

Im Offset Verfahren applizierte Gleitelemente zur Reibungsminderung in Fördersystemen

By offset processed sliding elements applied to conveyor systems to reduce friction

Enrico Putzke¹
André Riedel¹
Sebastian Weise¹
Daniel Walter²

¹Professur Fördertechnik
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe
Fakultät Maschinenbau
Technische Universität Chemnitz

²Druckerei Schiemenz GmbH

Es sollen drucktechnische Halbzeuge mit definiert und kontrolliert eingebrachten Oberflächenmodifikatoren entwickelt werden. Das wichtigste zu erschließende Potential besteht in der gezielten Beeinflussung der Wirkung inkorporierter Schmierstoffe. Es ist ein Weg zu finden, mit dem die Reibungseigenschaften gleichermaßen kurzfristig und langfristig optimiert werden können. Dazu gilt es, bekannte Effekte, bspw. vom Einsatz von Mikropartikeln oder Ölen, zu analysieren, gezielt weiter zu entwickeln und kombiniert nutzbar zu machen.

[Schlüsselwörter: Gleitflächen, Offset, Verschleiß, Reibwert, Papier]

Semi-finished typographic products will be developed using defined and controlled methods to implement surface modifiers. The most important potential consist the development of a targeted modulation of incorporated lubricants and their behavior. It is a task to find a way to optimize the friction properties, both in the short term and in the long term. For this purpose, it is necessary to analyze known effects, for example those emerging from the use of micro-particles or oils, specifically to develop them further for a combined use.

[Keywords: sliding elements, offset, wear, friction, paper]

1 EINFÜHRUNG

Reibpaarungen treten in allen relativ zu einander bewegten Teilen von Maschinen und Anlagen auf. An jedem Zahnrad, an jedem Kugellager und an jeder Führungsschiene tritt Reibung auf. Da dies teils zu großen Energieverlusten bzw. Wirkungsgradeinbußen führt, ist

sie häufig unerwünscht. Besonders kritisch ist dies bei ungeschmierten Gleitpaarungen zu sehen. Auch in förder-technischen Anwendungen finden ungeschmierte, d. h. trocken laufende, Reibpaarungen eine sehr starke Verbreitung. Stützschiene für Band-, Zahnriemen- und Kettenförderer in der Fördertechnik beruhen fast ausschließlich auf dem Prinzip der Gleitreibung. Darüber hinaus ist das Belastungskollektiv von entscheidender Bedeutung. Reibungswerte und Verschleiß hängen stark von der wirkenden Flächenpressung und der Gleitgeschwindigkeit ab. Eine minimale Änderung auch nur eines der zuvor genannten Parameter können die Reibungseigenschaften völlig ändern. In realen Anwendungen geschieht dies häufig und zeitlich sehr flexibel. Auf Grundlage dieser Anwendungsansprüche sollen nun drucktechnische Halbzeuge mit definiert und kontrolliert eingebrachten Oberflächenmodifikatoren entwickelt werden. Das wichtigste zu erschließende Potential besteht in der gezielten Beeinflussung der Wirkung inkorporierter Schmierstoffe. Es ist ein Weg zu finden, mit dem die Reibungseigenschaften gleichermaßen kurzfristig und langfristig optimiert werden können. Dazu gilt es, bekannte Effekte, bspw. vom Einsatz von Mikropartikeln oder Ölen, zu analysieren, gezielt weiter zu entwickeln und kombiniert nutzbar zu machen. Hierbei ist nicht nur eine Minderung des Gleitreibungswertes anzustreben, sondern es gilt ebenso auftretendem Verschleiß entgegenzuwirken.

2 ENTWICKLUNGSANSPRÜCHE

Dem vorgestellten Ansatz liegt ein bivalenter Entwicklungsanspruch mit den Aufgabengebieten „Verschleißschutz“ und „Schadensindikation“ zu Grunde. Dabei stellen sich die Entwicklungspartner interdisziplinär generellen Problemen bei trockenlaufenden Gleitpaarun-

gen. Diese sind sehr stark von Art und Beschaffenheit der beteiligten Partner und auch vom Belastungskollektiv abhängig. Die vorherrschenden Probleme bei inkorporierter Schmierung stellen sich hingegen wie folgt dar:

- starke Erwärmung z. B. thermoplastischer Reibpartner (bis zum Aufschmelzen und damit Ausfall des Teiles) durch eingebrachte Reibleistung,
- kein Trockenlauf bei Metallen möglich; wenn dann mittels Gleitlack, der aber nur eine Art Initialschmierung darstellt,
- Gleitkörper oder -flächen sind nachträglich unflexibel zu applizieren und
- es fehlen Indikatoren zur einfachen Bestimmung des Verbrauchsgrades der Schmierfähigkeit.

