

Kunststoffe

WERKSTOFFE – VERARBEITUNG – ANWENDUNG

SPRITZGIESSEN

Balanceakt: die automatische Verschlussdüsenregelung für Heiß- und Kaltkanäle

Seite 55

SPECIAL

Hybride Prozesse und Werkstoffkonzepte

Seite 28

COMPOUNDS

Hochgefüllte und schlagzähmodifizierte grafitische Bipolarplatten

Seite 89

Valve Gate Control



SPECIAL:

HYBRIDE PROZESSE UND WERKSTOFFKONZEPTE

[FAHRZEUGBAU] [MEDIZINTECHNIK] [VERPACKUNG] [ELEKTRO&ELEKTRONIK] [BAU] [KONSUMGÜTER] [FREIZEIT&SPORT] [OPTIK]

Ultrastark und mediendicht

Atmosphärische Plasmabeschichtung sichert Kunststoff-Metall-Verbunde im Spritzgießprozess

Nach zweijähriger Vorbereitung bringen ein Plasmaspezialist und ein Kunststoff-Compound-Hersteller gemeinsam eine neue Systemlösung auf den Markt, die nicht nur einen besonders hohen und mediendichten Haftverbund von Kunststoff und Metall im Spritzgießprozess verspricht, sondern auch korrosionsschützend, umweltfreundlich und besonders wirtschaftlich ist.



Wasserdicht: Mithilfe der vor rund 20 Jahren von Plasmatreteat entwickelten Atmosphärendruckplasma-Düsentechnologie lassen sich heute korrosionsgeschützte Verbunde bei Hybridbauteilen herstellen © Plasmatreteat

Der Verbund von Thermoplast-Compounds und Metall ist im Spritzgießen Stand der Technik und wird in vielen industriellen Anwendungen eingesetzt. Jedoch gilt die Grenzfläche, an der die völlig unterschiedlichen Materialien aufeinandertreffen, bis heute als Risikofaktor. In einem Kunststoff-Metall-Verbund stellt sie ohne spezielle Abdichtung eine konstante Angriffsfläche für das Eindringen von Wasser, Luft oder anderen Medien dar.

Die Praxis zeigt, dass auch ein ursprünglich dichter Verbundspritzguss nach einiger Zeit undicht werden kann und in der Folge sein Zusammenhalt und die Funktion der Bauteile nicht mehr gegeben sind. Das vorzeitige Haftungsversagen beruht in vielen Fällen auf einer Feuchtigkeitsaufnahme in Kombination mit Sauerstoff, die eine Unterwanderung der Grenzfläche mit sich bringt. Das Eindringen von Wasser im Grenzbereich führt zur Korrosion des Metalls und damit meist zum kompletten Versagen der Funktion.

Seitens der Industrie besteht daher ein ständiges Interesse an neuen Technologien, die in Hinblick auf eine immer höhere Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit von Hybridteilen, aber auch hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und Umwelt-

Bild 1. Die beiden Projektleiter Leonhard Enneking von Plasmatreteat (links) und Edgar Düvel von Akro-Plastic (rechts) begründeten die Systempartnerschaft der beiden Unternehmen (© Plasmatreteat)



Bild 2. Atmosphärische PlasmaPlus-Technologie: Mit dem chemisch-physikalischen Beschichtungsverfahren lassen sich funktionelle Nanoschichten ortsselektiv auftragen und stoffschlüssige Verbindungen unterschiedlicher Materialien erzeugen (© Plasmatreteat)

verträglichkeit noch weiter als die bereits vorhandenen gehen. Eine solche Alternative bietet jetzt ein neues Verfahren, bei dem die Zusammensetzung einer im Atmosphärendruck erzeugten plasmapolymere Schicht, die Rezeptur des Kunststoff-Compounds und die Prozessparameter so aufeinander abgestimmt wurden, dass ein langzeitstabiler medien-dichter Verbund des Spritzgießbauteils entsteht.

