

# Warum das Vorbehandeln so wichtig ist

Das Phänomen Haftung war in der Doppelausgabe 7-8 das Serienthema. Dieser nächste Teil erklärt, wie man die Oberflächenenergie von Kunststoffbauteilen experimentell bestimmen kann und warum die Vorbehandlung technischer Kunststoffe so wichtig ist.

Henning Gleich, Andreas Hartwig, Hartwig Lohse

Während die Oberflächenspannung bei Flüssigkeiten mit verschiedenen Methoden direkt bestimmt werden kann (z. B. Du Noüy-Ring, Wilhelmy-Platte etc.) /1/, ist die Oberflächenenergie der Festkörper einer direkten Messung nicht zugänglich. Ihre experimentelle Bestimmung ist nur indirekt z. B. mit Hilfe von Randwinkelmessungen und auf der Grundlage der Young-Dupré'schen Gleichung (s. Adhäsion 7-8/2016, Gl. 3) möglich.

Für die Randwinkelmessung werden unterschiedliche Benetzungsflüssigkeiten verwendet. In einer Vielzahl von Arbeiten /2-12/ hat sich zudem gezeigt, dass bei polymeren Oberflächen ein Ansatz für den Wechselwirkungsparameter  $\phi$  auf der Basis des geometrischen Mittels (s. Adhäsion 7-8/2016, Gl. 8) aufgrund seiner größeren Redundanz am besten geeignet ist.

Unter den Voraussetzungen, dass

- das Versagen der Klebverbindung in einer der Grenzschichten erfolgt (Adhäsionsbruch),
- der Spreitdruck  $\pi_e$  vernachlässigt werden kann,
- der Randwinkel  $\Theta$  im Drei-Phasen-System (solid-liquid-vapour) exakt vorliegt und messbar größer als Null ist,
- die eingesetzten Benetzungsflüssigkeiten den zu charakterisierenden Festkörper nicht chemisch verändern, also kein Anquellen, Anlösen und / oder keine chemische Umsetzungen bewirken und

- alle nicht auf Polaritäten beruhende Einflussgrößen (wie Rauigkeit, Morphologie der Oberflächenschicht, Inhomogenitäten in der Oberfläche etc.) keine besondere Bedeutung haben,

kann erwartet werden, dass sich aufgrund der dispersiven und polaren Oberflächenenergieanteile bei polymeren Werkstoffen folgende Grenzflächenenergie aufbaut, wenn man die Wechselwirkungen (den Wechselwirkungsparameter  $\phi$ ) auf der Basis des geometrischen Mittels bestimmt.

$$\gamma_{sl} = \gamma_l + \gamma_s - 2\sqrt{\gamma_l^d \gamma_s^d} - 2\sqrt{\gamma_l^p \gamma_s^p} \quad (\text{Gl. 1})$$

Entsprechend umgestellt gilt dann für die Adhäsionsarbeit:

$$W_a = \gamma_l (1 + \cos\Theta) = 2(\sqrt{\gamma_l^d \gamma_s^d} + \sqrt{\gamma_l^p \gamma_s^p}) \quad (\text{Gl. 2})$$

Gleichung 2 stellt eine Verbindung zwischen der theoretisch bestimmten Wechselwirkung und dem messtechnisch zugänglichen Randwinkel  $\Theta$  her. Sind  $\gamma_l$ ,  $\gamma_l^d$  und  $\gamma_l^p$  aus vorherigen Messungen oder aus der Literatur bekannt und wurde der Randwinkel  $\Theta$  im Experiment bestimmt, sind  $\gamma_s^d$  und  $\gamma_s^p$  abhängige Größen, also nicht mehr frei wählbar. Eindeutige Lösungen für  $\gamma_s^d$  und  $\gamma_s^p$  erhält man nun, wenn man auf der Basis von Gleichung 2 unter Verwendung von mindestens zwei

verschiedenen Benetzungsflüssigkeiten ein Gleichungssystem aufbaut.

