

Flächiges klebstofffreies Niedertemperaturfügen von Polymerfolien mit Metalloberflächen (KUmet)

Projekthalt und Ziele

- Die Atmosphärendruck-Plasmen (dielektrische Barriereentladung) haben sich für Vorbehandlungen von Kunststoffoberflächen zur Erhöhung der Oberflächenspannung für die Druckfarben-, Lack- bzw. Klebstoffhaftung insbesondere bei der Folienverarbeitung etabliert. Die Verbindung von Metalloberflächen mit Kunststoffbahnen erfolgte bislang fast ausschließlich durch den Einsatz von Klebstoffen. Der Nachteil dieser ist neben dem Einsatz von Hilfsstoffen, wie Lösungsmitteln, deren übliche Schichtdicke von ca. 7-20 µm, wobei die Schichtdicke sowohl die Prozesskosten als auch das Eigenschaftsbild des Verbundes maßgeblich beeinflusst.
- Die Laminierung von Kunststoffbahnen mit Metalloberflächen mittels Oberflächenfunktionalisierung war bis dato nicht bekannt, besitzt aber auf Grund des ressourcenschonenden Charakters, niedriger Prozesstemperaturen und hoher optischer Güte der Verbunde ein sehr hohes Potential, welches im Rahmen dieses Projekts näher betrachtet wurde.
- Die dabei angestrebten Haftkräfte sollten zwischen 6 N/15mm und 12 N/15mm liegen.

Methoden

Zur Untersuchung des Einflusses der verwendeten Precursoren (sehr dünne Schichten, auf zum Großteil siliciumorganischer Basis, welche nach bzw. während des Coronaprozesses auf das Substrat aufgetragen werden), wurden zwei verschiedene Applikationsformen ausgewählt und untersucht: die nasschemische und die Einbringung in der Gasphase unmittelbar in den Elektrodenspalt (Aldyne®-Verfahren, quasi-CVD-Prozess).

Während der Aktivierung durch Coronaentladungen werden Radikale an der Oberfläche frei, welche in der Lage sind, kovalente und damit feste chemische Bindungen zu reaktiven Komponenten einzugehen, so wie beispielsweise den Precursoren.