Plasma unter Normaldruck

Durch die Entwicklung von Plasmadüsen gelang es der Plasmatreteat GmbH, Steinhagen, vor rund 20 Jahren als erstem Unternehmen, das bis dahin industriell kaum genutzte Atmosphärendruckplasma in Produktionsprozesse zu integrieren und damit Plasma unter normalen Luftbedingungen für die Vorbehandlung, d.h. die Feinstreinigung und simultane Aktivierung von Materialoberflächen, im industriellen Maßstab „inline“ nutzbar zu machen. Neben zahlreichen anderen Anwendungen nutzt der Hersteller heute die Technik, um wasserdichte Verbunde bei Hybridbauteilen herzustellen (**Titelbild**).

Nach intensiver Weiterentwicklung gelang dem Plasmaanlagenbauer eine weitere Premiere: Erstmals wurde eine unter Atmosphärendruck generierte Plasmabeschichtung zum industriellen Einsatz gebracht. Bis zu diesem Zeitpunkt konnten Plasma-Dünnschichtprozesse nur im Niederdruck, d.h. in einer separaten Vakuumkammer, erzeugt werden. Die in Partnerschaft mit dem Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, entwickelte und patentierte Technologie mit dem Namen PlasmaPlus brachte die Wen-

de. Ab sofort bestand die Möglichkeit, Materialoberflächen unter ganz normalen Produktionsbedingungen funktionell inline zu beschichten. Das Verfahren ist umweltfreundlich, viele umweltbedenkliche Prozessschritte, wie z.B. der Einsatz lösungsmittelhaltiger Haftvermittler und Primer, können mit ihm vollständig und qualitätsgesichert ersetzt werden.

Seit PlasmaPlus im Jahr 2007 einen festen Platz in der Produktion von TRW Automotive fand, werden dort die Klebnähte von Motorpumpengehäusen aus Aluminiumdruckguss zur Vermeidung von Korrosionsbildung mit PlasmaPlus beschichtet. Aufbauend auf diesem Erfolg investierte Plasmatreteat von da an in die Forschung und Entwicklung plasmapolymere Schichten mit weiteren Funktionen.

Vision und Herausforderung

Während die Anwendung der PlasmaPlus-Technologie bei Kleb- und Lackierprozessen bald Standard wurde, war ihr Einsatz in der Hybridspritzgießtechnik bis vor kurzer Zeit noch eine Vision. Leonhard Enneking, seit zehn Jahren 2K-Spezialist, Key-Account Manager und Projektleiter bei Plasmatreteat, hatte lange nach einem geeigneten Kunststoffhersteller für eine Systempartnerschaft gesucht. Ein solcher sollte nicht nur bereit sein, mit ihm das spannende Thema fundiert anzugehen, sondern müsste es später produktionsmäßig auch schnell umsetzen können. Den richtigen Partner fand er vor zwei Jahren in Edgar Düvel, Kunststofftechniker und Key Account Manager bei der Akro-Plastic GmbH, Niederzissen, der die Idee einer gemeinsamen Systemlösung mit großem Interesse aufgriff und

sie seiner Geschäftsleitung präsentierte. Der auf Kunststoffcompounds, genauer gesagt, auf die anwendungsorientierte Veredelung von Standardkunststoffen und technischen Kunststoffen spezialisierte Hersteller begrüßte die angebotene Zusammenarbeit mit dem Plasmaunternehmen in diesem Marktsegment und benannte Edgar Düvel zu Ennekings Counterpart (**Bild 1**).

Mit einer strategischen Marktanalyse wurden nach Vorversuchen im ersten Jahr zunächst die Markteintrittsbarrieren sowie die für Anwender wichtigsten Themenbereiche sondiert. Aufgrund dieser Auswertung entschied man, sich zuerst auf technische Kunststoffe und dabei speziell auf thermoplastische Kunststoffe (Polyamide) zu konzentrieren, da diese in den meisten technisch basierenden industriellen sowie automotiven Anwendungen eine große Rolle spielen. „Die Herausforderung war“, sagt Enneking, „zum einen, eine neue funktionale Schicht zu entwickeln, zum anderen eine komplette Industrielösung.“ Um dieses Ziel zu erreichen, brauchte es neben einem stabilen Prozess und günstigen Verbrauchsmaterialien auch eine sichere und ergonomische, d.h. eine für den Anwender ungefährliche, geruchsarme und zudem umweltfreundliche Chemie bei der Zusammensetzung und Verarbeitung der neuen Plasmaschicht. Mit diesem hohen »

Bild 3. Mischbruch unter dem Mikroskop: Die Glasfasern des Polyamid-Compounds sind teils fest in der plasmapolymere Schicht verankert

(© Akro-Plastic)



Anspruch starteten die Systempartner im Folgejahr die konkrete Testphase ihres Zukunftsprojekts.

