

## Einfluss siliconhaltiger Trennmittel auf die Haftfestigkeit von Klebebändern

### Situation

Bei der Produktion von Haftklebebändern werden häufig Trennpapiere oder Trennfolien auf Siliconbasis eingesetzt. Steigende Anforderungen an die Qualität und Reproduzierbarkeit von Haftklebungen sowie die Suche nach den Ursachen im Fall von unvorhergesehenen Adhäsionsschäden sind daher unmittelbar mit der Fragestellung verbunden, ob und auf welche Weise ein Transfer mobiler Siliconbestandteile auf die Oberfläche der Haftklebstoffe auftritt.

Mit den bisher verbreitet eingesetzten empirischen Methoden ist es nicht möglich, einen ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Nachweis von Silicon auf einer Oberfläche und einer mangelnden Adhäsion auf dieser Oberfläche herzustellen. Erst durch den kombinierten Einsatz von oberflächenanalytischen Verfahren und makroskopischen Prüfmethode ist ein quantitativer Zusammenhang zwischen Siliconkontamination und Klebeigenschaften zugänglich.

## Klebebänder nach Kontakt mit Silicontrennschichten

Aus kommerziellen Silicontrennschichten lassen sich Siliconbestandteile durch Extraktion herauslösen. Diese Bestandteile können potenziell auf Haftklebebänder übertragen werden, wenn bei der Produktion der Haftklebebänder solche siliconisierten Trennpapiere eingesetzt werden. Ob eine Übertragung dieser Siliconbestandteile auf die Klebebänder stattfindet und in welchem Maße Klebebänder kontaminiert werden, ist am Beispiel eines Naturkautschuk-Klebebands dargestellt. Dazu ist das Klebeband auf verschiedene Silicontrennschichten aufgewalzt und nach 14-tägiger Lagerung abgezogen worden. Im Anschluss sind die Klebkräfte und die Siliconkontamination auf dem Klebeband mittels XPS (Abb. 1) bestimmt worden. In Abb. 2 sind die Si-Konzentrationen und die Klebkräfte des Klebebands nach Kontakt mit den verschiedenen Trennpapieren dargestellt.

### Ergebnis 1

Trotz signifikanter Kontamination mit Siliconen verändern sich im Falle von Haftklebungen die Klebkräfte von Klebebändern kaum. Werden diese Klebebänder z. B. in Form von Etiketten im Anschluss auf zu lackierende Oberflächen aufgebracht, kommt es zu einer Verschleppung dieser Siliconkontaminationen. Nach Entfernen der Etiketten und anschließendem Lackieren sind Benetzungsfehler und Lackverlaufsstörungen eine typische Folge.



Abb. 1: Röntgenphotoelektronen-Spektroskopie (XPS) zur Oberflächenanalyse.

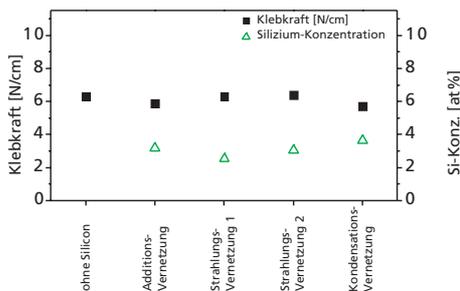


Abb. 2: Klebkraft und Si-Konzentration eines Klebebands nach Kontakt mit verschiedenen Silicontrennschichten.

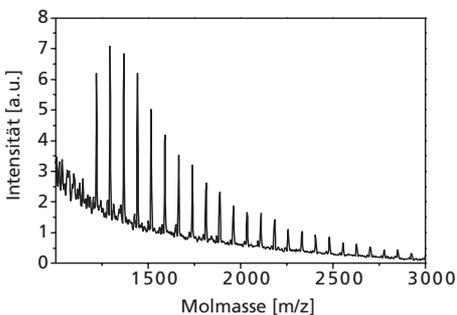


Abb. 3: Massenspektrum der Extractables einer additionsvernetzten Siliconisierung; dargestellt sind die Molmassen der Silberaddukte von Siliconen.