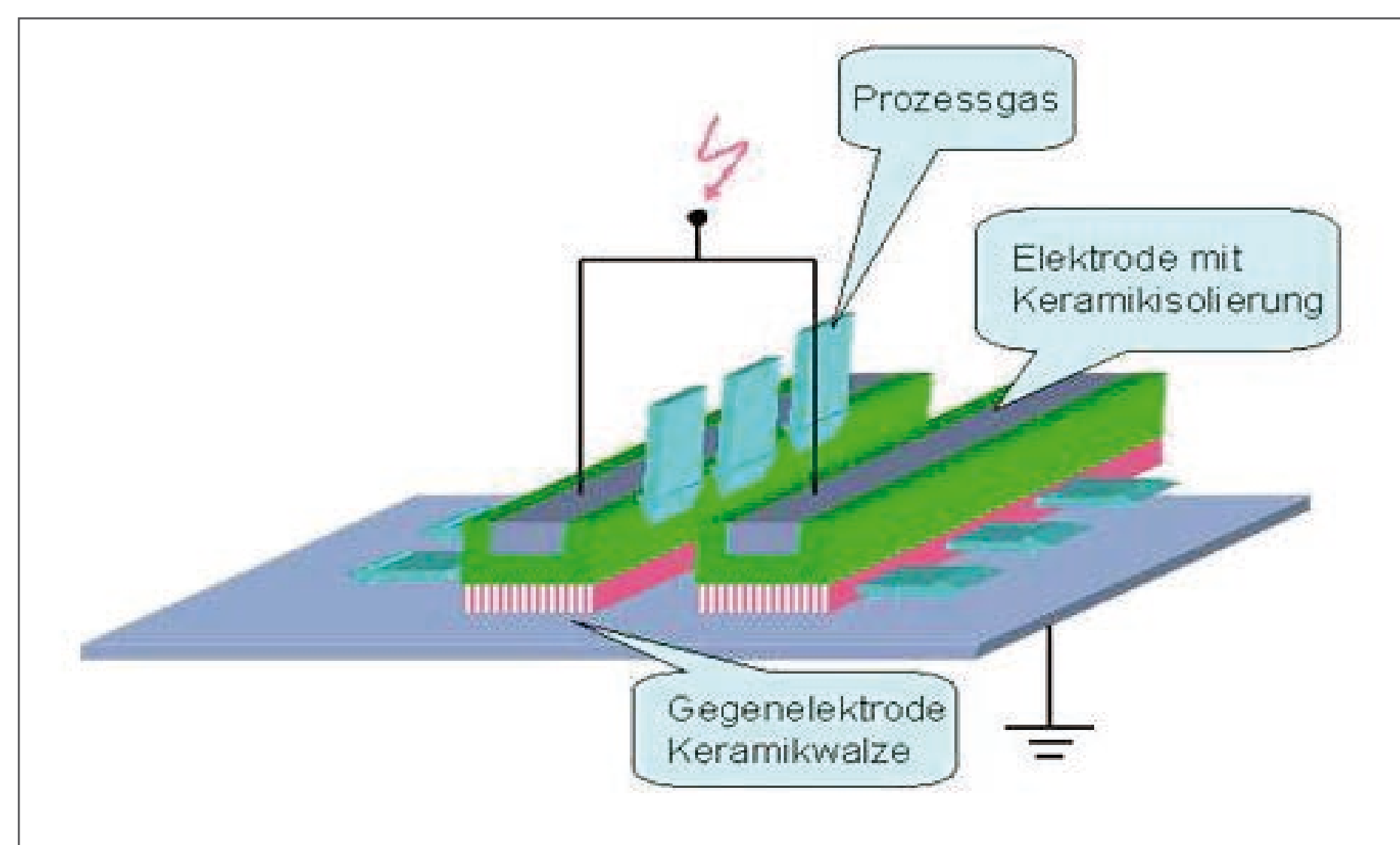


Abb. 1: Der Aldyne®-Prozess mit Einspeisung des Precursors als Teil des Prozessgases in den Elektrodenspalt.

NASSCHEMISCHER AUFTRAG DES PRECURSORS

Der Prozess ist dadurch gekennzeichnet, dass die Applikation des Precursors offline erfolgt. Die Reihenfolge der Verbundherstellung ergibt sich damit wie folgt:

- Coronisierung der Substrate (Kunststoffbahn und Metallfolie).
- Aufrakeln des in Aceton gelöst vorliegenden Precursors (APTMS=3-Aminopropyltrimethoxysilan) mit 10µm Spiralarakel.
- Erneute Coronisierung der beschichteten Substrate
- Herstellung des Verbundes durch kurzzeitiges Pressen bei Temperaturen unter 100 °C.

