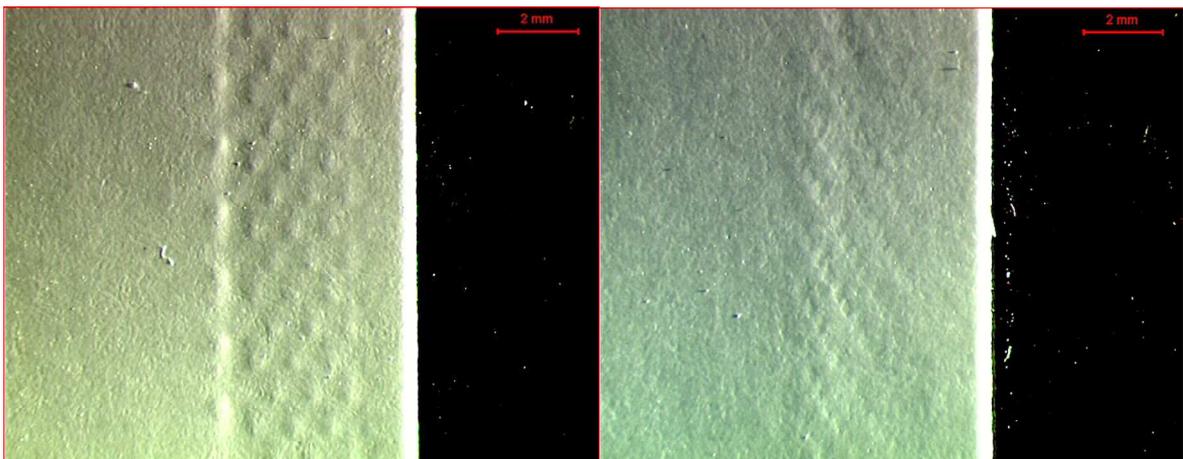


Abbildung 6.9: Greiferabdrücke auf zwei verschiedenen Papiersorten

Diese Fotos gaben den Anlass dazu, noch mehr über die Kompressibilität von gestrichenen Papieren zu erfahren und diese Erfahrungen mit der Gripper-Slip Laborprüfmethode zu vergleichen.

6.3.2 Z-Kompressibilität Versuchsdurchführung

Die sechs Papiersorten, die bei der Gripper-Slip-Prüfung untersucht wurden (siehe Kapitel 5.5), wurden auch bei der Kompressibilitätsprüfung in z-Richtung untersucht. Diese Versuche wurden bei der Firma ZWICK/ROELL in Ulm durchgeführt und der genaue Versuchsaufbau kann dort erfragt werden. Die

Druckfläche der Prüfvorrichtung betrug 7,06 mm². Im ersten Schritt wurde die Dicke mit einer Vorkraft von 0,1 N ermittelt. In Folge dessen wurde die Belastung schrittweise bis zu einer maximalen Kraft von 175 N erhöht. Danach wurde die Papierprobe in einer Hysterese entlastet und wieder mit den gleichen Kräften wie zuvor belastet – währenddessen wurde wieder die Dicke der Papierprobe gemessen. Es wurden von jeder Sorte sechs Proben geprüft und daraus der Mittelwert ermittelt.

Ergebnisse der z-Kompressibilität

Aufgezeichnet wurde die Dicke bei jeder Belastung, der Unterschied der Dicke bei Erhöhung der Kraft und der summierte Dickenunterschied aus der ersten Prüfung. Die gleichen Werte wurden bei erneuter Belastung der zuvor geprüften Papierprobe aufgezeichnet. Diese Werte sind in den *Abbildung 6.10* bis *Abbildung 6.15* dargestellt.

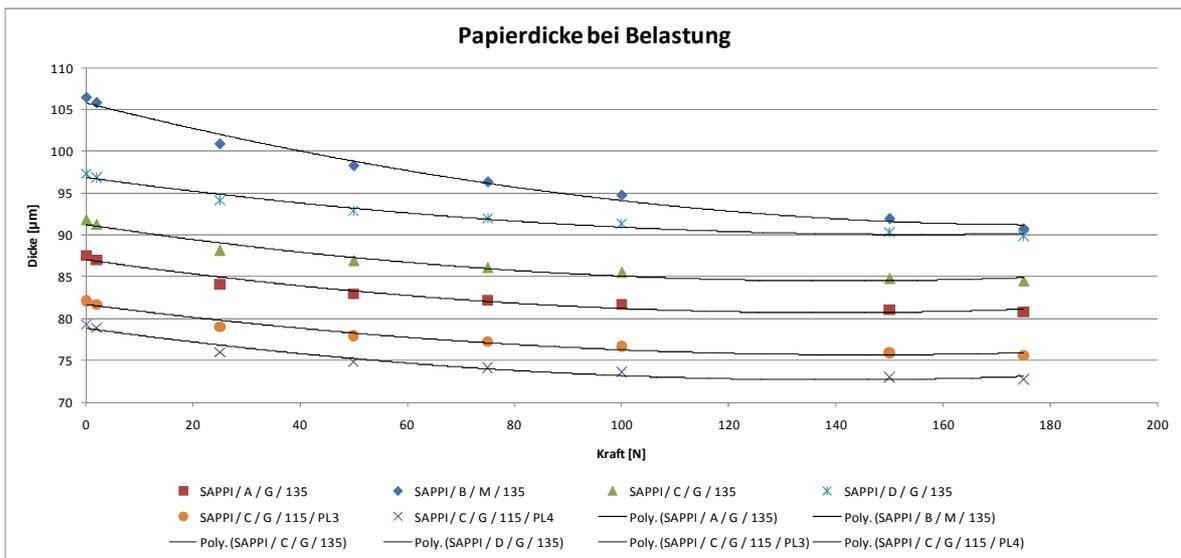


Abbildung 6.10: Papierdicke bei Belastung

In *Abbildung 6.10* kann man deutlich sehen, dass die Papierdicke bei kontinuierlicher Belastung abnimmt. Die matte Papiersorte, die auch weniger stark kalandriert wurde, ist hier die dickste Sorte, die aber auch am meisten Kompressionspotential besitzt. Deshalb nimmt die Dicke bei dieser Sorte auch am meisten ab, was sich in Hinblick auf Gripper-Slip und den vorher gezeigten Fotos von Greiferabdrücken am positivsten auswirken sollte. Tatsächlich ist es aber so, dass diese Sorte die geringsten Auszugskräfte bei der Laboruntersuchung benötigt

hat. Da es sich um die einzige matte Papiersorte handelt, sind diese Kräfte unter Umständen jedoch nicht zwingend mit den Werten der glänzenden Papiersorten zu vergleichen.

Betrachtet man *Abbildung 6.11* und *Abbildung 6.12*, sieht man, dass alle glänzenden Papiersorten ein annähernd gleiches Ergebnis erzielen. Durch diese Kompressibilitätsprüfung konnten keine unterschiedlichen Ergebnisse festgestellt werden.

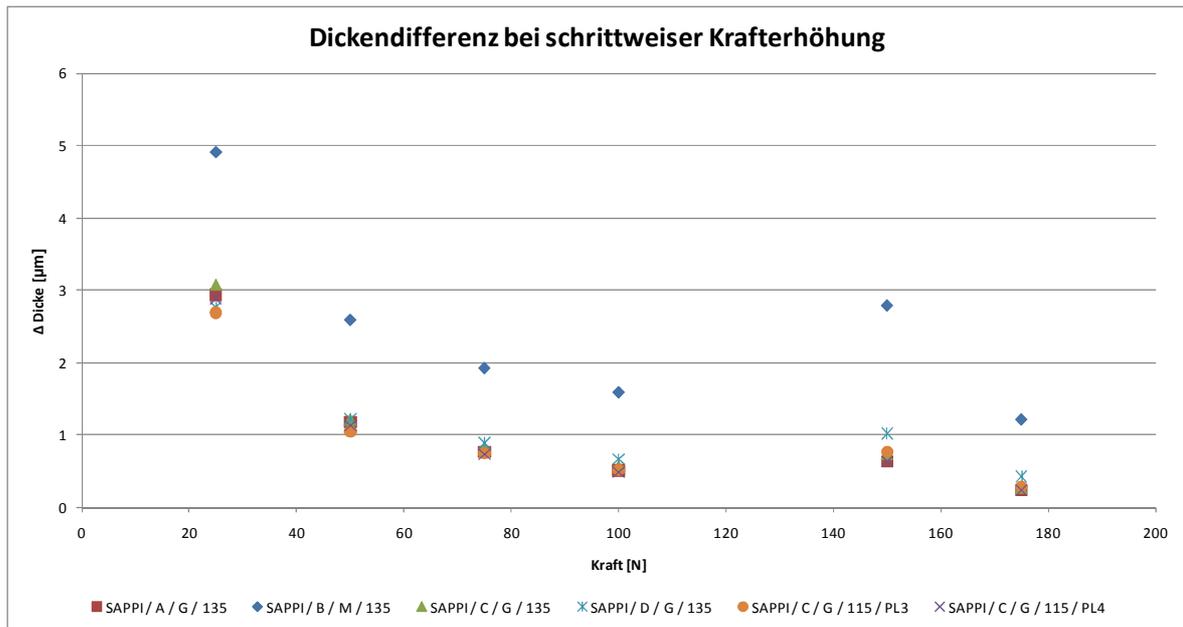


Abbildung 6.11: Dickendifferenz bei schrittweiser Krafterhöhung

Vergleicht man die beiden Produktionslinien, die durch die beiden Papiersorten SAPPI / C / G / 115 / PL3 und SAPPI / C / G / 115 / PL4 miteinander verglichen werden, kann kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