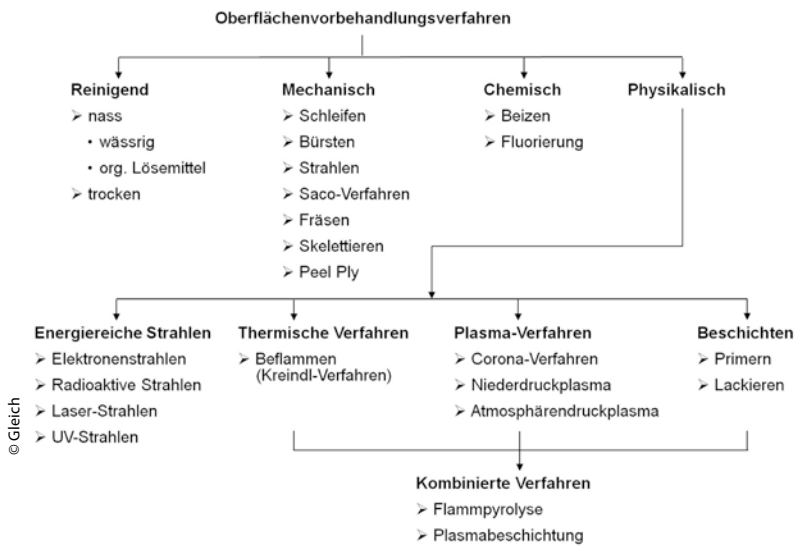
Bei einem gegebenen Festkörper ist die Grenzflächenenergie von den unterschiedlichen Wechselwirkungen zwischen der Festkörperoberfläche und der jeweils gewählten Benetzungsflüssigkeit abhängig. Die Oberflächenenergie ist bei polymeren Oberflächen somit, wenn man von den zuvor genannten Ausführungen und Randbedingungen ausgeht, eine werkstoffspezifische Kenngröße, die wie im Folgenden beschrieben, praktisch bestimmt werden kann.

Man benetzt die Substratoberfläche mit zwei verschiedenen Benetzungsflüssigkeiten mit unterschiedlichen Oberflächenspannungsanteilen und misst die dann auftretenden beiden unterschiedlichen Randwinkel  $\Theta_1$  und  $\Theta_2$ . Gemäß den oben dargestellten Zusammenhängen werden dann die beiden Adhäsionsarbeiten  $W_{a1}$  und  $W_{a2}$  wie folgt bestimmt:

$$W_{a1} = 2(\sqrt{\gamma_{l1}^d \gamma_s^d} + \sqrt{\gamma_{l1}^p \gamma_s^p}) \quad (\text{Gl. 3})$$

$$W_{a2} = 2(\sqrt{\gamma_{l2}^d \gamma_s^d} + \sqrt{\gamma_{l2}^p \gamma_s^p}) \quad (\text{Gl. 4})$$

Bestimmt man den Wechselwirkungsparameter  $\phi$  nun auf der Basis des geometrischen Mittels /13/, lassen sich zusammen mit den experimentell bestimmten Randwinkeln  $\Theta_1$  und  $\Theta_2$  der polare und der disperse Anteil der Oberflächenenergie  $\gamma_s^p$  und  $\gamma_s^d$  der Kunststoffoberfläche bestimmen. Für  $\gamma_s^p$  und  $\gamma_s^d$  gelten nach Kaelb-



**Bild 1** > Oberflächenvorbehandlungsverfahren für Kunststoffe /7/

le /6, 14/ in allgemeiner Schreibweise folgende Bestimmungsgleichungen:

$$\gamma_s^p = \frac{1}{D_{ij}^2} \left| \begin{array}{cc} \sqrt{\gamma_{li}^d} & \frac{W_{ai}}{2} \\ \sqrt{\gamma_{lj}^d} & \frac{W_{aj}}{2} \end{array} \right|^2 \quad (\text{Gl. 5})$$

$$\text{und } \gamma_s^d = \frac{1}{D_{ij}^2} \left| \begin{array}{cc} \frac{W_{ai}}{2} & \sqrt{\gamma_{li}^p} \\ \frac{W_{aj}}{2} & \sqrt{\gamma_{lj}^p} \end{array} \right|^2 \quad (\text{Gl. 6})$$

$$\text{mit } D_{ij} = \left| \begin{array}{cc} \sqrt{\gamma_{li}^d} & \sqrt{\gamma_{li}^p} \\ \sqrt{\gamma_{lj}^d} & \sqrt{\gamma_{lj}^p} \end{array} \right| \quad (\text{Gl. 7})$$

Bei einem paarweisen Vergleich der gemessenen Randwinkel und unter Ver-

wendung von n Benetzungsflüssigkeiten erhält man mit diesem Gleichungssystem maximal  $m = n(n-1)/2$  Werte für den dispersiven und den polaren Oberflächenenergieanteil des untersuchten Substrats.