Diese Aspekte werden anhand des, insbesondere im Kurvenbereich auftretenden, Materialabriebes der seitlichen Führung von Kettenförderern verdeutlicht. Die Abbildung 1 zeigt den Ausschnitt des hierfür betrachteten Förderers. Die Abbildung 2 zeigt die dazugehörige Aufnahme des anhaftenden Abriebes an der Gleitführung, gleichzeitig ist in der Abbildung auch der lose Abrieb an der Oberseite der Führung zu erkennen.

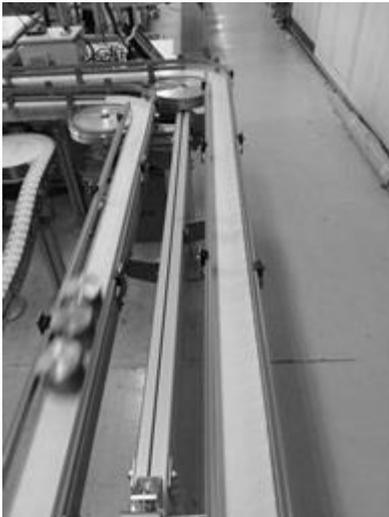


Abbildung 1. Kettenförderer



Abbildung 2. Schädigungsbild der seitlichen Führung

Das Ziel der gemeinsamen Entwicklung besteht darin, mittels modifizierter und ausgerüsteter papierbasierter

Gleitelemente, ein funktionelles Halbzeug zu schaffen, welches zur Oberflächenmodifikation ungeschmierter Gleitreibungs-paarungen eingesetzt werden kann (vergl. Anwendungsszenario aus Abbildung 1). Im Rahmen des Vorhabens „Lacksysteme mit Mikrokapseln zur Verhütung und Detektion tribologischer Überlastungen in fördertechischen Anwendungen“, wurden folgende Grundanforderungen an das System aufgestellt, resp. folgende Aufgaben galt es zu realisieren:

- Gleitfläche kann in Form einer Art Klischee appliziert werden, Schaffung einer hybriden Struktur, in Verbindung mit den Maschinenteilen,
- Träger selbst basiert auf Papier, einem breit verfügbaren, günstigen Ausgangsstoff
- Herstellung mit handelsüblichen Druckmaschinen möglich, ggf. Anpassung von Peripherie,
- Beschränkung der Verwechslungsgefahr mit anderen funktionellen oder dekorativen Ausrüstungen.

2.1 AUSWAHL DES TRÄGERSUBSTRATES

Diesem Ansatz folgend wurde zunächst die Auswahl eines geeigneten Trägersubstrates forciert. Hierzu können zwei grundsätzliche Erkenntnisse festgehalten werden. Im Sinne einer nachhaltigen Produktentwicklung und im Hinblick auf den späteren Einsatz als Einwegartikel, lag zunächst die Verwendung von recyceltem Papier nahe. Hierzu muss aber berücksichtigt werden, dass recycelte Papiere nicht alle Freiheiten in den Eigenschaften besitzen und für wie hier angedachte technische Anwendung nur entsprechend aufbereitete Faserqualitäten in Frage kommen, diese aber keinen Kostenvorteil mehr erbringen. Ein weiterer Aspekt war die Applikation der gedruckten Gleitfläche als, einfach gesprochen, Aufkleber. Auch hier wäre es möglich diese Funktion in Form eines Klebestrichs auf die Materialrückseite selbst aufzubringen. Es verhält sich am Markt aber so, dass es auch hierfür bereits vorkonfektionierte Papierbögen gibt. Folglich wurden solche Bögen zur Bemusterung bereitgestellt, die einen fertigen Kleberücken besitzen und mit Klebern unterschiedlicher Haftkraft ausgerüstet sind. Es wurden daraus sechs unterschiedliche Papier / Kleber Kombinationen getestet. Hintergrund der Versuche war es, die Klebe- und auch Ablöseigenschaften der Trägersubstrate auf üblichen Konstruktionswerkstoffen in der Fördertechnik zu überprüfen. Hierzu wurde ein sogenannter Schälversuch in Anlehnung an die DIN EN 1939 und nach VDI 2019 im Technikum der TU Chemnitz durchgeführt (zum Versuchsaufbau vergl. Abbildung 3).