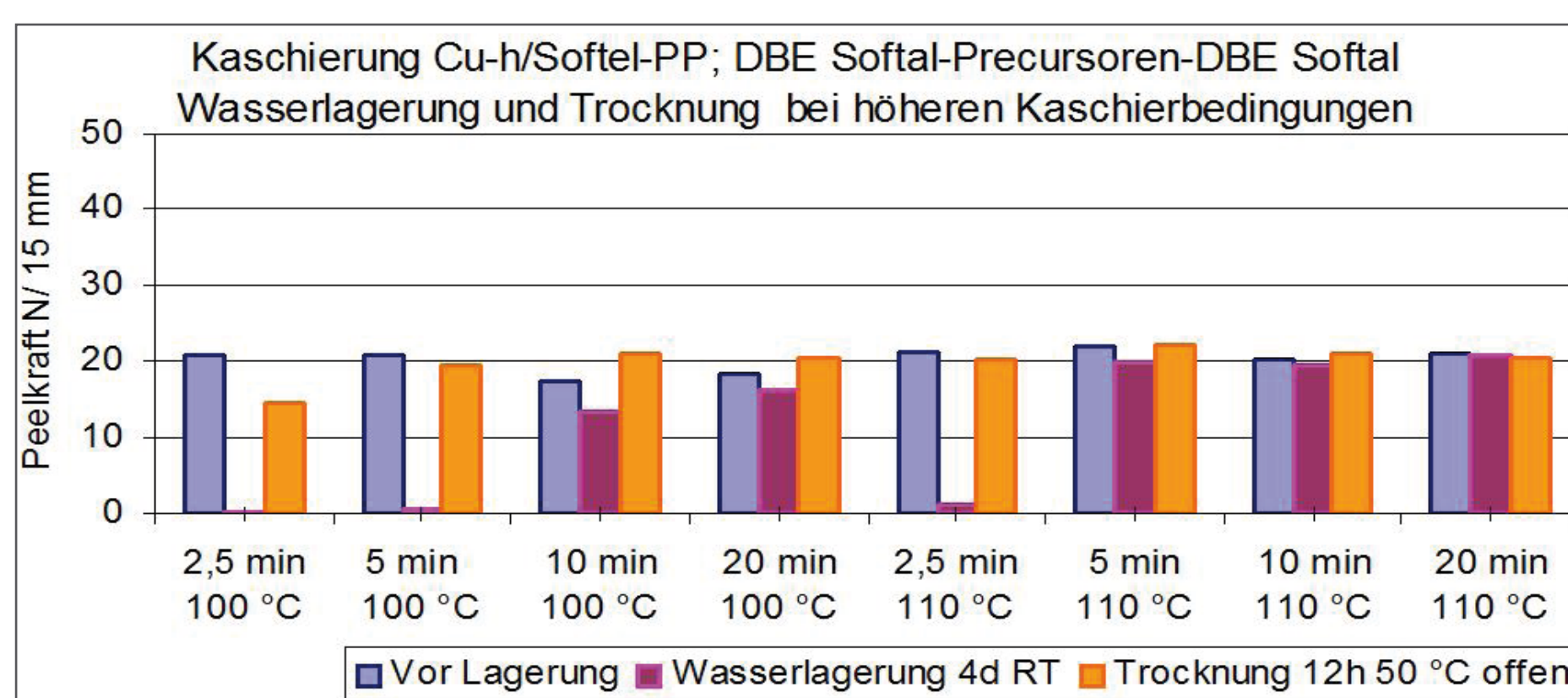


Abb. 2: Darstellung der mittels nasschemischer Applikation von APTMS erreichten Haftkräfte in Bezug auf die Wasserlagerungsstabilität.

CVD-PROZESS

Wie unter Methoden beschrieben und in Abb. 1 dargestellt, wird bei diesem Prozess der Precursor in einer Flasche vorgelegt, welche mit dem Prozessgas durchströmt wird. Dabei wird die sich über der Flüssigkeit ausbildende Dampfphase mitgerissen und ausgetragen (Abhängig von Geschwindigkeit, Temperatur und Sättigungsgrad des Gases). Der Precursor wird auf dem Substrat abgeschieden und durch die nachträglich eingetragenen Plasmaleistung aktiviert. Die theoretischen Schichtdicken betragen in diesem Fall rund 40 nm. Dadurch verkürzt sich die Prozesszeit (Wegfallen des zweiten Aktivierungsschrittes, Kombinationsmöglichkeit zur Inline-Prozessgestaltung inkl. Kopplung nachgeschalteter kontinuierlicher Kaschierung).

Ergebnisse

Nachdem APTMS als optimaler Precursor für die Verbundherstellung der untersuchten Materialkombinationen identifiziert wurde, befassten sich viele Untersuchungen mit der Optimierung des Prozesses bzw. der erreichten Haftkräfte. Diese sind in Tabelle 1 aufgeführt. Es ist besonders auffällig, dass die Wasserlagerungsstabilitäten nach nasschemischer Behandlung erst bei hohen Verweilzeiten und relativ hohen Temperaturen erzielt werden