Für die gesamte Oberflächenenergie gilt dann:

$$\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^p \quad (\text{Gl. 8})$$

Hat man sich entschlossen, nach der beschriebenen Weise vorzugehen, erhält man im Allgemeinen umso genauere Ergebnisse, je stärker sich die Polarität der verwendeten Benetzungsflüssigkeiten voneinander unterscheidet. Kaelble gibt in /6/ an, dass eine Kombination von Be-

netzungsflüssigkeiten dann zu verlässlichen Ergebnissen führt, wenn die Funktionaldeterminante D (Gleichung 7) einen Wert von größer 10 liefert.

Eine auf diese Weise durchgeführte Auswahl der Benetzungsflüssigkeits-Paarungen erscheint erheblich vertrauenswürdiger als die Regressionsanalyse nach Fowkes /15/. Auch Kamuseitz kommt in /16/ bei den von ihm durchgeführten "Simultanuntersuchungen" mit mehreren Benetzungsflüssigkeiten zu diesem Ergebnis.

Eine einfachere, jedoch leider auch weniger genaue Methode zur Bestimmung der Oberflächenenergie eines Fügeteils ist deren Bestimmung mit Testtinten gem. DIN ISO 8296:2008-3 /17/. Das Verfahren stellt

# KUKA

**Innovation**  
Made by KUKA Industries

- Planning and Engineering
- Laser and Arc Welding Solutions
- Magnetarc and Friction Welding Systems
- Casting Technologies
- Automated Production Solutions
- Customer Services

Euroblech 2016 | Hannover, Germany  
25–29 October, 2016 | Hall 13, Booth C194

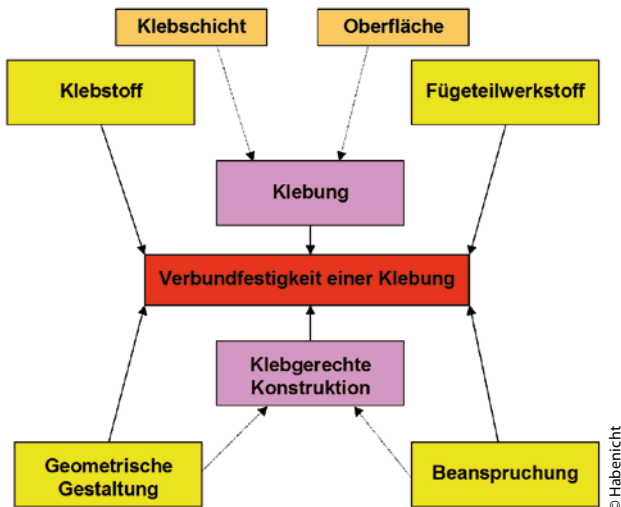


Bild 2 > Einflussfaktoren auf die Verbundfestigkeit /27/

ein gutes Hilfsmittel für die Qualitätssicherung in der laufenden Fertigung sowie für eine erste Beurteilung der Benetzbarkeit einer Oberfläche dar. Zieht sich die auf die Substratoberfläche gegebene Flüssigkeit (Testtinte) zusammen, ist die Oberflächenenergie der Substratoberfläche geringer als die der gewählten Testtinte. Bleibt die Tinte in Form des Striches stehen, ist die Substratoberflächenenergie gleich groß oder größer. Durch die Verwendung von Testtinten mit unterschiedlichen Oberflächenspannungen wird die Oberflächenenergie der Substratoberfläche weiter eingegrenzt. Eine Aufteilung in polaren und dispersiven Anteil ist jedoch mit dieser einfachen pragmatischen Methode nicht möglich.