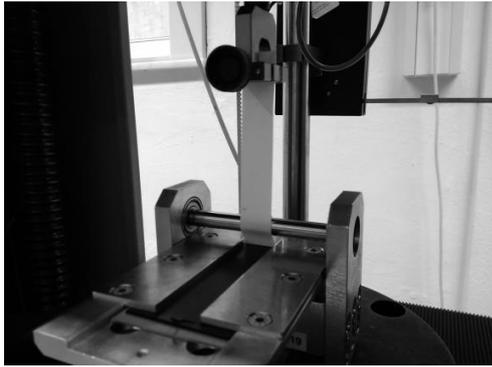


Abbildung 3. Probenhalter für Schälversuch mit (Klebe)Papier

Die Ergebnisse dieser Versuche sind als Tabelle 1 in Abbildung 4 dargestellt. In Abbildung 5 wird hier beispielhaft die Kraft-Weg-Kurve der Papiersorte High Gloss White mit Kleber Supertack in Kombination mit dem Untergrund aus UHMW Polyethylen dargestellt. Zum einen zeigt der Kurvenverlauf einen sehr gleichmäßigen Verlauf der Einzelversuche, zum anderen ist die eigentliche Haftkraft für den, als problematisch bekannten, Klebpartner Polyethylen sehr hoch.

Papier	Bezeichnung	PE Untergrund	PA Untergrund	Alu Untergrund
891025	MC White, maschinengestrichen, nicht ablösbar	5,69 N	5,65 N	6,55 N
891045	MC White, maschinengestrichen, Kleber „Supertack“	3,64 N	4,70 N	4,29 N
894015	High Gloss White, ablösbar	3,66 N	3,95 N	3,91 N
894025	High Gloss White, nicht ablösbar	3,60* N * schlechtes Haftbild	5,76 N	4,18 N
894045	High Gloss White, Kleber „Supertack“	5,87 N	7,19 N	7,19 N

Abbildung 4. Tabelle 1 Überblick Schälversuche

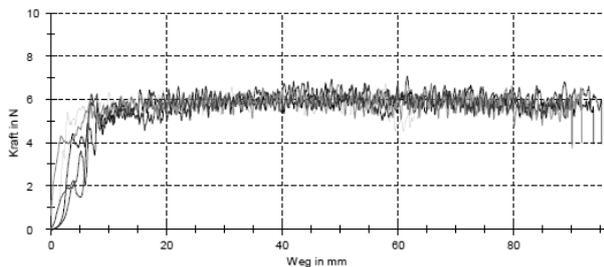


Abbildung 5. Kurvenverlauf Ablösekraft bei PE Unterprobe nach VDI 2019

2.2 GEGENÜBERSTELLUNG DER DRUCKPROZESSE UND ENTWICKLUNGSANSÄTZE

Ziel des Vorhabens ist es, neuartige Gleitflächen zu schaffen, die möglichst alle der o. g. Potentiale erschließen. Den Kern bildet dabei die Erstellung eines flexiblen, leicht applizierbaren Halbzeuges unter Verwendung

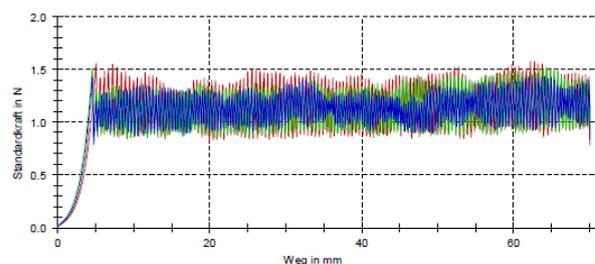
druckbarer Additivlacke, welche vorzugsweise Mikrokapselfen enthalten. Bevor die eigentliche Lackzusammensetzung in den Fokus rückt, wurden bei der Druckerei Versuchsreihen unter Produktionsbedingungen zur Herstellung des Mehrschichtaufbaus vorgenommen. Neben der Erkenntnis zur maximalen Schichtzahl wurde hierbei auch die entsprechende Durchsatzzahl an Bögen ermittelt. Die in den Versuchen ermittelten Kennzahlen sind die Tabelle 2 mit eingeflossen.