Funktionelle Beschichtung aus der Plasmadüse

Die Erzeugung einer Grenzflächenschicht zwischen zwei ungleichen Materialien stellt Entwickler grundsätzlich vor eine große Herausforderung, da von den chemischen Eigenschaften der Schicht verlangt wird, eine simultane Verbindung zwischen den unterschiedlichen Stoffen herzustellen. Noch komplexer wird die

Aufgabe, wenn die Materialien verschiedenen Gruppen angehören, wie in diesem Fall Metall und Kunststoff.

Die wissenschaftliche Begleitung des Projekts erfolgt durch Arthur Grishin, Project Leader Industrial Coating Processes in der F&E-Abteilung von Plasmatreat, der auch die neue Schicht entwickelte. „PlasmaPlus ist ein chemisch-physikalisches Verfahren, das durch Schichtabscheidung im Atmosphärendruck-Plasma die stoffschlüssige Verbindung der unterschiedlichen Materialien bewirkt“, sagt er zusammenfassend. „Die Schicht verbindet sich

auf molekularer Ebene mit dem Metall und gewährleistet im Verbund mit den angepassten Kunststoffcompounds eine so hohe Haftung und Dichtigkeit, dass sie gleichzeitig die Funktion einer Antikorrosionsschicht übernimmt.“

Zur Erzeugung einer Schicht wird dem Plasma ein Precursor (Präkursor) in Form einer siliziumorganischen Verbindung beigemischt. Durch die hochenergetische Anregung im Plasma wird diese Verbindung fragmentiert und scheidet sich auf einer Oberfläche als glasartige Schicht ab. Die chemische Zusammensetzung kann je nach Anwendungsfall variiert werden, um auf den unterschiedlichen Materialien die jeweils besten Funktionalisierungsergebnisse zu erzielen. Ein weiterer Vorteil des Prozesses ist seine hohe Flexibilität. Insbesondere die Schichtstärke und die Prozessgeschwindigkeit können genau auf eine bestimmte Korrosionsschutzwirkung abgestimmt werden.

Gegenüber anderen Beschichtungstechniken liegt ein ganz besonderer Vorteil des Verfahrens zweifellos darin, dass die Schichtabscheidung aufgrund der Düsenteknik (**Bild 2**) ortsselektiv, d. h. im Millimeterbereich und an genau definierter Stelle, erfolgen kann und das bei sehr hoher Geschwindigkeit. Während hier eine

Die Autorin

Inès A. Melamies ist Fachjournalistin und Inhaberin des internationalen Pressebüros Facts4You, Bad Honnef; info@facts4you.de

Kontakt

Plasmatreat GmbH

➤ www.plasmatreat.de

Akro-Plastic GmbH

➤ www.akro-plastic.com

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1372694

English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com



Bild 4. Kohäsiver Bruch eines im PlasmaPlus-Verfahren gefügten PA6GF30-Edelstahl-Prüfkörpers (© Plasmatreat)