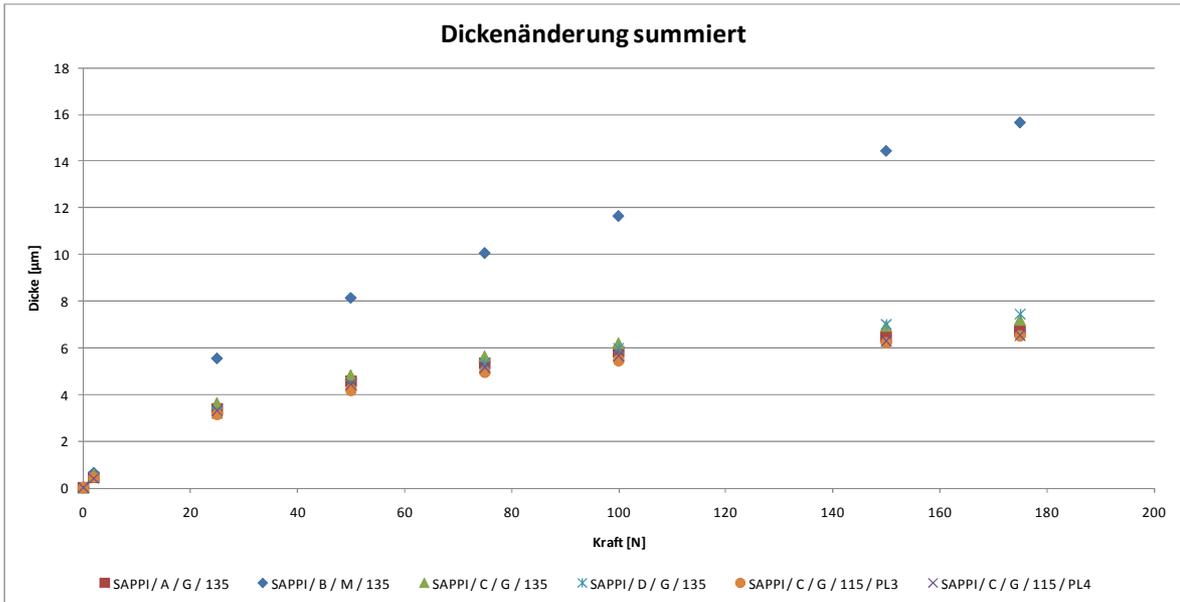


Abbildung 6.12: Dickenänderung summiert

Die Ergebnisse, die nach der Zwischenentlastung bei der Kompressibilitätsprüfung erhalten wurden, konnten die Annahmen aus den vorigen beiden Abbildungen auf eine weitere Art bestätigen. Dies kann man in *Abbildung 6.13* bis *Abbildung 6.15* sehen: Wieder verhalten sich die beiden Sorten SAPPI / C / G / 135 und SAPPI / D / G / 135 geringfügig kompressibler als die dritte glänzende Sorte, die auch bei den Gripper-Slip Laborversuchen geringere Auszugskräfte benötigte.

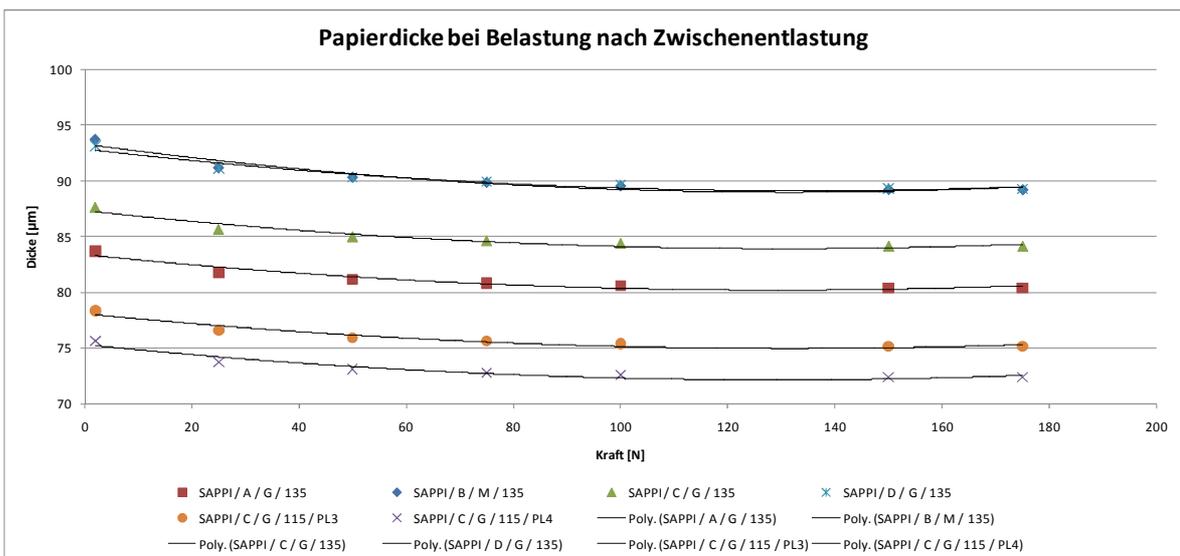


Abbildung 6.13: Papierdicke bei Belastung nach Zwischenentlastung

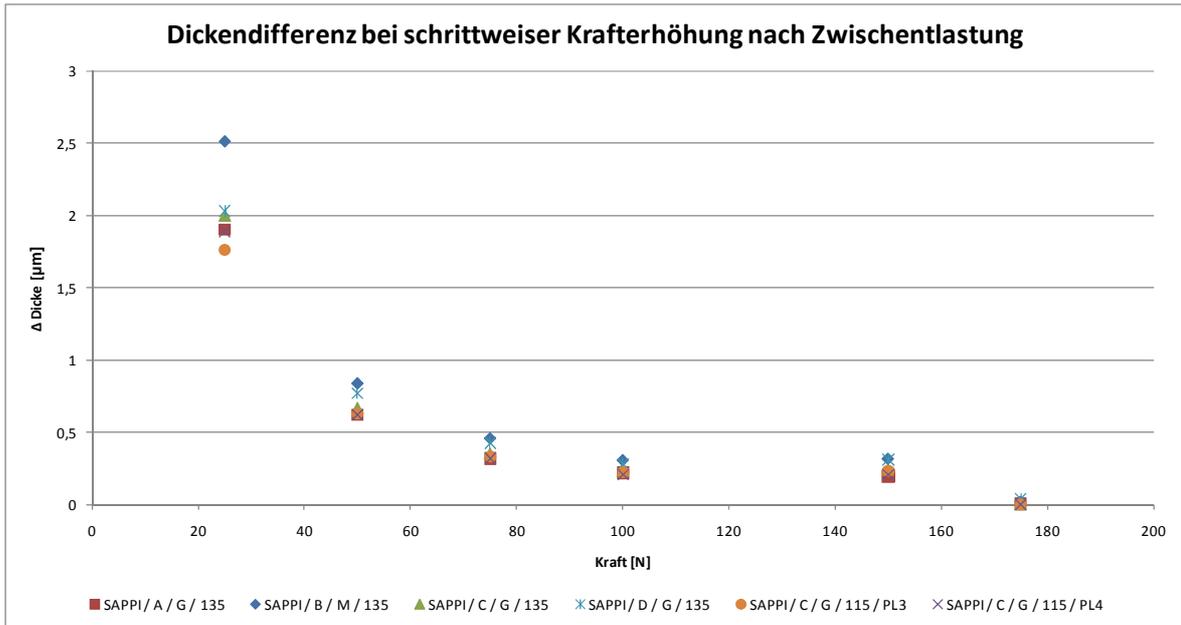


Abbildung 6.14: Dickendifferenz bei schrittweiser Krafterhöhung nach Zwischenentlastung

Nach der Zwischenentlastung verhielten sich die Papierproben der Sorte SAPPI/C/G/115/PL3 und PL4, die in beiden Produktionslinien hergestellt wurden, beinahe identisch. Eine eindeutige Aussage kann in diesem Vergleich nicht getroffen werden.