### Vorbehandlung sichert den Prozess

Die Oberfläche zahlreicher technischer Kunststoffe bietet, wie bereits vielfach dargestellt, im unbehandelten Zustand einen außerordentlich schlechten Haftgrund für eine Klebung. Als Ursachen kommen hierfür in Frage /19/:

- Verunreinigungen der Oberfläche, hervorgerufen durch:
  - o eine elektrostatische Anziehung von Staubpartikeln und Schmutz aus der Umgebung,
  - o Oberflächenfilme als Folge von außen angewandeter Trenn- und Betriebsmittel und

- o das Ausschwitzen interner Verarbeitungshilfsmittel,
- ein ungleichmäßiger Zustand der physikalischen Oberfläche infolge örtlich unterschiedlicher Morphologien, Kristallisation, molekularer Orientierungen und Spannungen sowie das Vorhandensein sogenannter „Bindenähte“,
- unpolare Oberflächen aufgrund der molekularen Struktur der Makromolekülketten, die nur eine niedrige Oberflächenenergie bewirken.

Aus diesen Gründen können nur wenige Kunststoffe ohne eine Oberflächenvorbehandlung geklebt werden. Neben der einfachen Reinigung kommt insbesondere eine gezielte Aktivierung der Fügeteiloberflächen in Betracht, um eine hinreichende Haftung zu erreichen.

Bild 1 gibt einen Überblick über gebräuchliche Oberflächenvorbehandlungsverfahren. In /20/ wurde eine umfangreiche kritische Analyse der einzelnen Verfahren vorgenommen.

Ziele einer Klebflächenvorbehandlung polymerer Werkstoffe sind nach /21, 22, 23, 24/:

- die Reinigung der Fügeteiloberfläche, d. h. die Entfernung von anorganischen und organischen Schmutzpartikeln wie Staub, Öl, Fett, Trenn- und Bearbeitungsmitteln, von haftungsmindernden Stabilisatoren und der vorhandenen Absorbatschicht. Dabei soll jedoch der chemische und physikali-

- sche Zustand der Oberfläche in der Regel nicht verändert werden,
- die Entfernung niedermolekularer Oberflächenschichten (weak-boundary-layers),
- evtl. eine Verbesserung des Oberflächenzustandes durch eine mechanische Oberflächenveränderung,
- eine Homogenisierung der Oberfläche, um die Anzahl von kritischen Fehl-/Schwachstellen an der Fügeteiloberfläche vor der Klebung zu minimieren,
- die Bildung von Radikalen und damit eine signifikante Erhöhung der Benetzbarkeit. Hierdurch wird eine Annäherung der flüssigen Klebstoffmoleküle und der Fügeteiloberflächenmoleküle bis in den zwischenmolekularen Bereich hinein erreicht,
- die gezielte Aktivierung der Fügeteiloberfläche durch die Einleitung chemischer und / oder physikalischer Umsetzungen in der Oberfläche. Damit soll zum einen die Umwandlung unpolare Oberflächenanteile in polare (Polarisierung der Oberfläche) erreicht werden und zum anderen sollen sich durch die Erzeugung polarer Gruppen, z. B. durch Oxidation der Oberfläche, funktionale Gruppen bilden (>C=O, -COOH, ...).

### Verbundfestigkeit beim Kleben

Die Verbundfestigkeit ist ein mechanischer Kennwert zur Beschreibung der Güte einer

Klebverbindung. Bild 2 weist auf die komplexe Vernetzung der Einflussfaktoren, die die Verbundfestigkeit beeinflussen, hin.

Das primäre Ziel bei einer Klebung ist, eine optimale Haftung und Verbundfestigkeit zu erreichen /20/. Eine direkte Methode, die Phasengrenze (fest / fest) im Hinblick auf die Wirkung der Adhäsion quantitativ zu beurteilen, gibt es zurzeit noch nicht /25/. Dazu müssen die Vorgänge, die die Adhäsion in der Grenzflächenschicht (Substrat / Klebstoff) bestimmen, noch im Detail erforscht werden. Kleben ist ein spezieller Prozess. Ein zerstörungsfreies Prüfverfahren zur quantitativen Bestimmung der Haftung in der Grenzflächenschicht existiert (noch) nicht.

Bisher sagten theoretische Analysen in Bezug auf die Haftung zwischen zwei kondensierten Phasen im Vergleich zum experimentellen Verhalten stets viel zu hohe Festigkeitswerte voraus. Damit sind diese Prognosen für den Konstrukteur nicht relevant /26/.