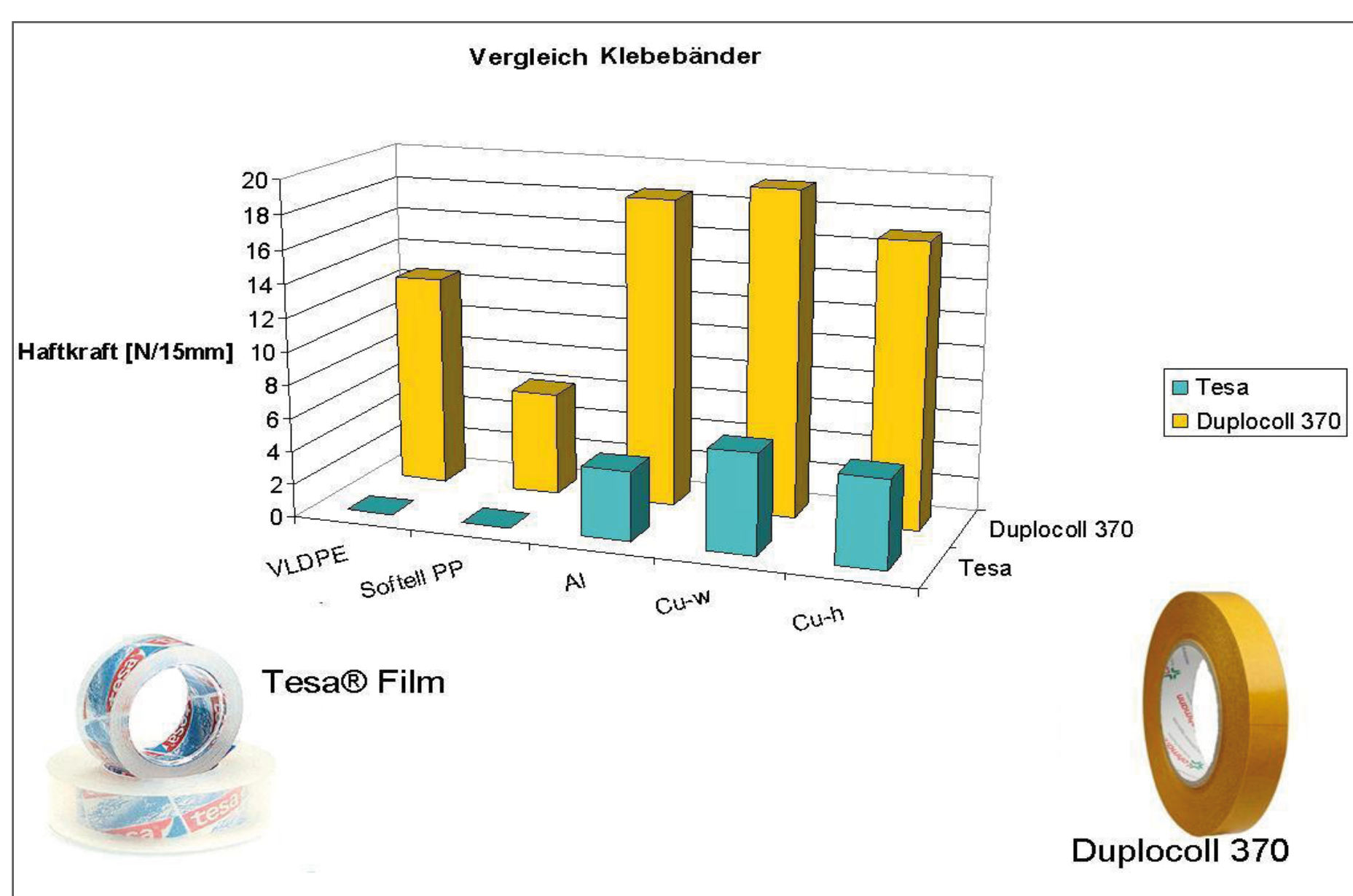


Abb. 3: Zur Veranschaulichung der Größen erhaltener Haftungen zeigt dieses Diagramm die Haftwerte Klebebändern auf den unbehandelten Substraten.

(vgl. Abb. 2), während beim CVD-Prozess Wasserlagerungsstabilität bereits mit mittleren bis kurzen Verweilzeiten ab 70 °C erreicht wird.

	VLD-PE		Softell PP	
	diskontinuierlich	kontinuierlich	diskontinuierlich	kontinuierlich
Al	5	21	17	20
Cu-hart	32	k. A.	24	20
Cu-weich	28	25	14	16
V2A 1.4301	0	32	19	23

Tabelle 1: Die hier aufgeführten Ergebnisse sind die jeweils maximal erreichten Haftkräfte (in N/15mm) bei aufgeführter Materialkombination und Verfahrensführung

Schlussfolgerung

Es ist gelungen sowohl mit diskontinuierlichen als auch mit kontinuierlichen Applikations- und Fügemethoden für jeden untersuchten Verbund Haftkräfte zu erzielen, die den gestellten Anforderungen von 6-12 N/15 mm mindestens genügen bzw. diese z.T. deutlich übersteigen. Ein Vergleich der gemessenen Haftwerte der neuen Technologie mit handelsüblichen Klebebändern verdeutlicht, dass durch die entwickelte Technologie durchaus in der Lage ist mit Klebstoffen erzeugte Haftungen zu erreichen bzw. in vielen Fällen sogar zu übertreffen (Abb. 4). Es konnte ferner demonstriert werden, dass auch Mustergrößen von mehr als 2 m Länge mit konstanter Qualität hergestellt werden können. Es wurde weiterhin gezeigt, dass es keines Falls möglich ist, alle Werkstoffe hinsichtlich ihrer erwarteten Haftwerte zu pauschalisieren, wie am Beispiel Kupfer hart und Kupfer weich ersichtlich wird (vgl. Tab. 1). Es konnte ferner festgestellt werden, dass die Precursorkonzentration im Prozessgas mit zunehmender Gasgeschwindigkeit abnimmt. Mit Hilfe einer programmierbaren Prozesssteuerung zur Variation der Precursordosierung konnte effektiv ein weiterer Bereich der Parameter abgedeckt und untersucht werden. Ein Oszilloskop ermöglichte die Bewertung des Leistungseintrags ins Plasma, was einen Transfer der Parameter auf andere, nicht baugleiche, Plasmaanlagen ermöglicht. Die Ergebnisse bieten Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Bandbeschichtung, der Montagefolienherstellung sowie eine fundierte Basis für weitere Forschungsbestrebungen auf dem Gebiet des klebstofffreien Niedertemperaturfügens.