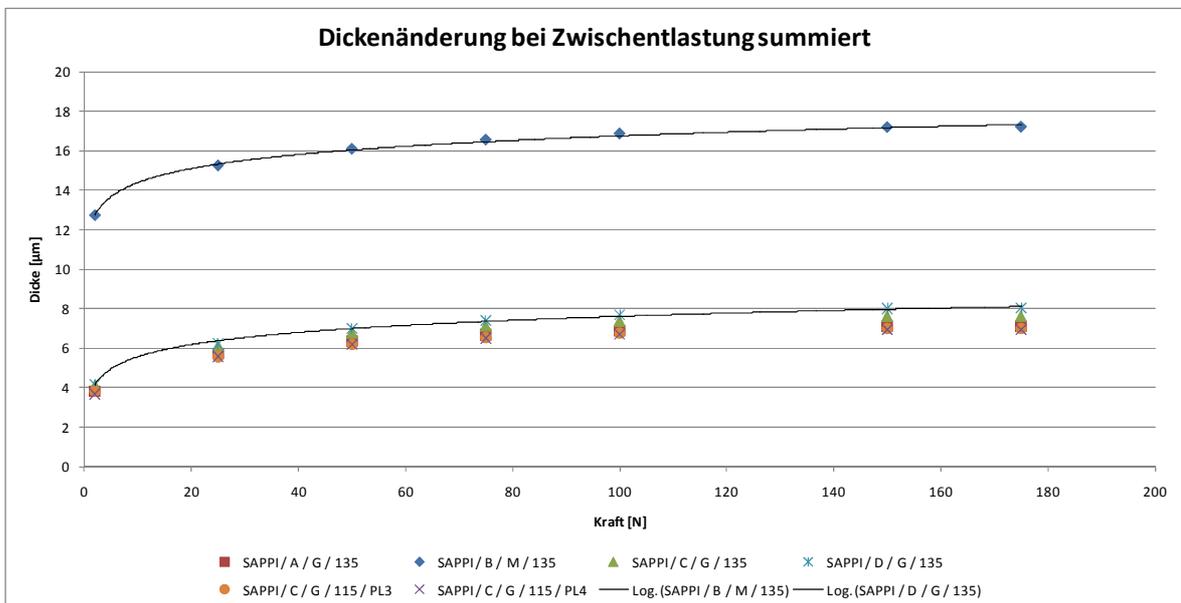


Abbildung 6.15: Dickenänderung nach Zwischenentlastung summiert

Die Kompressibilitätsprüfung zeigt in diesem Fall, dass dickere Papiere mehr Kompressibilität zur Verfügung stellen – eine eindeutige Verbindung zu den Gripper-Slip Laborversuchen kann jedoch nicht gefunden werden.

6.3.3 Mikrotomschnitte

Um weitere Informationen über die Kompressibilität und das Verhalten der Fasern und der Strichschicht von komprimierten Papieren zu bekommen und um vielleicht doch einen direkten Zusammenhang zur Gripper-Slip Laborversuchsmethode zu finden, wurden Mikrotomschnitte von zwei Papiersorten, die bei einem Drucktest unterschiedlich gut in Bezug auf Gripper-Slip abgeschnitten haben, hergestellt.

Geprüft wurden eine Papiersorte, die keine Gripper-Slip-Symptome zeigte, und eine zweite Papiersorte, bei der eindeutig Gripper-Slip festgestellt werden konnte.

Die Papiere wurden in Harz eingebettet und danach Mikrotomschnitte genau in dem Bereich durchgeführt, wo der Greifer Abdrücke am Papier hinterlassen hatte.

Das Ergebnis war genau gleich, wie es schon in *Kapitel 6.3.1* beschrieben wurde: die Sorte ohne Druckpunktverschiebungen war im Bereich des Greifers deutlich komprimiert, während bei Papiersorte mit Druckpunktverschiebungen keine derartigen Eindrücke zu erkennen waren. Bei den einzelnen Mikrotomschnitten wurde darauf geachtet, genau durch die sichtbaren Eindrücke vom Greifer zu schneiden..



Abbildung 6.16: Mikrotomschnitt von Papier ohne Gripper-Slip-Erscheinung (200x)

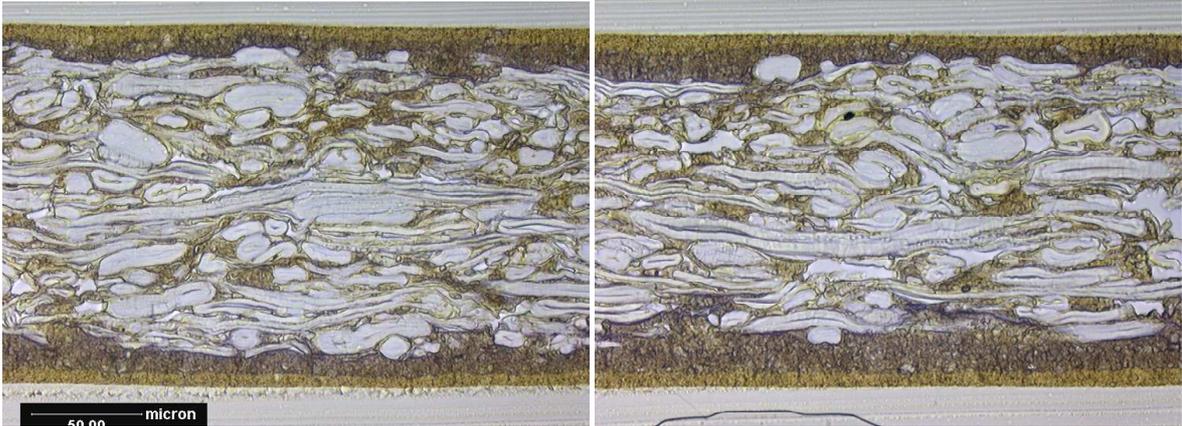


Abbildung 6.17: Mikrotomschnitt einer Papiersorte mit Gripper-Slip-Erscheinung

In der *Abbildung 6.16* sind deutliche Druckstellen durch den Greifer zu sehen, während in *Abbildung 6.17* die beiden Strichschichten ohne Veränderungen parallel verlaufen. Je weniger ein Papier komprimiert werden kann, desto schlechter zeigt sich auch das Verhalten in Bezug auf Gripper-Slip.

Mikrotomschnitte der im Laborversuch geprüften Papiersorten wurde durch die begrenzte Zeit dieser Diplomarbeit nicht durchgeführt und hätte vielleicht einen direkten Vergleich zur Gripper-Slip-Laborversuchsmethode zugelassen.

6.4 Drucktest

Für den Drucktest wurde ein Sujet ausgewählt, das einen Druckfehler in Bezug auf Gripper-Slip begünstigen sollte. Um sehen zu können, wo Gripper-Slip stärker auftritt, wurden die Stellen, die mit schwarzer Farbe vollflächig bedruckt werden sollten, in verschiedenen Abständen von der Greiferleiste entfernt angeordnet, da Schwarz die Farbe mit den höchsten Tack-Werten darstellt. Sollte auch eine geringere Spaltkraft ausreichen, das heißt eine weniger zügige Farbe Gripper-Slip auslösen können, dann wäre dies mit den anderen vollflächigen Farbstellen nahe der Greiferleiste zu sehen. Über die ganze Druckform wurden Passerkreuze verteilt, um ein verschobenes Druckbild sofort erkennen zu können. Die Druckform hatte das Format 91 x 62 cm – siehe *Abbildung 6.18: Sujet für Drucktest 91 x 62 cm*.

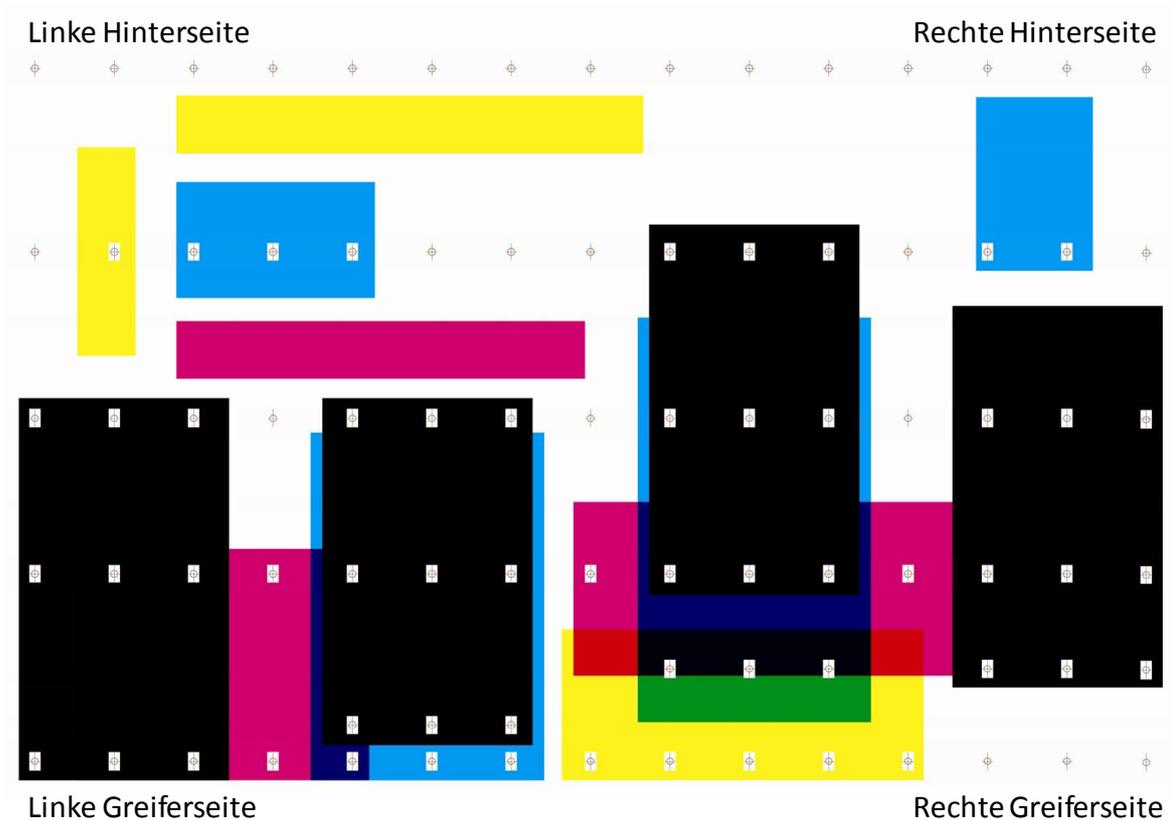


Abbildung 6.18: Sujet für Drucktest 91 x 62 cm

6.4.1 Ergebnisse des Drucktests

Bei diesem Drucktest wurden folgende Papiersorten bedruckt, die in *Tabelle 6-2* mit ihren Oberflächeneigenschaften dargestellt sind:

Tabelle 6-1: Papiereigenschaften der Papiere vom Drucktest

Bezeichnung	Glätte (PPS)		Glanz 75° TAPPI		Glanz 75° DIN		Glanz 45° DIN	
	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s
WB / E / G / 250 / BB	1,02	0,03	77,5	0,49	53,6	1,21	20,1	0,98
WB / E / G / 250 / SB	0,96	0,03	79,3	0,51	59,8	1,37	25,9	1,03
SAPPI / C / G / 170 / SB	0,76	0,02	74,0	0,41	58,7	1,29	19,7	0,96
SAPPI / D / G / 170 / BB	0,61	0,02	76,6	0,46	64,1	1,23	22,9	0,89
SAPPI / F / G / 250 / BB	0,80	0,03	78,8	0,51	64,3	1,33	25,8	1,05
SAPPI / F / G / 250 / BB / oS	0,75	0,03	78,8	0,50	61,2	1,22	23,5	1,01
SAPPI / F / G / 250 / SB	0,96	0,02	79,3	0,45	59,8	1,13	25,9	1,19

In *Tabelle 6-2* bedeutet in der Bezeichnung der Papiere SB Schmalbahn, BB Breitbahn und oS ohne Kalzium-Stearat.

Die Bewertung der einzelnen Papiere wurde so durchgeführt, dass eine Bewertung von 1 keinen Fehler darstellte. Je weiter die Druckpunkte sich von ihrer ursprünglichen Position entfernten, wurden entsprechend höhere Punkte vergeben. Beurteilt wurden alle vier Ecken der bedruckten Papiere und danach wurden die vergebenen Punkte summiert. Das Ergebnis ist der *Tabelle 6-2: Ergebnis Drucktest Gripper-Slip* zu entnehmen. Betrachtet man die Ergebnisse der

Bewertung im Zusammenhang mit der flächenbezogene Masse der einzelnen Sorten, konnte kein direkter Zusammenhang gefunden werden. Sowohl die schwereren Papiere (250 g/m²) als auch die leichteren Papiere (170 g/m²) zeigten ähnliche Ergebnisse. Der Vergleich der verschiedenen Papiersorten zeigt, dass mit den Sorten WB / E / G / 250 / SB und SAPPI / C / G / 170 / SB die besten Ergebnisse erzielt werden konnten. Beide waren Schmalbahn-Papiere, die laut den Ergebnissen von MICHL [2] schlechtere Ergebnisse hätten erzielen sollen. Der Praxisdrucktest zeigte überraschender Weise jedoch genau das umgekehrte Ergebnis. SB-Papiere verhielten sich wesentlich besser als BB-Papiere. Das könnte sich aber wieder über die flächenbezogene Masse und die Biegesteifigkeit erklären lassen, da in der Forschungsarbeit [11], die parallel zu seiner Modellierung durchgeführt wurde, nur Papiersorten mit einer flächenbezogenen Masse von 90 g/m² verwendet wurden. Deren Biegesteifigkeit ist wesentlich geringer, als bei Papieren mit hoher flächenbezogener Masse.

Tabelle 6-2: Ergebnis Drucktest Gripper-Slip

	WB / E / G / 250 / BB	WB / E / G / 250 / SB	SAPPI / C / G / 170 / SB	SAPPI / D / G / 170 / BB	SAPPI / F / G / 250 / BB	SAPPI / F / G / 250 / BB / oS	SAPPI / F / G / 250 / SB
Rechte Greifenseite	1,5	1,3	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3
Rechte Hinterseite	1,5	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3	1,5
Linke Greifenseite	1,5	1,8	1,5	1,7	1,8	2,0	1,8
Linke Hinterseite	1,5	1,3	1,3	1,6	3,0	3,0	1,8
Ergebnis	6,0	5,7	5,8	6,3	7,6	7,6	6,4

Führt man einen sortenspezifischen Vergleich der Ergebnisse durch, sieht man, dass die Sorten WB / E / G / 250, SAPPI / C / G / 170 und SAPPI / D / G / 170 wesentlich besser abschneiden als die Sorte SAPPI / F / G / 250. Vermutlich wird

das schlechtere Abschneiden dieser Sorte auf eine andere Rohpapier- bzw. Strichzusammensetzung zurück zu führen sein.

Auf der linken Greiferseite befindet sich die schwarze Volltonfläche des Sujets unmittelbar neben der Greiferleiste (Abstand ca. 1 cm). Deshalb waren die Druckpunkte bei allen Papieren dort am stärksten verschoben. Nur bei der Sorte SAPPI / F / G / 250 / BB sowohl mit als auch ohne Kalzium-Stearat (siehe dazu auch *Kapitel 3.5 Oberflächenveredelung von gestrichenen Papieren*) verschlechterte sich das Druckbild zur Hinterseite besonders stark. Dies deutet jedoch darauf hin, dass bei dieser Sorte nicht nur Gripper-Slip den Druck negativ beeinflusste. Hier könnte eben die Rohpapierzusammensetzung (Dehnung, E-Modul etc.) einen starken Einfluss auf das Ergebnis gehabt haben.

Die Volltonfläche wurde auf der rechten Seite in einem Abstand von ca. acht Zentimetern entfernt vom Greifer gedruckt. Hier konnte nur bei der Sorte SAPPI / F / G / 250 sowohl in SB als auch in BB Gripper-Slip festgestellt werden. Dieses Ergebnis lässt sich wiederum mit der Herstellung und der Rohstoffzusammensetzung erklären, da z.B. Streichpigmente auch verschiedene Reibungskoeffizienten haben können. Bei allen anderen Papiersorten konnte keine Veränderung der Lage der Druckpunkte vor und nach der Volltonfläche festgestellt werden – Gripper-Slip trat in diesem Fall auf der rechten Seite nicht auf.

6.4.2 Vergleich der Ergebnisse des Drucktests mit jenen der Gripper-Slip-Laborprüfung

Die im *Kapitel 6.4.1* verwendeten Papiersorten wurden nach dem Drucktest der Gripper-Slip-Laborprüfung unterzogen, um das Ergebnis der verschiedenen Papiere in der realen Bogenoffset-Druckmaschine mit jenen der Laborprüfung zu vergleichen.

Alle Papierproben wurden sowohl in CD als auch in MD geprüft. Das Ergebnis wurde mit jenen des Drucktests und jenen der anderen üblichen Papierprüfungen verglichen.

Bei der Bezeichnung der Papiere bedeutet SB Schmalbahn, BB Breitbahn und oS ohne Kalzium-Stearat. Alle Papiere wurden nach der in *Kapitel 5.4.4* beschriebenen Arbeitsvorschrift geprüft.

In *Abbildung 6.19* ist zu sehen, dass die Ergebnisse der Gripper-Slip-Prüfung der Papierproben in MD zwar die Tendenz der Ergebnisse der Drucktest-Bewertung zeigen, eine eindeutige Aussage kann jedoch nicht getroffen werden.

Deutlich zu sehen ist, dass die Gripper-Slip-Prüfung auch keinen Zusammenhang zwischen der flächenbezogenen Masse und der Auszugskraft der einzelnen Papiere aufzeigt. Vergleicht man nur die minimale Auszugskraft (F_{\min}) mit der Drucktest-Bewertung, kann man sehen, dass der Vergleich der Papiersorten mit gutem Ergebnis beim Drucktest mit dem Ergebnis der Gripper-Slip-Labormethode keinen Zusammenhang zeigt. Betrachtet man jedoch nur die maximale Auszugskraft (F_{\max}) und die Mittelwerte der Auszugskräfte (MW), ist eine ähnliche Tendenz bei den Ergebnissen der Drucktest-Bewertung und der Gripper-Slip-Labormethode zu sehen. Dazu muss man jedoch den großen Unterschied zwischen den Auszugskräften der einzelnen Papiere hinzu ziehen. Die drei Sorten, die das beste Verhalten gegen Gripper-Slip zeigten, benötigten eine wesentlich höhere Auszugskraft als die übrigen Sorten. Daraus kann man schließen, dass eine Vorhersage von Gripper-Slip möglich ist, die Erklärung der Höhe der Kräfte ist aber nicht möglich.