## Charakterisierung der extrahierbaren Bestandteile

Die Extrakte einer additionsvernetzten Siliconisierung sind mit TOF-SIMS nach Monolagenpräparation auf aktiviertem Silber charakterisiert worden. Mit dieser Methode sind die Molmassenverteilung der Extrakte und die molekulare Struktur zugänglich (Abb. 3).

Die Massenlinien weisen eine charakteristische Separation von 74 g/mol auf, was der Molmasse der Wiederholeinheit von Polydimethylsiloxanen (PDMS) entspricht. Es handelt sich daher um eine Molekulargewichtsverteilung eines PDMS. Bei diesem Verfahren werden Silberaddukt-Kationen von unfragmentierten Molekülen gebildet, deren Massen bestimmt werden. Subtrahiert man das Atomgewicht des Silbers von den detektierten Molmassen, ergibt sich schließlich das Gewicht der unfragmentierten Siliconmoleküle. Weil alle Molmassen Vielfache des Molekulargewichts der PDMS-Wiederholeinheit sind, bestehen die Moleküle nur aus den Wiederholeinheiten und besitzen keine Endgruppen. Es muss sich demnach bei den detektierten Molekülen um zyklische PDMS handeln. Die in dem Massenspektrum vorhandene Molmasse 2921 g/mol beweist z. B. die Anwesenheit des 38-meren zyklischen PDMS in der Probe.

## Kann man die extrahierbaren Bestandteile vermeiden?

Wie die Extraktionsexperimente belegen, lassen sich aus allen untersuchten Siliconisierungen Bestandteile extrahieren. Hierbei handelt es sich gleichzeitig um die Silicone, die potenziell auf die Klebebänder übertragen werden können. Diese entstehen bei der Produktion der Ausgangsstoffe für die Siliconisierungen. Bei der Produktion der Ausgangsstoffe werden unweigerlich Silconzyklen gebildet, die bei einer Siliconisierung nicht am Vernetzungsprozess teilnehmen können (Abb. 4).

Die Bildung von Zyklen kann prinzipiell nicht unterbunden werden, wenn bei der Produktion der PDMS im sauren oder basischen Medium gearbeitet wird. Im Produktionsprozess werden die niedermolekularen Zyklen durch Erwärmung im Unterdruck ausgetrieben. Dies geschieht laut Abb. 3 für zyklische PDMS mit bis zu 14 Wiederholeinheiten effektiv. Zyklen mit höheren Molmassen können durch diese Methode nicht mehr vollständig abgetrennt werden.

Möchte man also die Nebenprodukte vermeiden, so müsste auf den Einsatz der bekannten Katalysatoren bei der Produktion der Ausgangsmaterialien verzichtet werden. Eine Minimierung der extrahierbaren Siliconbestandteile sollte durch die Variation der Produktionsparameter möglich sein. Eine prinzipiell andere Methode besteht in der Extraktion der mobilen Bestandteile nach der vollständigen Vernetzung der Siliconisierung. Aber auch diese Methode ist äußerst kostenintensiv und nicht universell einsetzbar. Z. B. können Probleme auftreten, wenn bereits bedruckte Folien siliconisiert werden sollen.

## Ergebnis 2

Die Vermeidung von extrahierbaren und damit mobilen, übertragbaren Siliconbestandteilen erfordert entweder bei der Produktion der Ausgangsstoffe bzw. bei der Siliconisierung nach Vernetzung hohen apparativen Aufwand oder ein gänzlich neues Syntheseverfahren.

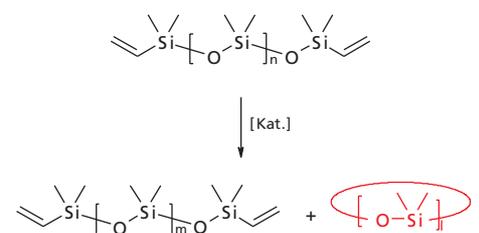


Abb. 4: Nebenreaktion bei der Produktion von Vinyl-PDMS und Bildung von Siliconzyklen.

## Ansprechpartner

Ralf Wilken  
Telefon: +49 (0) 421-22 46-4 48  
E-Mail: [rw@ifam.fraunhofer.de](mailto:rw@ifam.fraunhofer.de)

## Institut

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, IFAM  
Bereich Klebtechnik und Oberflächen,  
Bremen