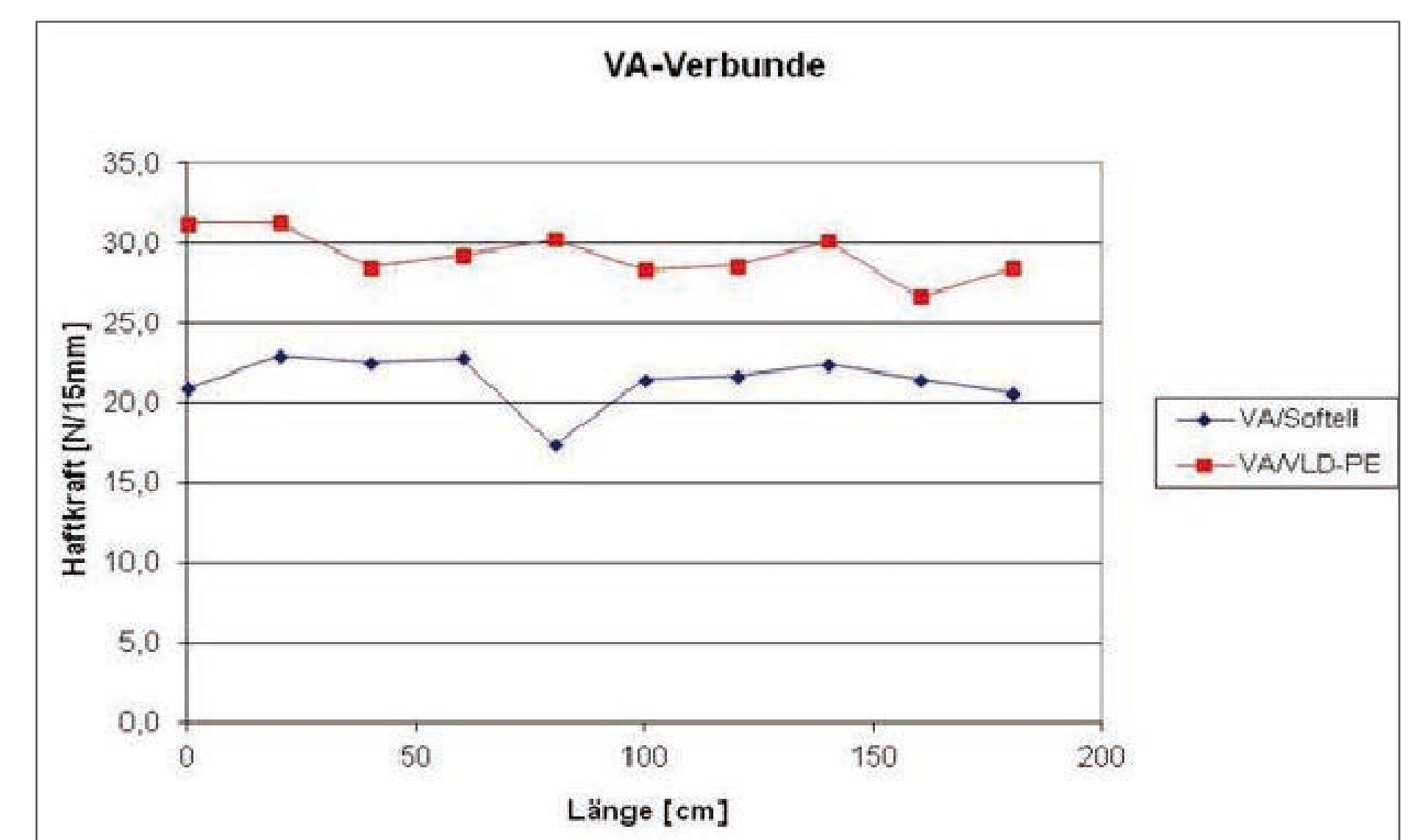


Abb. 4: Demonstration der gleichmäßigen erzielten Haftkraft über einen kontinuierlich gefügten Verbund aus Kunststoffbahn und V2A.