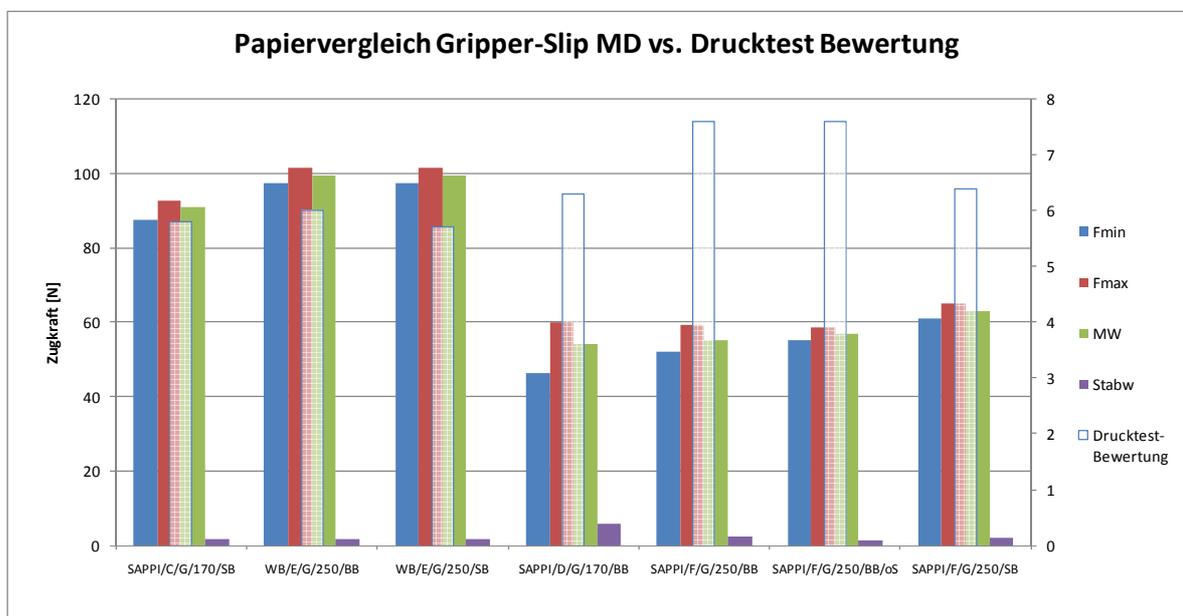


Abbildung 6.19: Papiervergleich Gripper-Slip MD vs. Drucktest Bewertung

In *Abbildung 6.20* werden die Ergebnisse der Gripper-Slip-Prüfung in CD mit den Ergebnissen der Drucktest-Bewertung verglichen. Wie schon in *Kapitel 5.5 Papierprüfung mit der Laborgreifer-Methode* beschrieben wurde, haben die

Auszugskräfte der einzelnen Proben in CD eine wesentlich geringere Standardabweichung gegenüber jenen in MD.

Der Vergleich der Ergebnisse lässt allerdings nur die Aussage zu, dass sich die drei Papiere mit den besten Ergebnissen im Drucktest gravierend von den Ergebnissen der übrigen Papieren absetzen. Sonst können weder die Ergebnisse der minimalen Auszugskräfte, noch der maximalen Auszugskräfte oder deren Mittelwerte eine Korrelation zu den Ergebnissen der Drucktest-Bewertung aufweisen.

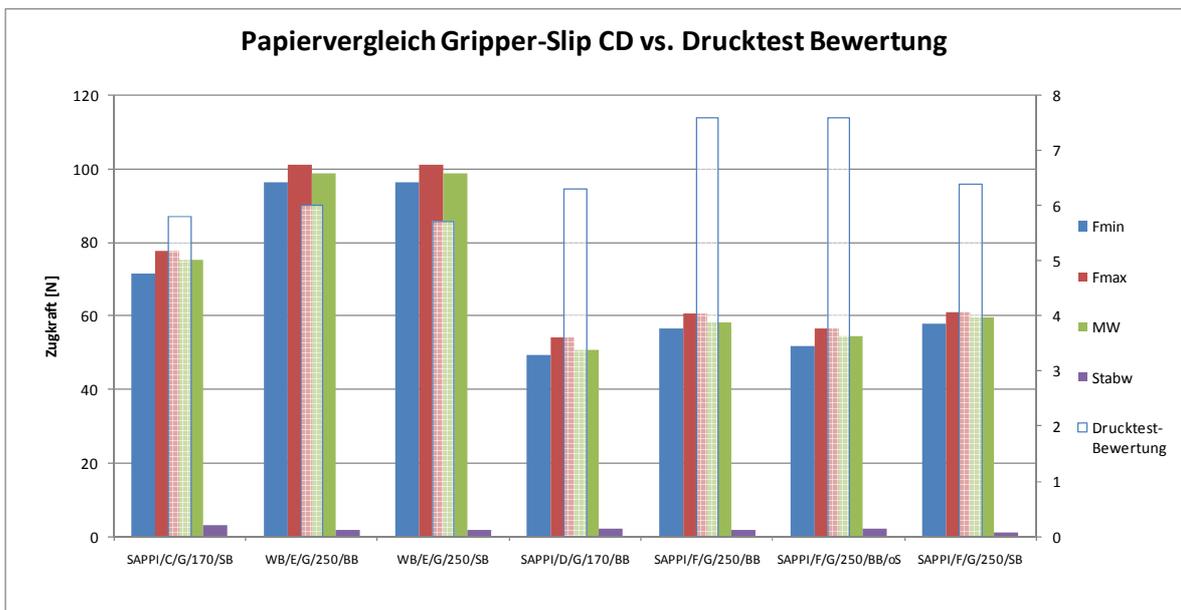


Abbildung 6.20: Papiervergleich Gripper-Slip CD vs. Drucktest Bewertung

Aus dem Drucktest kann man die Schlussfolgerung ziehen, dass doch mehr Einflussfaktoren bei der Gripper-Slip-Labormethode berücksichtigt werden sollten. Die Laborprüfung alleine ist zu keinem eindeutigen Ergebnis in Bezug auf das Gripper-Slip-Verhalten in der Druckmaschine gekommen, jedoch liefert diese sehr anschaulich die deutlichen Unterschiede der Auszugskräfte. Wenn man die Auszugskräfte mit weiteren Prüfungen kombiniert, wird aber sehr wohl deutlich, welche Papiere Vor- oder Nachteile in ihrem Verhalten bezüglich Gripper-Slip haben.

6.4.3 Vergleich der Ergebnisse der Reibungsmessung bei den Drucktestpapieren mit jenen der Gripper-Slip-Laborprüfung

Aufgrund dessen, dass die Reibungsmessung der Drucktestpapiere sehr ähnliche Ergebnisse lieferte wie die der Gripper-Slip-Labormethode, sollen diese Ergebnisse einander gegenüber gestellt werden. In *Abbildung 6.21* werden die Ergebnisse der Gripper-Slip-Prüfung in MD und der Reibungsmessung gezeigt. Dort folgen die Ergebnisse der Gripper-Slip-Messung in MD der linken y-Achse, während die Ergebnisse der Reibungsmessung der rechten x-Achse folgen. Die x-Achse der Sekundärachse ist aus Gründen der Übersichtlichkeit ein Stück nach oben verschoben. In dieser Abbildung sieht man, dass eine Korrelation der Ergebnisse zu sehen ist. Papiersorten mit hohen Reibungskoeffizienten und hohen Reibungskräften benötigen auch hohe Auszugskräfte beim Laborgreifer. Leichte Unterschiede sind allerdings bei den Papiersorten mit geringeren Auszugskräften beim Laborgreifer zu sehen. Diese Papiere verhalten sich geringfügig anders als bei der Reibungsmessung.