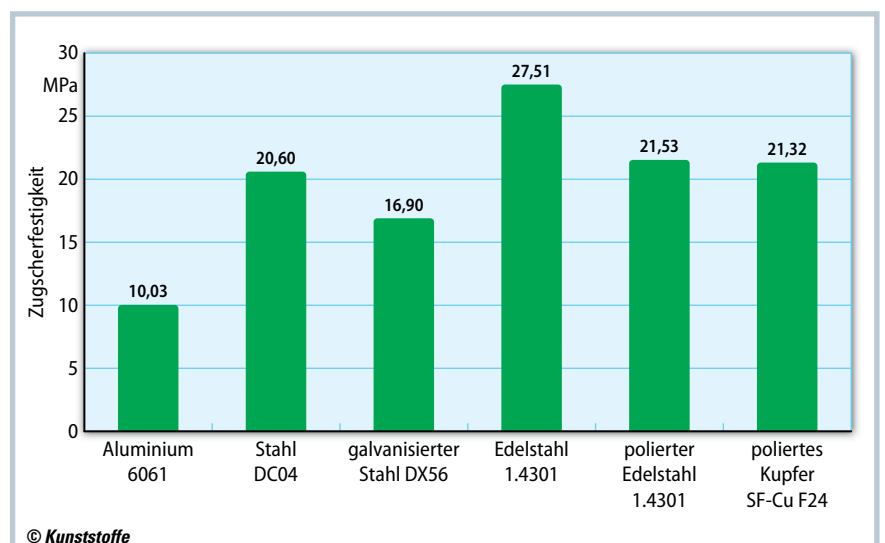
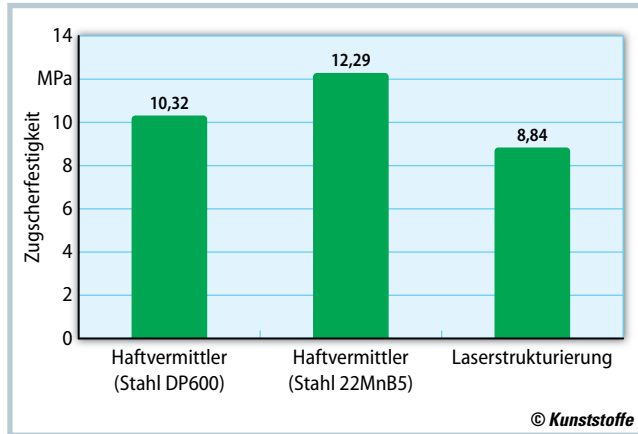


Bild 5. Das im Spritzgießen gefertigte Hybridteil zeigt hohe Zugscherfestigkeiten nach Plasma-Plus-Beschichtung bei Stahl, Edelstahl und Kupfer (Quelle: Plasmatreat)

Bild 6. Zugscherfestigkeiten von mit Haftvermittler beschichtetem und laserstrukturiertem Stahl im Verbund mit glasfaserverstärktem Polyamid
(Quelle: ILK, TU Dresden)



beispielsweise 100Nm dünne Schichtdecke in Millisekunden abgeschieden werden kann, dauert es beim Niederdruckplasma (Vakuumkammer) etwa ein bis zwei Minuten, und eine Ortsselektion ist nicht möglich.

Durch die Entwicklung neuer Präkursoren und die umfangreiche Anpassung der Plasmaparameter gelang Grishin und seinem Team der gezielte Einbau von gleichzeitig mehreren Funktionen in einer Schicht. Zu diesen Funktionen gehören die gute Bindung an die Metalloberfläche, eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit, die Wirkung als Medien- und Oxidationsbarriere sowie die haftvermittelnden Eigenschaften für Kunststoffe durch funktionelle chemische Gruppen. Während das in der Schicht enthaltene Silizium für

die Haftung am Metall bzw. Metalloxid sorgt, ist Siliziumoxid für die Barrierewirkung und Mediendichtigkeit verantwortlich. Die organischen Anteile in der Schicht (funktionelle Gruppen) bewirken die Haftung an das Polymer.

Anpassen der Kunststoff-Compounds

Bei der Rezeptur ihrer Kunststoffe haben die Hersteller viele vom Kunden verlangte Eigenschaften des späteren Produkts zu berücksichtigen – mechanische, elektrische, thermische und chemische, das Brandverhalten des Kunststoffs und seine allgemeinen Eigenschaften wie Dichte und Feuchtigkeitsaufnahme. Die jeweilige Modifizierung der Kunststoffmatrix erfolgt durch eine Additivierung sowie die

Zugabe von Füll- und Verstärkungsstoffen. Erst diese Rezepturbestandteile machen aus dem Basiskunststoff ein anwendungsspezifisches Kunststoff-Compound.