Aus diesem Grund treten mechanische Prüfverfahren, wie z. B. Scherversu-

## Klebtechnisches Wissen von vielen bündeln

Serie „Kunststoffe erfolgreich kleben“ auch als Buch

Mit der Serie „Kunststoffe erfolgreich kleben“ rücken Experten aus Industrie und Wissenschaft die Leistungsfähigkeit der Klebtechnik beim Fügen von Kunststoffen mit Kunststoffen oder anderen Werkstoffen in den Mittelunkt des Leserinteresses. Nach einführenden Beiträgen über Kunststoffe, Grundlagen der Klebstoffe und Klebtechnik werden alle für das erfolgreiche Kleben von Kunststoffen wichtigen Aspekte behandelt. Zahlreiche Best Practice Beispiele aus verschiedensten Industriebranchen beleuchten die anwendungstechnischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Klebtechnik beim Fügen von Kunststoffen. Auf Basis der Serienbeiträge entsteht im Hintergrund ein umfangreiches Fachbuch. Es bündelt das im Rahmen der Serie dargestellte Wissen von mehr als 50 Autoren und bietet dem Leser / der Leserin anwendungsnahe Hilfestellung bei der erfolgreichen Lösung von Klebaufgaben in der Herstellung von innovativen Kunststoffprodukten.

Weitere Infos zum Buchprojekt: [marlene.doobe@springer.com](mailto:marlene.doobe@springer.com)

che oder Schälversuche in der Praxis in den Vordergrund /27/. Die ermittelten Festigkeitswerte (Verbundfestigkeiten) spiegeln hier das gesamte Eigenschaftsbild des durch Kleben hergestellten Verbundes einschließlich der Adhäsions-,

Kohäsions- und Mischbrüche am Ende wieder. Die Untersuchungsergebnisse geben die geforderten Aufschlüsse über die Adhäsionseigenschaften der am Verbund beteiligten Partner /20, 22, 28/. Generell gilt jedoch, dass nur bei rei-

# ONLINE AUCTION

BY ORDER OF SCAPA GROUP



## SALE OF AN ADHESIVE TAPE MANUFACTURING PLANT

**FEATURING:** **Sale Closing:** Tuesday, 18<sup>th</sup> October, 2016 **Location:** Rorschach, Switzerland

- Dival & Pagendarm adhesive coating lines (Qty 2)
- Laminating line
- Guzzetti 'TRG 500' and 'TSG400' slitting lines
- Raw material preparation
- Heavy duty roller mills
- Mixing systems for natural rubber adhesive
- Mixing systems for colour and additives
- Solvent tank farm
- Adhesive tank farm
- Machine shop including: Hurth 'LFV1' milling machine, Oerlikon 'DEOA' lathe, inspection and general equipment
- Jungheinrich 'EJC10G' electric forklift truck, pallet trucks
- Atlas Copco air compressors, ovens, Wyss reverse osmosis plant etc
- Stainless Steel IBC tanks 1000ltr (Qty 60)

To view and bid on the lots, please visit: <http://www.go-dove.com/en/events?cmd=details&event=551111>

For further information, contact:  
**RICHARD SIEBERER**  
Tel: +49 89 12 555 80 Mobile: +43 676 843 813 105  
Email: [richard.sieberer@liquidityservices.com](mailto:richard.sieberer@liquidityservices.com)



A LIQUIDITY SERVICES MARKETPLACE

nen Adhäsionsbrüchen die mechanisch ermittelten Kennwerte die Haftung zwischen beiden Fügepartnern wiedergeben /22/.

Experimentell gemessene Verbundfestigkeiten hängen im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab /25/:

- von der Art des Polymerwerkstoffs des Fügepartners (vorliegende Vorschädigungen, wie Poren, Lunker, Risse, ...),
- vom Klebstoff selbst (Ansatz, Applikation, Aushärtung),
- von der „richtigen“ Vorbehandlung der Fügepartner,
- von der eingesetzten Klebtechnik (z. B. Schichtdicke),
- von Umgebungseinflüssen während der Herstellung der Klebung,
- von den Auslagerungs- / Einsatzbedingungen des Klebverbundes,
- von den geometrischen Verhältnissen beim Prüfkörper und
- von der angewandten Prüftechnik. //

*Der Folgebeitrag dieser Serie in der Oktober-Ausgabe befasst sich mit den verschiedenen Klebstoffklassen, die beim Fügen von Kunststoffen Einsatz finden. Einsatzbeispiele verdeutlichen die anwendungstechnischen Möglichkeiten.*