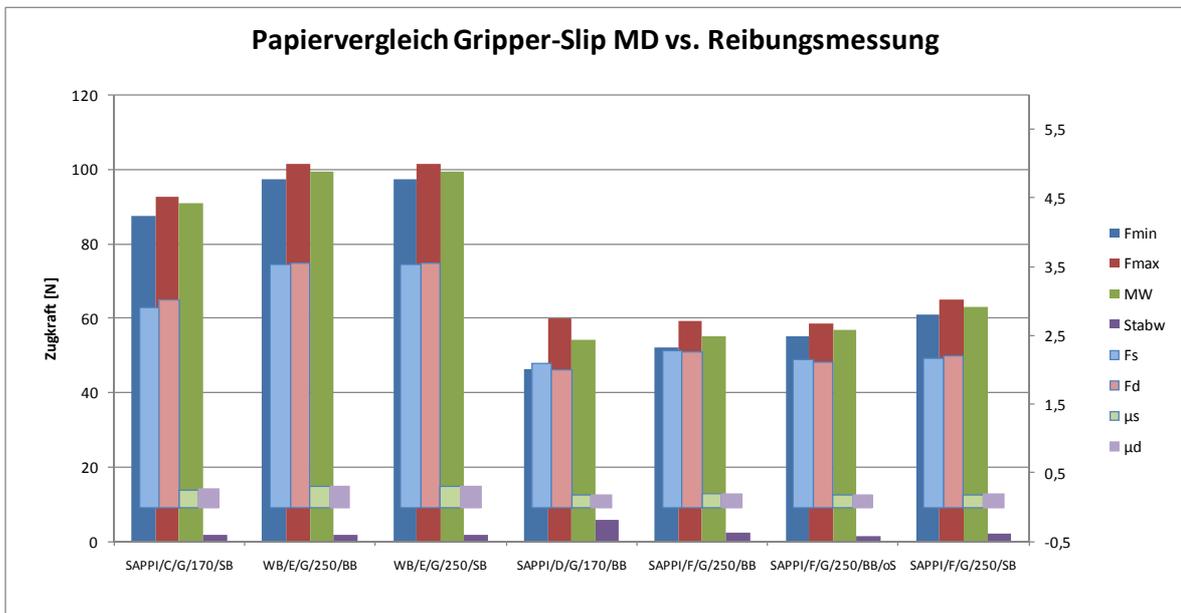


Abbildung 6.21: Papiervergleich Gripper-Slip MD vs. Reibungsmessung

In *Abbildung 6.22* ist der Vergleich zwischen der Gripper-Slip-Prüfung in CD mit der Reibungsmessung zu sehen. Dort folgen die Ergebnisse der Gripper-Slip-Messung in CD der linken y-Achse, während die Ergebnisse der Reibungsmessung wieder der rechten y-Achse folgen. Hier ist es so, dass sich die

Ergebnisse kaum unterscheiden. Lediglich die Differenz zwischen den Ergebnissen der Gripper-Slip-Prüfung der einzelnen Sorten ist etwas größer als bei den Ergebnissen der Reibungsmessung.

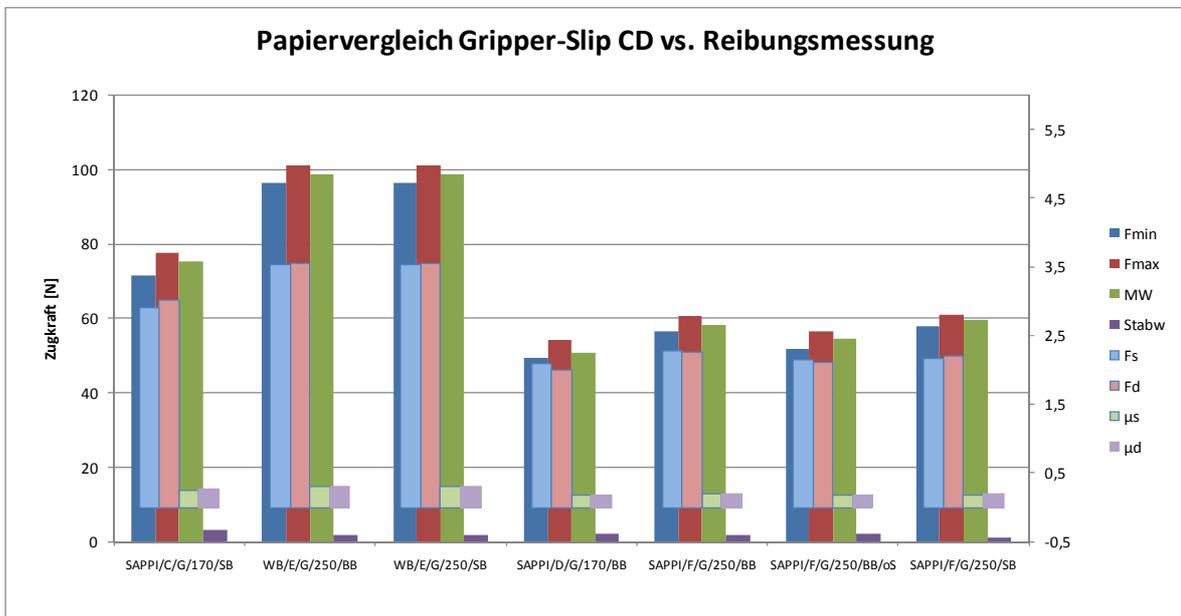


Abbildung 6.22: Papiervergleich Gripper-Slip CD vs. Reibungsmessung

Da die Reibungsmessung beinahe die gleichen Ergebnisse wie die Gripper-Slip-Laborprüfung zeigte, ist ein Vergleich mit der Drucktest-Bewertung hier nicht mehr extra dargestellt.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Evaluierung einer neuen Labormethode zusammen gefasst. Weiters sollen in einem Ausblick Vorschläge unterbreitet werden, wie die Labormethode verbessert werden könnte.

7.1 Zusammenfassung

Bisher bekannte Prüfungen von gestrichenen Bogenoffsetpapieren, wie z.B. jene, die sich auf den Glanz, die Glätte oder die Topographie beziehen, konnten keine eindeutigen Aussagen bezüglich des Druckfehlers Gripper-Slip liefern. Es lag daher nahe, eine neue Labormethode zu entwickeln, die es ermöglicht, Gripper-Slip vorher zu sagen. Die Umsetzung der genannten Idee war in der Folge Ziel dieser Arbeit. Die Entwicklung der neuen Labormethode und die Ergebnisse der Evaluation dieser Methode werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

Für die neue Methode wurde zuerst ein Laborgreifarm konstruiert und mit einem Zugprüfgerät in Verbindung gebracht. Die ersten Prüfversuche wurden mit einem in der Software dieses Gerätes schon vorhandenen Standardzugversuch durchgeführt. Dabei wurde eine Papierprobe im Zugprüfgerät fest geklemmt und im Spalt des Laborgreifers eingespannt. Mit den Voreinstellungen des Standardzugversuches wurden die Papierproben aus dem Spalt des Laborgreifers heraus gezogen. Der Umstand, dass die Kurvenverläufe nicht den Erwartungen entsprachen und keine eindeutige Aussage über den Zeitpunkt des Herausziehens getroffen werden konnte, führte zu einer Weiterentwicklung der Methode. Dazu wurde zuerst die Papierprobenbreite von 65 mm auf 15 mm und die Einspannlänge von 130 mm auf 100 mm reduziert. Der genaue Zeitpunkt des Herausziehens aus dem Spalt konnte aufgrund des Zusammenspiels zwischen der Dehnung der Papierprobe und dem Herausziehen aus dem Spalt nicht festgelegt werden. Daher wurde eine Dehnungsprüfung der Papierproben mit dem Gripper-Slip Versuch kombiniert. So konnte man davon ausgehen, dass ein Herausziehen aus dem Greifspalt statt findet, wenn der Kurvenverlauf der Zugprüfung vom Kurvenverlauf der Dehnungsprüfung abweicht.

Weiters wurden die Einflussfaktoren auf die Labormethode geprüft. Dabei sollte zuerst der Einfluss der Angriffskraft geklärt werden. Die Einstellung dieser Kraft erfolgte am Laborgreifer mit einem verschiebbaren Gewicht auf einem Hebelarm. Dabei wurde festgestellt, dass ein linearer Zusammenhang zwischen Angriffskraft und Auszugskraft besteht. Allerdings war die Steigung der Geraden bei verschiedenen Papiersorten unterschiedlich.

Im nächsten Schritt wurde der Einfluss der Prüfgeschwindigkeit ermittelt. Die Durchführung mit höherer Prüfgeschwindigkeit führte zu einer Reduktion der Auszugskraft. Dazu kam, dass sich bei höheren Prüfgeschwindigkeiten der Kurvenverlauf der Dehnung ändert. Die Prüfgeschwindigkeit der Dehnungsmessung musste deshalb an die Prüfgeschwindigkeit der Zugprüfung angepasst werden. Bei höheren Prüfgeschwindigkeiten war es jedoch nicht mehr möglich, eine Dehnungsmessung der Papierproben durchzuführen.

Ein Vergleich der Prüfung von Papierproben in deren Maschinenrichtung (MD) und Papierproben in deren Querrichtung (CD) führte vorerst zu dem Ergebnis, dass bei der geringen Prüfgeschwindigkeit von 10 mm/min ein Herausziehen der Papierproben in CD nicht festgestellt werden konnte.

Da Gripper-Slip immer dann auftrat, wenn eine Volltonfläche unmittelbar neben der Greiferleiste gedruckt wurde, sollte die Einspannlänge möglichst kurz gehalten werden. Allerdings stellte es sich heraus, dass die Ergebnisse bei den Prüfungen mit einer Einspannlänge von unter 100 mm sehr stark streuten.

Weil die Greiferleisten in der Druckmaschine nur einmal eingestellt und dann unterschiedlich dicke Papiere bedruckt werden, sollte durch die Änderung des Winkels der Druckflächen im Spalt des Laborgreifers zueinander nachgewiesen werden, welche Unterschiede sich bei den Auszugskräften feststellen lassen. Die Ergebnisse zeigten einen wesentlichen Unterschied bei den Auszugskräften. Im Fall paralleler Druckflächen konnten die höchsten Auszugskräfte gemessen werden. Wenn die Flächen zu einer Linie reduziert werden, sinkt die Auszugskraft. Der Einfluss bei verschiedenem Auszugswinkel führte zu dem Ergebnis, dass die Auszugskraft sinkt, sobald die Probe nicht mehr senkrecht aus dem Spalt des Laborgreifers gezogen wird.