Die Sicherstellung einer konstanten Produktqualität und damit der Funktion der späteren Bauteile setzt beim Hersteller eine hohe Präzision und Reproduzierbarkeit des Compoundierprozesses voraus. Akro-Plastic, auf komplexe, individuelle Anpassungen von Kunststoffeigenschaften spezialisiert und aufgrund einer im eigenen Hause entwickelten Compoundiertechnologie in der Lage, die vorgenannten Voraussetzungen in punkto Funktionserhaltung und Qualität unabhängig vom Produktionsstandort international zu erfüllen, hatte im Projekt die Aufgabe übernommen, ein Kunststoff-Compound mit spezifischen Eigenschaften herzustellen. „Die chemische Rezeptur musste vor allem zwei Aspekte berücksichtigen“, berichtet Düvel, „den unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten von Kunststoff und Metall auf der einen und den chemisch-physikalischen Haftverbund mit der plasmapolymere Schicht auf der anderen Seite.“

Verbundfestigkeit in der Testphase

Beim Basis-Compound für die Testphase konzentrierten sich Düvel und Enneking auf einen glasfaserverstärkten Kunst- »

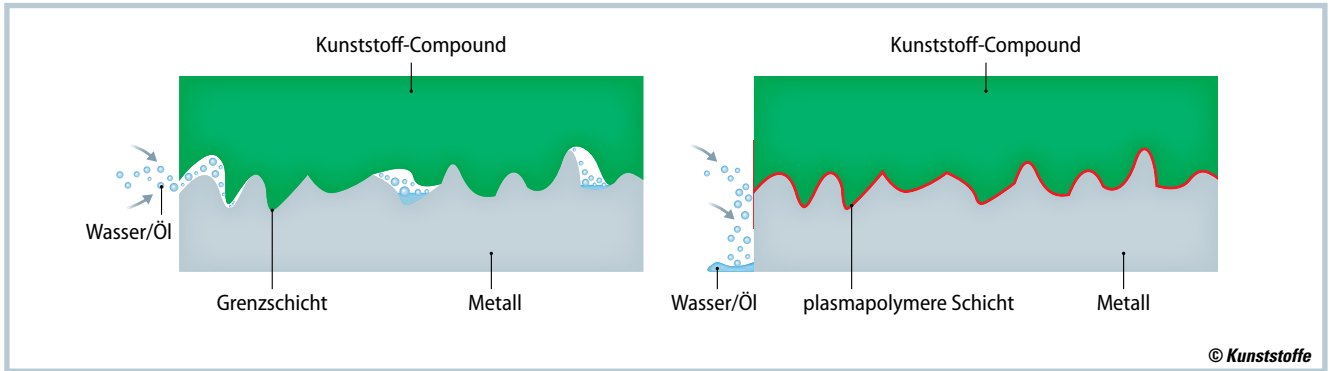


Bild 7. Wirkung der PlasmaPlus-Beschichtung: Dringt Wasser in die Grenzfläche des Kunststoff-Metallverbunds, kann es zu Korrosion, dem Versagen der Bauteilfunktion oder gar einer Delamination kommen (links). Die plasmapolymere Schicht (rechts) füllt dagegen alle Hohlräume und bietet dem Wasser keine Möglichkeit, in die Grenzfläche vorzudringen; die stoffschlüssige Verbindung wirkt also korrosionsschützend (Quelle: Plasmatreat)

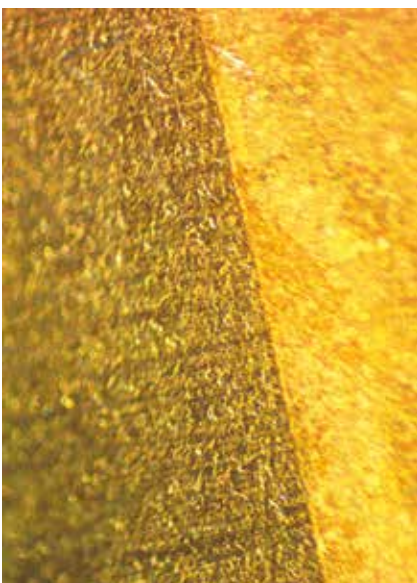


Bild 8. Deutliche Trennlinie: Die mikroskopische Aufnahme (40-fache Vergrößerung) zeigt links die plasmabeschichtete, korrosionsfreie Metalloberfläche und rechts den unbeschichteten, korrodierten Bereich (© Plasmatreat)

wünschten kohäsiven Bruch des Kunststoffs bei den Metallen Stahl, Edelstahl und Kupfer (**Bild 4**). Bei Aluminium und galvanisiertem Stahl erfolgte ein Mischbruch. Bei den Metallen mit kohäsivem Bruch konnten Zugscherfestigkeitswerte von über 20 MPa und Zugfestigkeiten von über 80 MPa erreicht werden, wobei der Verbund mit Edelstahl mit über 27 MPa, bzw. über 85 MPa, am besten abschnitt (**Bild 5**).