## Literaturhinweise

- /1/ Weser, C.: Die Messung der Grenz- und Oberflächenspannung von Flüssigkeiten - eine Gesamtdarstellung für den Praktiker -, GIT Fachzeitschrift für das Laboratorium, 24 (1980) 642-648 und 734-742
- /2/ Stipan, G.: Zur Haftung von Lacken auf Kunststoffoberflächen, Dissertation am II. Institut für Technische Chemie der Universität Stuttgart, Stuttgart 1989
- /3/ Dyckerhoff, G.A.; Sell, P.-J.: Über den Einfluß der Grenzflächenspannung auf die Haftfestigkeit, Die Angewandte Makromolekulare Chemie 21 (1972), S.169-185
- /4/ Zisman, W.A.: Relation of the equilibrium contact angle to liquid and solid constitution, Advan.Chem.NY Ser 43 (1964) pp 1-51
- /5/ Fowkes, F.M.: Attractive Forces at Interfaces, Industrial and Engineering Chemistry 56 (1964), pp.44-52
- /6/ Kaelble, D.H.: Surface Energie Criteria of Adhesion, in: Physical Chemistry of Adhesion, Science Center, North American Rockwell Corp., Thousands Oaks, California, Wiley-Interscience, New York 1970, S.149-189

- /7/ Gleich, H.: Zusammenhang zwischen Oberflächenenergie und Adhäsionsvermögen von Polymerwerkstoffen am Beispiel von PP und PBT und deren Beeinflussung durch die Niederdruck-Plasmatechnologie, Dissertation an der Universität Duisburg-Essen, 2004
- /8/ Etmanski, B.; Ehrenstein, G.W.: Zuverlässigkeit von Oberflächenspannungsmeßverfahren zur Vorhersage der Haftfestigkeit von Kunststoffklebverbindungen, Werkstoffe und Innovation 11/12 1990, S.44-47
- /9/ Gleich, H.; Criens, R.M.; Moslé, H.G.; Leute, U.: The Influence of Plasma Treatment on the Surface Properties of High Performance Thermoplastics, I.J.ADHESSION AND Adhesives Vol.9 No.2 April 1989, pp 88-94
- /10/ Owens, D.K.; Wendt, R.C.: Estimation of the Surface Free Energy of Polymers, J.of Applied Polymer Science, Vol.13, pp.1741-1747 (1969)
- /11/ N.N.: Oberflächeneffekte durch Plasmapolymerisation, Neue Technologie führt zur Eigenschaftsverbesserung bei Kunststoffen, K-Plastic- und Kautschukzeitung - Nr.336 vom 21.04.88, S.9
- /12/ Zorll, U.: Neue Erkenntnisse über die Bedeutung der Benetzung für die Adhäsion bei Beschichtungs- und Klebstoffen, Adhäsion 22 (1978), S.320-325
- /13/ Wu, S.: Polar and Nonpolar Interactions in Adhesion, J.Adhesion, 1973, Vol.5, pp.39-55
- /14/ Kaelble, D.H.: Surface and Interfaces, in: Physical Chemistry of Adhesion, Science Center, North American Rockwell Corp., Thousands Oaks, California, Wiley-Interscience, New York 1970, S.117-148
- /15/ Fowkes, F.M.: in Patrick, R.L.: "Treatise on Adhesion and Adhesives", Vol.1, M.Dekker Inc., New York 1967
- /16/ Kamusewitz, H.: Die thermodynamische Interpretation der Adhäsion unter besonderer Beachtung der Folgerungen aus der Theorie von GIRIFALCO und GOOD, Dissertation (B) an der Pädagogischen Hochschule Halle "N.K.Krupskaja" 1987
- /17/ DIN ISO 8296:2008-3 – Kunststoffe – Folien und Bahnen – Bestimmung der Benetzungsspannung, Beuth Verlag
- /18/ Habenicht, G.: Kleben, Springer-Verlag, München 1986, S.203 ff.
- /19/ Gleich, H.; Hansmann, H.: Niederdruck-Plasmabehandlung zur gezielten Modifizierung thermoplastischer Fügeflächen - Teil I: Einfluß der Prozeßparameter und Prozessoptimierung, Adhäsion 1991, Heft 1/2, S.15-19
- /20/ Bischoff, R.: Einfluss unterschiedlicher Oberflächenvorbehandlungen auf Klebbarkeit, Alterung und Oberflächenbeschaffenheit von Polypropylen, (Diss. TU Berlin 1988), Klebstoff-Dokumentum, Hinterwaldner-Verlag, München, 1988