Zum Schluss wurde noch der Einfluss jener Zeit, die vom Einspannen der Probe in die Prüfvorrichtung bis zur Messung selbst vergeht, ermittelt. Hier konnten jedoch

keine Unterschiede bei den Auszugskräften und der Dehnung der Papierproben erkannt werden.

Bei der Entwicklung einer Arbeitsvorschrift wurde nach dem Einspannen der Probe die Einspannlänge reduziert und die Prüfgeschwindigkeit auf 800 mm/min erhöht, um die Kraft möglichst schlagartig aufzubringen. Dies hatte zur Folge, dass die Ergebniskurven nicht mehr nahe dem Ursprung des Koordinatensystems starteten. Durch die Anpassung der Integrationszeit (Zeitabstand beim Abspeichern von Messwerten) konnte das Problem jedoch gelöst werden. Weiters wurde die Probenbreite auf 35 mm erhöht, um eine Prüfung der Papierproben in CD zu ermöglichen. Im Zuge der Entwicklung der Arbeitsvorschrift wurden auch noch einmal Versuche mit unterschiedlicher Einspannlänge durchgeführt. Diese führten aber zu gleichen Ergebnissen, die schon weiter oben beschrieben wurden.

Gemäß der Arbeitsvorschrift wurden verschiedene glänzende und matte Papiersorten geprüft und die Ergebnisse wurden mit jenen der Reibungsmessung, des Papierglanzes und der Oberflächenrauigkeit (PPS) verglichen. Dabei konnte eine gute Übereinstimmung der Reibungsmessung und der Gripper-Slip-Prüfung gefunden werden. Weiters gab es auch teilweise übereinstimmende Ergebnisse zwischen der Oberflächenrauigkeit und dem Glanz des Papiers mit der Gripper-Slip-Prüfung.

Bei einem Vergleich zwischen den Ergebnissen der Gripper-Slip-Prüfung und dem Tack-Verhalten sowie der Kompressibilität der Papiersorten konnte kein direkter Zusammenhang gefunden werden. Auch ein Mikrotomschnitt von zwei Papieren mit unterschiedlichem Verhalten bezüglich Gripper-Slip konnte keine neuen Informationen liefern.

Abschließend wurde ein Drucktest mit einem Sujet durchgeführt, dass Gripper-Slip begünstigt. Damit sollte auch die Gripper-Slip-Labormethode verifiziert werden. Die Bewertung der Qualität des Drucks auf den verschiedenen Papiersorten wurde mit den Ergebnissen der Gripper-Slip-Prüfungen und einigen anderen Standard-Papierprüfungen verglichen. Dies führte zu dem Schluss, dass die Gripper-Slip-Prüfung alleine nicht ausreicht, um das Verhalten in der Druckmaschine vorherzusagen. Weiters war die Korrelation der Ergebnisse der Gripper-Slip-Prüfung mit jenen der Reibungsprüfung sehr hoch.

Die Gripper-Slip-Labormethode müsste deshalb weiter entwickelt werden, um mit ihr alleine eine Aussage über das Verhalten eines Papiers bezüglich Gripper-Slip in der Druckpresse treffen zu können.

7.2 Ausblick

Die Weiterentwicklung der Gripper-Slip-Labormethode könnte viel Zeit ersparen, denn es wäre möglich mit ihr andere Papierprüfungen zu ersetzen.

Es wirken allerdings wesentlich mehr Einflüsse im Druckprozess auf das Papier ein als bei der Gripper-Slip-Labormethode berücksichtigt wurden. Dazu gehören z.B. das Tack-Verhalten und die Kompressibilität des Papiers.

Bei der Weiterentwicklung der Labormethode sollten einige Aspekte genauer betrachtet werden. Da bisher die Angriffskraft in der Druckmaschine nicht einwandfrei geklärt werden konnte, sollte diese in einer Nachfolgearbeit zuerst erforscht werden. Im Zuge dessen könnte man sich überlegen, ob man die Angriffskraft in ein gleiches Verhältnis setzt wie es die Prüfgeschwindigkeit der Labormethode zur realen Druckpresse hat. Damit würden dann die Bedingungen in der Druckmaschine in einem bestimmten Verhältnis zu den Bedingungen im Labor stehen. Weiters sollte darüber nachgedacht werden, wie man die Ergebnisse beim Tack-Verhalten und jene der Kompressibilitätsprüfung mit den Ergebnissen der Gripper-Slip-Labormethode verbinden kann. Vielleicht wäre es sogar möglich, wenn man sich mit dem Laborgreifer und dem Vorgang beim Einspannen der Papierprobe weiter auseinander setzt, so dass die Kompressibilitätsprüfung ersetzt werden könnte.

Es wäre auf jeden Fall zu empfehlen, eine größere Papiersorten-Auswahl mit der Gripper-Slip-Labormethode zu überprüfen. Dazu wäre es sinnvoll, mehrere matte und glänzende Papierproben zu prüfen. Das würde auch statistisch eine bessere Absicherung der Ergebnisse liefern.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Vier-Farben Bogenoffsetmaschine [1].....	4
Abbildung 2.2: Aufbau eines Offsetdruckwerks [1].....	5
Abbildung 2.3: Druckzone [2].....	6
Abbildung 2.4: Dublieren [6]	11
Abbildung 2.5: Passerdifferenzen [7].....	12
Abbildung 2.6: Erscheinungsbild bei Gripper-Slip	13
Abbildung 3.1: Druckverteilung in einem Drucknip [12].....	17
Abbildung 3.2: Verhalten von Papier im Druckwerk einer Bogenoffsetdruckmaschine [13]	19
Abbildung 3.3: Dehnungsverhalten von Papier in MD und CD [10]	22
Abbildung 3.4: Zyklische Belastung und Entlastung von Papier [16]	23
Abbildung 3.5: Oberflächenrauigkeit- und Dickenänderung unter Kompression [16]	24
Abbildung 5.1: Greifarm für Labormessung.....	31
Abbildung 5.2: Konstruktion des Greifspalts.....	32
Abbildung 5.3: Bezeichnung der Papiersorten	33
Abbildung 5.4: Prüfparameter "gripper-slip1.ZPV"	35
Abbildung 5.5: a) PAPIER A OS, b) PAPIER A US, c) PAPIER B OS, d) PAPIER B US.....	37
Abbildung 5.6: a) PAPIER C OS, b) PAPIER C US, c) PAPIER D OS, d) PAPIER D US	38
Abbildung 5.7: Prüfparameter für Bruchkraftermittlung	40
Abbildung 5.8: Bestimmung der Auszugskraft.....	42
Abbildung 5.9: a) Prüfvorschrift Stufe 1, b) Prüfvorschrift Stufe 2.....	43
Abbildung 5.10: Ergebnis der Dehnungsversuche	44
Abbildung 5.11: Vergleich der Papiersorten bei Änderung der Angriffskraft F_A	49
Abbildung 5.12: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / C / G / 135 - $v_v= 250$ mm/min.....	51
Abbildung 5.13: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / A / G / 135 - $v_v= 10$ mm/min	52
Abbildung 5.14: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / A / G / 135 - $v_v= 200$ mm/min	53
Abbildung 5.15: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / B / M / 135 - $v_v= 10$ mm/min	53
Abbildung 5.16: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / B / M / 135 - $v_v= 200$ mm/min.....	54
Abbildung 5.17: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / C / G / 135 - $v_v= 10$ mm/min.....	54
Abbildung 5.18: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / C / G / 135 - $v_v= 200$ mm/min.....	55
Abbildung 5.19: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / D / G / 135 - $v_v= 10$ mm/min.....	55
Abbildung 5.20: Geschwindigkeitseinfluss SAPPI / D / G / 135 - $v_v= 200$ mm/min.....	56
Abbildung 5.21: Laufrichtung [20].....	57
Abbildung 5.22: SAPPI / A / G / 135 - MD - CD Vergleich.....	60
Abbildung 5.23: SAPPI / B / M / 135 - MD - CD Vergleich	60
Abbildung 5.24: SAPPI / C / G / 135 - MD - CD Vergleich	61
Abbildung 5.25: SAPPI / D / G / 135 - MD - CD Vergleich	61