Technische Daten	Stand der Technik Übertragung mittels Druckwerk	Stand der Technik Übertragung mittels Lackwerk	Ansatz Modifikationen für neuartige gedruckte Gleitflächen
1 Anzahl Werke	1 - 6	1	1 (mehrfacher Durchlauf)
2 Variationsmöglichkeiten Druckwerke	○	✓	✓
3 Durchsatzgeschwindigkeiten	15.000Bg/h	10.000Bg/h	6.500Bg/h
4 Realisierbare Schichtdicke	je ca. 1µm	je ca. 1µm	je ca. 1µm
5 Anzahl Schichten	4 - 6	1	3
6 Unterteilung nach Funktionstrennung in der Fläche	✓	○	✓
7 Drapierfähigkeit der Produkte	gut	schlecht	gut
8 Zeitverlust durch Trocknung / Härtung	hoch	gering	gering
9 Lagerfähigkeit der Produkte	✓	✓	✓

Abbildung 6. Tabelle 2 Gegenüberstellung Anwendungsfelder Projektziele und derzeit verfügbare Lösungen (✗ nicht möglich, ○ zum Teil realisierbar, ✓ machbar)

2.3 REIBTECHNISCHE BEWERTUNG ERSTER DRUCKMUSTER

Die Versuchsreihen zum Schichtaufbau wurden mit dem Produkt Novaset 4214-40 durchgeführt, das heißt die Möglichkeit des schichtweisen Aufbaues bezieht sich zunächst nur auf diesen Lack. Die Verwendung eines Deckstriches und oder eines Grundstriches für den Verschleißindikator könnte die finale Schichtzahl noch weiter erhöhen. Der o. g. Lack wurde bewusst ausgewählt. So besitzt er für optische Anwendungen eine guten Glanz, aber auch einen niedrigen Reibwert, was bei Katalogen oder Grußkarten zum leichten Verrutschen des Stapels führen kann. Für die, in dieser Entwicklung angestrebte, Anwendung aber eine positive Eigenschaft ist. Es wurden daher an den drei lackierten Papieren Reibwertmessungen durchgeführt und diese der unlackierten Variante gegenüber gestellt, die dazugehörigen Kurven sind in Abbildung 7 dargestellt.



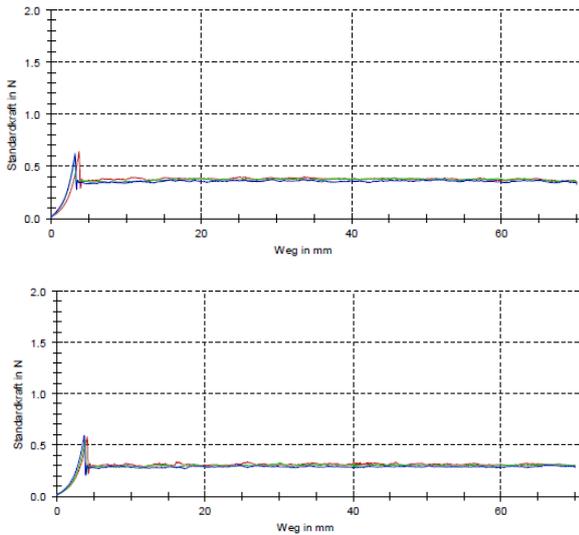


Abbildung 7. Reibwertkurven, von oben nach unten (unlackiert; 1 und 3 Schichten) nach TAPPI T 549