Zum Vergleich: Das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden hat ebenfalls unter Verwendung von PA6GF30 Zugscherfestigkeitsversuche durchgeführt, aber mit anderen Oberflächenbehandlungen. Die dabei erreichten maximalen Zugscherfestigkeiten eines Verbunds aus glasfaserverstärktem Polyamid mit Stahl, der mit einem duroplastischen Filmklebstoff beschichtet bzw. laserstrukturiert wurde, liegen weit unter den mit PlasmaPlus erzielten Maximalwerten (**Bild 6**).

Mediendichtigkeit als Korrosionsschutz

Werden Materialien nicht stoffgebunden gefügt, so kann Wasser leicht in die Grenzfläche eindringen (**Bild 7**) und sich auf der Materialoberfläche ausdehnen. Bei dem hier beschriebenen Hybridbauteil würde dies in Verbindung mit Sauerstoff zur Korrosion des Metalls, dem Versagen der Bauteilfunktion oder gar zur Delamination führen. Die PlasmaPlus-Schicht verhindert diesen Effekt, indem sie mikroskopisch kleine Hohlräume fein wie ein Nebel ausfüllt und sich korrosionsschützend mit der Metalloberfläche verbindet.

In den bislang durchgeführten Versuchen zur Mediendichtigkeit und Korrosionswiderstandsfähigkeit der plasmabeschichteten Metalle konnte nachgewiesen werden, dass die Schicht eine Barriere gegen Wasser, Salzlösungen und Gase bildet und keine Unterwanderung durch diese Medien stattfindet. Ein Testbeispiel zeigt dieses Ergebnis: Ein metallener Prüfkörper wurde zur Hälfte mit PlasmaPlus beschichtet. Beide Hälften wurden mit Kunststoff umspritzt und anschließend für mehrere Wochen in ein korrosives Medium gelegt. Nach Herausnahme wurde der Kunststoff mechanisch entfernt und das Metall geprüft. Zu erkennen war eine scharfe Trennung zwischen dem unbeschichteten, nun stark korrodierten Bereich und der plasmabeschichteten, korrosionsfreien Metalloberfläche (**Bild 8**). Die Untersuchungen zur Öldichtigkeit und zu weiteren Medien sind derzeit noch im Gange, jedoch haben Vorversuche bereits sehr gute Ergebnisse gezeigt.

Fazit

Mit dem innovativen Beschichtungsprozess wurde eine zukunftsweisende Lösung zur Verbesserung von Kunststoff-Metall-Verbunden in der Spritzgießindustrie geschaffen. Die Systempartnerschaft der beiden Spezialisten bietet Anwendern ein besonders hohes Maß an Sicherheit bei der Erfüllung individueller Kundenanforderungen. Eine höhere Produktqualität kann durch das neue Verfahren ebenso gewährleistet werden, wie ein sicherer, reproduzierbarer und wirtschaftlich effizienter Produktionsprozess – und dies bei völliger Verträglichkeit mit der Umwelt. ■

stoff des Typs PA6GF30, der entsprechend dem Testverlauf modifiziert wurde. Als verbindende Metallsubstrate wurden Aluminium, Stahl, Edelstahl und Kupfer eingesetzt. Die beiden Projektleiter testeten bislang mit ihren Teams rund 1500 Prüfkörper mit den verschiedenen Metallen und modifizierten Kunststoff-Compounds, wobei die PlasmaPlus-Schicht seitens Plasmatreat ständig – sowohl in Hinblick auf Haftung wie gleichzeitig auch auf den Schutz vor korrosiven Medien – optimiert wurde. Bereits zu Beginn zeigten Mischbruchttests, dass Teile der im Kunststoff enthaltenen Glasfaser fest in der plasmapolymere Schicht verankert waren (**Bild 3**). Nach weiteren Modifizierungen kam es schließlich zum ge-