Abbildung 5.26: SAPPI / C / G / 135 - 10 mm Einspannlänge MD.....	64
Abbildung 5.27: SAPPI / C / G / 135 - 100 mm Einspannlänge MD.....	65
Abbildung 5.28: SAPPI / C / G / 135 - 10 mm Einspannlänge CD	66
Abbildung 5.29: SAPPI / C / G / 135 - 100 mm Einspannlänge CD	66
Abbildung 5.30: Greifer auf Gegendruckzylinder geöffnet	67
Abbildung 5.31: Greifspaltkonstruktion mit Mikrometerschraube	69
Abbildung 5.32: SAPPI / C / G / 135 - MM=0,825	70
Abbildung 5.33: SAPPI / C / G / 135 - MM=0,885	70
Abbildung 5.34: SAPPI / C / G / 135 - MM=0,765	71
Abbildung 5.35: Greifspalt mit unterschiedlichen Auszugswinkeln	73
Abbildung 5.36: SAPPI / C / G / 135 - OHNE Auszugswinkel	74
Abbildung 5.37: SAPPI / C / G / 135 - 3,43° Auszugswinkel Kreuzschliff-Seite	75
Abbildung 5.38: SAPPI / C / G / 135 - 1,55° Auszugswinkel glatte Seite	75
Abbildung 5.39: SAPPI / C / G / 135 - Zeiteinfluss	77
Abbildung 5.40: a) Prüfvorschrift Stufe 1, b) Prüfvorschrift Stufe 2.....	79
Abbildung 5.41: SAPPI / C / G / 135 - MD, maximale Prüfgeschwindigkeit	80
Abbildung 5.42: SAPPI / D / G / 135 - 10 mm Einspannlänge in MD geprüft.....	82
Abbildung 5.43: SAPPI / D / G / 135 - 100 mm Einspannlänge in MD geprüft.....	83
Abbildung 5.44: SAPPI / D / G / 135 - 10 mm Einspannlänge in CD geprüft	83
Abbildung 5.45: SAPPI / D / G / 135 - 100 mm Einspannlänge in CD geprüft	84
Abbildung 5.46: Test mit Integrationszeit (T/K) 2/100, 100/100, 2/2; SAPPI / D / G / 135 - geprüft in MD	85
Abbildung 5.47: Prüfvorschrift für GRIPPER-SLIP_STANDARD a) Stufe 1, b) Stufe 2.....	87
Abbildung 5.48: Papiervergleich mit Gripper-Slip-Labormethode, geprüft in MD	90
Abbildung 5.49: Papiervergleich mit Gripper-Slip-Labormethode, geprüft in CD	91
Abbildung 6.1: Reibeinrichtung für ZWICK-Zugprüfgerät (nach der Betriebsanleitung von ZWICK/ROELL für diese Vorrichtung).....	93
Abbildung 6.2: Vergleich: Reibung - Gripper-Slip MD	94
Abbildung 6.3: Vergleich: Reibung - Gripper-Slip CD.....	95
Abbildung 6.4: Vergleich: Reibung – Glanz.....	95
Abbildung 6.5: Vergleich: Reibung – Oberflächenrauigkeit.....	96
Abbildung 6.6: Vergleich: Oberflächenrauigkeit - Gripper-Slip	97
Abbildung 6.7: Vergleich: Glanz - Gripper-Slip.....	98
Abbildung 6.8: Vergleich der Papiersorten in Bezug auf die Spaltkraft (DELTACK).....	100
Abbildung 6.9: Greiferabdrücke auf zwei verschiedenen Papiersorten.....	101
Abbildung 6.10: Papierdicke bei Belastung	102
Abbildung 6.11: Dickendifferenz bei schrittweiser Krafterhöhung	103
Abbildung 6.12: Dickenänderung summiert.....	104
Abbildung 6.13: Papierdicke bei Belastung nach Zwischenentlastung	104
Abbildung 6.14: Dickendifferenz bei schrittweiser Krafterhöhung nach Zwischenentlastung	105

Abbildung 6.15: Dickenänderung nach Zwischenentlastung summiert.....	105
Abbildung 6.16: Mikrotomschnitt von Papier ohne Gripper-Slip-Erscheinung (200x)	106
Abbildung 6.17: Mikrotomschnitt einer Papiersorte mit Gripper-Slip-Erscheinung	107
Abbildung 6.18: Sujet für Drucktest 91 x 62 cm	108
Abbildung 6.19: Papiervergleich Gripper-Slip MD vs. Drucktest Bewertung.....	112
Abbildung 6.20: Papiervergleich Gripper-Slip CD vs. Drucktest Bewertung	113
Abbildung 6.21: Papiervergleich Gripper-Slip MD vs. Reibungsmessung	114
Abbildung 6.22: Papiervergleich Gripper-Slip CD vs. Reibungsmessung.....	115

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Papiereigenschaften	36
Tabelle 5-2: Ergebnisse Bruchkraft-Versuche	40
Tabelle 5-3: allgemeine Versuchsbedingungen	46
Tabelle 5-4: Versuchsbedingungen zur Ermittlung des Angriffskrafteinflusses	48
Tabelle 5-5: Versuchsbedingungen zur Ermittlung des Geschwindigkeitseinflusses	50
Tabelle 5-6: Versuchsbedingungen für die Prüfung in MD	58
Tabelle 5-7: Versuchsbedingungen für die Prüfung in CD	58
Tabelle 5-8: Versuchsbedingungen zur Ermittlung der Einspannlänge in MD	63
Tabelle 5-9: Versuchsbedingungen zur Ermittlung der Einspannlänge in CD	63
Tabelle 5-10: Versuchsbedingungen betreffend Druckflächenwinkel	68
Tabelle 5-11: Versuchsbedingungen betreffend Auszugswinkel	73
Tabelle 6-1: Papiereigenschaften der Papiere vom Drucktest	109
Tabelle 6-2: Ergebnis Drucktest Gripper-Slip	110

10 Literaturverzeichnis

- 1 **H. Kipphan:** Handbuch der Printmedien, Technologien und Produktionsverfahren; ISBN: 3-540-66941-8; Springer Verlag, 2000
- 2 **R. Michel:** Modellierung des Verhaltens von Papier und Gummituch im Druckspalt von Offsetdruckmaschinen; Dissertation; TU-Chemnitz: 1998
- 3 Technical brochure from SAPPI idea exchange: The Printing Process; SAPPI Europe SA; Nr. 6, 2003
- 4 **J. Jungmann:** Welche Bedeutung hat das Gummituch bei der Standardisierung? Hannover, März 2008 - http://www.contitech.de/pages/presse/pressemeldungen/2008/080327_gummituch/presse_de.html - eingesehen am 09.06.2010
- 5 Micro Slip, What is it? Australasien Printer, November 1980, Seite 10 – 14
- 6 **FOGRA Forschungsgesellschaft Druck e.V.:** Dublieren im Offsetdruck; http://www.fogra.org/DB/_fogra/index.htm - eingesehen am 09.06.2010
- 7 **FOGRA Forschungsgesellschaft Druck e.V.:** Passerdifferenzen; http://www.fogra.org/DB/_fogra/index.htm - eingesehen am 09.06.2010
- 8 Technical brochure from SAPPI idea exchange: Paper, Ink and Press Chemistry; SAPPI Europe SA; Nr. 8, 2005
- 9 Technical brochure from SAPPI idea exchange: Climate and Paper; SAPPI Europe SA; Nr. 7, 2004
- 10 **J. H. Bos, P. Veenstra, H. Verhoeven, P. D. de Vos;** Übersetzt, überarbeitet und ergänzt von **M. Staberock:** Das Papierbuch - Handbuch der Papierherstellung, 1. Auflage; ECA Pulp & Paper BV, 1999; Kapitel 4-9
- 11 **H. Ansorge, C. Klinger, R. Kreißig, R. Michel, J. Middendorf, R. Ruder:** Modellierung der Papierbeanspruchung im Druckspalt von Offsetdruckmaschinen; Forschungsarbeit; TU Chemnitz; 1998

- 12 **P. Oittinen, H. Saarelma:** Papermaking Science and Technology, Book 13, Printing; ISBN: 952-5216-13-6; 1998; Chapter 5
- 13 **T. Hsieh:** A Laboratory Study of Ink Splitting Forces at Different Film Thickness and an Investigation of the Stefan Equation; Master Thesis; School of Printing Management and Sciences; New York; 1993
- 14 **N. Provatas, T. Uesaka:** Modelling Paper structure and paper-press interactions; Journal of Pulp and Paper Science; Volume 29, Nr. 10; 2003
- 15 **W. Beitz, K.-H. Grote:** Taschenbuch für den Maschinenbau / Doppel; 20. Auflage; ISBN 3-540-67777-1; Springer Verlag; 2001; Kapitel C, Seite 4-5
- 16 **K. Niskanen:** Papermaking Science and Technology, Book 16, Paper Physics; ISBN 952-5216-16-0; 1998; Chapter 3-6
- 17 **M. Jokio:** Papermaking Science and Technology, Book 10, Papermaking Part 3, Finishing; ISBN 952-5216-10-x ;1999; Chapter 1
- 18 **E. Lehtinen:** Papermaking Science and Technology, Book 11, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper; ISBN 952-5216-11-x; 2000; Chapter 20
- 19 **M. Wildberger:** Reverse Image Embossing – RIE. Embossing-Verhalten gestrichener Papiere im Bogenoffsetdruck; Diplomarbeit; TU Graz; 2005
- 20 Die Laufrichtung – Schmalbahn oder Breitbahn?
<http://www.europapier.com/at/service/tips/runningdirection> - eingesehen am 10.06.2010
- 21 **Heidelberg;** Bogenoffsetdruckmaschinen Speedmaster CD 102; Technische Daten;
http://www.heidelberg.com/www/html/de/content/products/sheetfed_offset/70x100/speedmaster_cd_102,specs – eingesehen am 10.06.2010