Die Betrachtung der Kennwerte zeigt einen deutlichen Einfluss des Lackes auf das Reiberverhalten. Zum einen kann bereits durch eine Lackschicht das dynamische und statische Reibverhalten von $\mu_s = 0,76$ und $\mu_d = 0,583$ auf $\mu_s = 0,32$ und $\mu_d = 0,187$ gesenkt werden. Der Schritt von einer zu zwei Lackschichten ist kaum vorhanden. Dies liegt vermutlich darin begründet, da mit den zwei Schichten zunächst natürliche Unebenheiten der Papieroberfläche ausgeglichen werden. Ein weiterer Sprung kann dann mit der dritten Schicht erzielt werden, hier können Werte von $\mu_s = 0,293$ und $\mu_d = 0,153$ erzielt werden. Das heißt, dass im Vergleich zum unlackierten Papier, fast nur noch ein Viertel des Bewegungswiderstandes überwunden werden muss.

3 AUSWAHL WEITERER VERSUCHSMATERIALIEN UND TESTUMGEBUNGEN

Für die Charakterisierung des mechanischen und reibtechnischen Verhaltens wird angestrebt dieses Lacksystem weiter zu untersuchen und vorzugsweise als Matrix für die Mikrokapseln zu berücksichtigen. Dessen Verarbeitbarkeit (Druckbarkeit, Trocknungszeiten uvm.) ist dann detailliert zu untersuchen. Da auch der Lack selbst Teil des tribologischen Systems wird, sind seine Reibungs- und Verschleißigenschaften, sowie physikalische Parameter (z. B. Oberflächenhärte und Substrathaftung) weiter zu erforschen. In Bezug auf die Mikrokapseln werden als eigentliches Schmiermittel zwei Komponenten auf Öl-Basis zur Anwendung kommen. Es handelt sich hierbei um eine synthetische Variante und eine Variante auf Basis biologisch abbaubarer Komponenten. In Abbildung 8 wird der theoretische Querschnitt bei einer stufenartigen Drapierung dargestellt. Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen die mit drei Schichten ausgerüstete Variante auf einem halbrunden bzw. auf einem kastenförmigen Füh-

rungsprofil, welche im Weiteren in entsprechenden Rollen- und Kettenprüfständen Verwendung finden sollen.

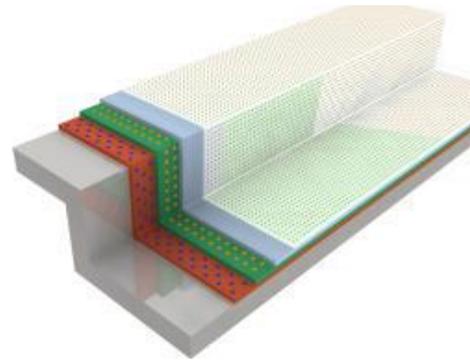


Abbildung 8. schematischer Halbzeugaufbau der flexiblen Gleitfläche drapiert

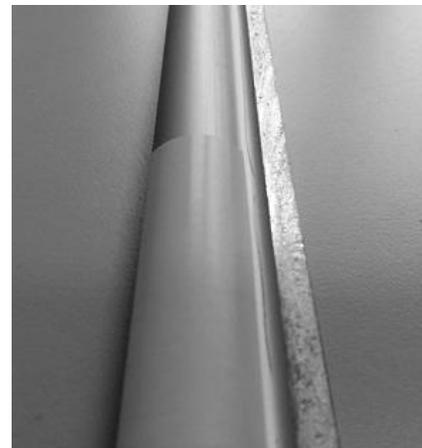


Abbildung 9. Rollenführung halbrund mit Gleitpapier

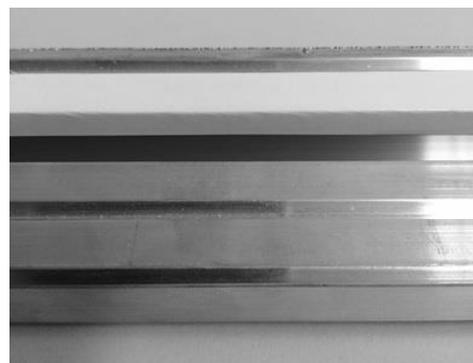


Abbildung 10. Rollenführung Kastenform mit Gleitpapier

Bereits bei der Präparation der Probenträger wurde die leichte Handhabbarkeit und gute Klebekraft bestätigt, so dass auch diese Entwicklungsansprüche für die weiteren Untersuchungen zuversichtlich stimmen. Es bleibt festzuhalten, dass die Projektzielstellungen „Verschleißschutz“ und „Schadensindikation“ bereits einzeln umfangreich sind. Ihre Kombination erfordert komplexe Grundlagenuntersuchungen, birgt aber das Potential einer umfassenden technischen Funktionalität papierbasierter Substrate.