- /21/ Schindel-Bidinelli, E.: Strukturelles Kleben und Dichten (Band 1), Hinterwaldner Verlag, München 1988
- /22/ Bischoff, C.: ND-Plasmatechnik im Umfeld der Haftungsproblematik bei Metall-Polymer-Verbunden, Tagungsband zur plasmatec '92 am 25.09.1992 in Duisburg, ed.: Nowack, H.; Schindel-Bidinelli, E.H., S.19-37
- /23/ Gleich, H.: Verbesserung der Benetzungsfähigkeit durch Plasmabehandlung, Adhäsion 1989, Heft 3, S.9-15
- /24/ Gleich, H.: Zum Einfluß von Plasmabehandlungen auf die Benetzungsfähigkeit und Klebbarkeit von Kunststoffoberflächen, Diplomarbeit 1987, Universität-GH-Duisburg, FB 7, Werkstofftechnik
- /25/ Bischoff, R.: Einfluss unterschiedlicher Oberflächenvorbehandlungen auf Klebbarkeit, Alterung und Oberflächenbeschaffenheit von Polypropylen, (Diss. TU Berlin 1988), Klebstoff-Dokumentum, Hinterwaldner-Verlag, München, 1988
- /26/ Wahono, W.: Kunststoff-Klebverbindungen I, in: Füge- und Verbindungstechniken für Kunststoff-Konstruktionen, DIF-Seminar 21-26-04, Düsseldorf 1992 /27/ Young, Th.: Phil.Trans. Roy.Soc., London 95 (1805), 65
- /28/ Good, R.J.: in Patrick, R.L.: "Treatise on Adhesion and Adhesives", Vol.1, M.Dekker Inc., New York 1967
- /29/ Bischoff, C.; Possart, W.: Adhäsion - Theoretische und experimentelle Grundlagen, Akademie-Verlag, Berlin 1983

## Die Autoren

### Prof. Dr.-Ing. Henning Gleich

(Henning.Gleich@inpro.de) leitet bei der inpro Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH in Berlin den Bereich Füge- und Werkstofftechnik.

### Prof. Dr. Andreas Hartwig

(andreas.hartwig@ifam.fraunhofer.de) ist beim Fraunhofer IFAM in Bremen Leiter der Abteilung Klebstoffe und Polymerchemie.

### Dr. Hartwig Lohse

(hlohse@hdyg.de) unterstützt mit seinem Beratungsunternehmen Klebtechnik Dr. Hartwig Lohse e.K. Anwender bei der Lösung von klebtechnischen Fragestellungen.

# Der beste (Kleb-) Lesestoff

Jetzt 2 x  
gratis testen!



[www.meinfachwissen.de/adhaesion](http://www.meinfachwissen.de/adhaesion)

Nur die Beste  
kommt auf  
den Tisch.



Bondexpo  
2016  
Halle 9  
Stand 9203

Die Tischdosierzelle DC-CNC250 von RAMPF ist die wirtschaftliche Lösung zur hochpräzisen Dosierung pastöser und abrasiver Materialien.

Alle marktgängigen 1- und 2-K statisch mischbaren Pasten, Klebstoffe und Vergussmassen mit Viskositäten von 100.000–700.000 mPa\*s sind verarbeitbar.

RAMPF Production Systems GmbH & Co. KG  
E [production.systems@rampf-gruppe.de](mailto:production.systems@rampf-gruppe.de)  
[www.rampf-gruppe.de](http://www.rampf-gruppe.de)

**RAMPF**  
discover the future



Techcon's neuer kundenspezifischer Abfüllservice:

- Jegliche flüssige bis pastöse Medien in passende Gebinde
- Absolut kundenspezifisch, auch in Kleinmengen
- Zuverlässig und schnell

Kontaktieren Sie Techcon und wir erarbeiten die für Ihre Anwendung passende Abfülllösung!

[www.TechconSystems.com](http://www.TechconSystems.com)  
49 (0)3222 109 1900 • [Europe-Orders@OKInternational.com](mailto:Europe-Orders@OKInternational.com)



Besuchen Sie uns doch auf der Bondexpo!  
10.-13. Oktober, Stuttgart, Halle 9 Stand 9606