4 ANPASSUNG VON FERTIGUNGS- UND PRÜFBEDINGUNGEN

Dabei bietet die zur Anwendung kommenden Bogen-druckweise in Mehrfarbanlagen sowohl Vorteile, birgt aber auch erhebliche Risiken in Bezug auf Handhabung und realisierbaren Produktaufbau. In Druckmaschinen der Reihenbauweise werden die Bogen mittels Hub- und Schleppsauger vom Stapelanleger auf den Anlegertisch befördert (vergl. Abbildung 11). Dort wird jeder Bogen ausgerichtet und in das erste Druckwerk übergeben, die Bogen werden über Greiferstangen an Zylindern durch jedes Druck- und Lackwerk geführt und übergeben. Am Ende der Maschine werden die Bogen mit Greifern in die Stapelauslage befördert um ein Ablegen der Farbe auf die untersten Druckbogen oder eine Verblockung des Stapels bei Lackauftrag zu verhindern, wird über eine Pudereinrichtung jeder Bogen mit Druckpuder bestäubt, die Partikel wirken wie ein Abstandshalter zwischen den Bogen im Stapel. Diese Verfahrensweise konnte auch mit dem mehrschichtig aufgetragenen Lacken bei der Druckerei realisiert werden. Besonderes Augenmerk wurde auf das Kammerrakellackwerk gelegt. Dabei wird der Lack in ein Kammerrakel gepumpt, dieses liegt an einer Rasterwalze an, diese wiederum besteht je nach Ausführung aus vielen gleichen Näpfchen oder Linien (Größe des Schöpfvolumens ist variabel durch Wechseln der Rasterwalze → größeres Schöpfvolumen = größere Lackschichtdicke). Die Rasterwalzen sind drehend ausgeführt, dabei füllen sich die Näpfchen mit Lack. Der Lack wird hierdurch über ein Lacktuch (Gummituch) indirekt auf das Substrat übertragen. Für den weiteren Verlauf der Produktentwicklung wird das Verhalten der Rasterwalze in Verbindung mit den Mikrokapselflacken interessant sein.

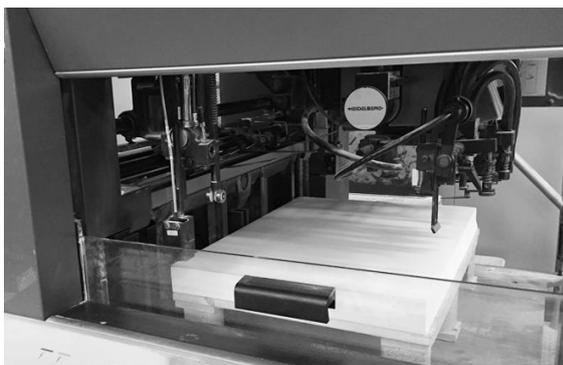


Abbildung 11. Anlage bestückt mit Papier zum dritten Lackauftrag

Nach entsprechenden Grundlagenuntersuchungen, hinsichtlich der Materialeigenschaften in Bezug auf ihr statisches und dynamisches Werkstoffverhalten und dem Zusammenspiel der einzelnen Lackschichten im Halbzeug, wurden die mehrschichtigen Varianten unter praxisgerechten Bedingungen getestet. Zur Bestimmung des Reibverhaltens wurde ein am Institut für Fördertechnik und Kunststoffe der TU Chemnitz entwickeltes Prüfverfahren verwendet (vergl. Abbildung 12). Die Methodik

basiert auf einer oszillierenden Probenbewegung im Prüfsystem Platte-Platte. Beim Test wird eine Oberprobe (10 x 15 mm²) mit einer Normalkraft beaufschlagt und über eine ruhende Unterprobe bewegt. Die Bewegungsamplitude, Normalkraft und Geschwindigkeit können hierbei variiert und den realen Einsatzbedingungen der Werkstoffe angepasst werden.

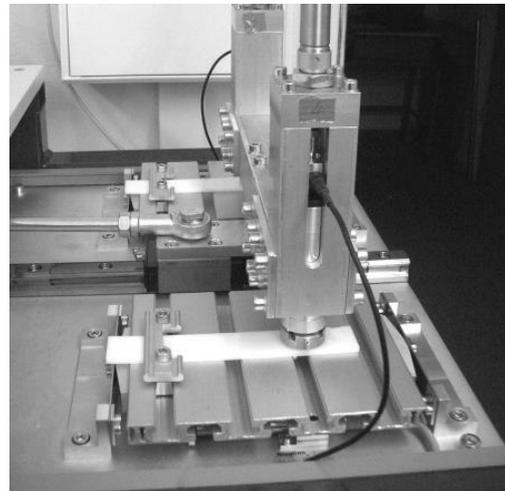


Abbildung 12. Versuchsaufbau für die Reibungs- und Verschleißuntersuchung

Während der Versuchsdauer wird der Reibwert aufgezeichnet und für die spätere Beurteilung gemittelt. Ab einem gewissen Zeitraum wird von einer Konstanz der Reibwerte ausgegangen, weil z. B. Einflüsse wie das ausgeprägte Einlaufverhalten von Ober- und Unterprobe zeitlich überschritten sind. Die Verschleißbeurteilung erfolgt als Kombination dieser Messwerte und nach einem subjektiven Bewertungsverfahren. Die Abbildung 13 zeigt dabei die Entwicklung des Reibwertes als Reibpaarung eines POM Kettenwerkstoffe mit der einschichtigen Lackvariante, die Abbildung 14 zeigt dabei die Entwicklung des Reibwertes als Reibpaarung des gleichen POM Kettenwerkstoffes mit der dreischichtigen Lackvariante. Auch hier lässt sich bei Erhöhung der Lackschicht eine Verringerung des Reibwertes feststellen.

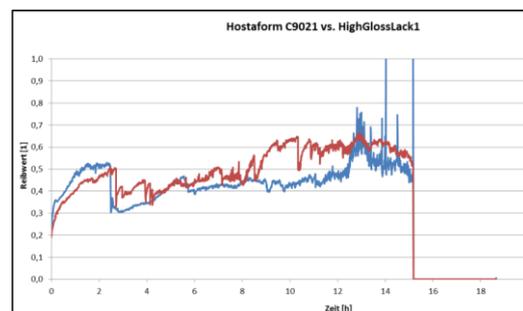


Abbildung 13. zeitlicher Reibwertverlauf Hostaform / Novaset 1-schichtig

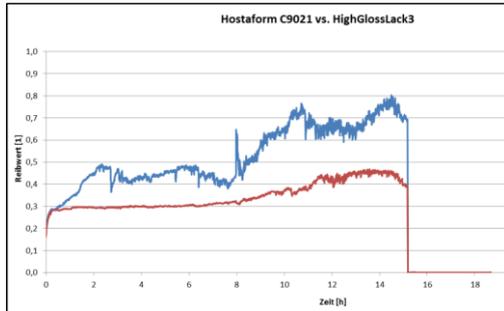


Abbildung 14. zeitlicher Reibwertverlauf Hostaform / Novaset 3-schichtig

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Ziel dieser Untersuchungen war es, die Übertragbarkeit von, aus anderen Anwendungsfeldern bekannten, Gleit- und Reibungsmodifikatoren auf papierbasierte Substrate zu überprüfen und deren prinzipielle Anwendbarkeit im Hinblick auf die eingangs genannten Problemstellungen nachzuweisen. Wobei die Modifikationen nicht direkt auf das Trägerpapier aufgedruckt werden sollten, sondern die Veränderungen in den Gebrauchseigenschaften durch Schaffung einer hybriden Schichtstruktur aus modifizierten Lacken und unveränderten Lacken zu erreichen waren. Die durchaus vorhandenen Effekte durch das mehrschichtige Aufbringen von gleitfähigen Lacken auf papierbasierte Substrate sind messtechnisch gut belegbar. Der mehrlagige Aufbau in Verbindung mit der gebrauchsfertigen Kleberückenbeschichtung, machten die Materialien nicht anfällig für vorzeitige mechanische Beschädigungen durch Aufbringen auf abgerundete oder stark winklige Bauteile. Aus den bisher durchgeführten Untersuchungen kann resultierend festgehalten werden, dass für die Modifizierung des Reibverhaltens von Stützschiene für Band-, Zahnriemen- und Kettenförderer in der Fördertechnik, folgende Grundlagen für das mögliche hybride Materialsystem erarbeitet werden konnten:

- Verwendung bekannter, in der Druckindustrie erprobter Lacksysteme,
- mehrschichtiger Aufbau bei stabilen Ferti-gungsbedingungen möglich,
- weitere Reduzierung des Reibwertes durch in-korporierte Schmiermittel in Mikrokapseln möglich.

Durch die Zusammenarbeit mit der Hochschule konnte auch eine ganz neue Sichtweise auf die verarbeiteten Produkte erlangt werden. In dem Zusammenhang waren wiederum Untersuchungen mit dem Lasermikroskop sehr aufschlussreich (vergl. Abbildung 15). Mit steigender Schichtzahl von 0 bis 3 (von links nach rechts) erhöht sich die Rauigkeit des Materials. Damit verringert sich die Kontaktfläche zum Reibpartner und der Reibwert nimmt ab. Die hier verwendeten Lacke erzeugen zwar eine ge-

schlossene Lackschicht, welche aber nicht zwangsweise als glatt anzusehen ist.

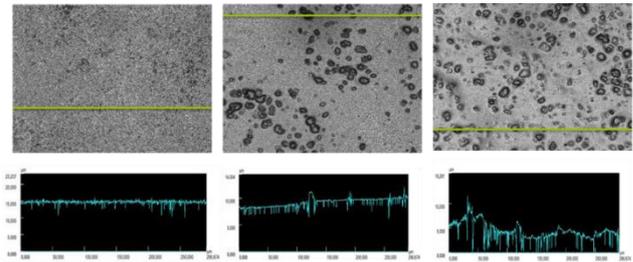


Abbildung 15. Veränderung der Oberflächeneigenschaften mit steigender Schichtanzahl

6 DANKSAGUNG

Dank dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Bildung und Forschung für die Förderung von Teilen des Vorhabens im Rahmen des zentralen Innovationsprogrammes Mittelstand (ZIM).

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Dipl.-Ing. Enrico Putzke, Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Fördertechnik seit 2009, Gruppenleiter Schüttgutförder- und Hebeteknik.

Adresse: Professur Fördertechnik, Institut für Fördertechnik und Kunststoffe (IFK), Technische Universität Chemnitz, Reichenhainer Straße 70, 09126 Chemnitz, Tel: +49 371 531-37819, Fax: +49 371 531-837819, E-Mail: enrico.putzke@mb.tu-chemnitz.de

Dipl.-Ing. André Riedel, Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Fördertechnik, Forschungsschwerpunkt Stetigförderer.

Adresse: Professur Fördertechnik, Institut für Fördertechnik und Kunststoffe (IFK), Technische Universität Chemnitz, Reichenhainer Straße 70, 09126 Chemnitz, Tel: +49 371 531-39934, Fax: +49 371 531-839934, E-Mail: andre.riedel@mb.tu-chemnitz.de

Dr.-Ing. Sebastian Weise, Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Fördertechnik. Forschungsschwerpunkte Entwicklung von Kunststoffketten und Fördersystemen, Tribologie und faserverstärkte Kunststoffe.

Adresse: Professur Fördertechnik, Institut für Förder-
technik und Kunststoffe (IFK), Technische Universität
Chemnitz, Reichenhainer Straße 70, 09126 Chemnitz,
Tel: +49 371 531-37293, Fax: +49 371 531-837293, E-
Mail: sebastian.weise@mb.tu-chemnitz.de

Daniel Walter, Industriemeister Digital- und Printmedien.

Adresse: Druckerei Schiemenz GmbH, Byhlener Straße
3, 03044 Cottbus, Tel: +49 355-87 70 71 44, Fax: +49
355-87 70 71 28, E-Mail: d.walter@schiemenz.de

