



**Fraunhofer** Demonstrationszentrum  
Formen für die  
Kunststoffverarbeitung

# FoKus - Newsletter

Ausgabe 2/2001



# Inhalt

## Wir stellen uns vor

Das IKV im Profil 2

## Aktuelles im FoKus

Veranstaltungen und Termine 4

## Bericht aus der Industrie

Werkzeugfallende Systeme, eine  
Chance für den mittelständischen  
Formenbau? 6

## Projekte im FoKus

HSC-/Hartfräsen von Formstählen 10

Gering adhäsive Kohlenstoffschichten  
für Formen und Werkzeuge in der  
Kunststoffverarbeitung 12

## FoKus Service

Integrative Werkzeugtechnik – Teil II  
Verfahrenskombination zur Herstellung  
werkzeugfallender Produkte 16

Wasserinjektionstechnik –  
Anlagen- und Injektortechnik 19

Ausblick 22

Impressum 23

Die Institute des FoKus 23

# Wir stellen uns vor

## Das IKV im Profil

**Notwendige Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von Kunststoff und Kautschuk sind ausgereifte Fertigungsverfahren in der Produktion. Um Produktläufe bei gleichbleibender oder verbesserter Qualität zu optimieren, besteht ein permanenter Bedarf an neuen oder modifizierten Verarbeitungstechniken. Das Aachener Institut für Kunststoffverarbeitung IKV orientiert sich in seiner Forschung am aktuellen Bedarf der Kunststoff- und Kautschukverarbeitenden Industrie.**

Die Leistungen des IKV konzentrieren sich dabei im Wesentlichen auf die Verarbeitungstechnologie von Kunststoffen auf dem Thermoplast-, Duroplast- und Elastomersektor sowie im Bereich der faserverstärkten Kunststoffe. Schwerpunkte sind die Auslegung von Formteilen und Werkzeugen, die Verbesserung von Maschinen und Anlagen und die Optimierung von Verarbeitungsprozessen. Qualitätssicherung, Umweltschutz und Recycling, Aspekte der Werkstofftechnik, prüf- und anwendungstechnische sowie betriebswirtschaftliche Fragestellungen sind übergreifende Aufgabenstellungen aller Forschungsabteilungen des Instituts. Dank dieser breit angelegten fachlichen Kompetenz ist das Institut in der Lage, seinen Partnern Komplettlösungen zu bieten, angefangen bei der Produkthanforderung bis hin zum fertigen Produkt.

### Das Institut und seine Fördervereinigung

Anfang der fünfziger Jahre erkannten eine Reihe von Unternehmen der aufstrebenden Kunststoffindustrie die Notwendigkeit, Voraussetzungen für eine praxisorientierte Forschung zu schaffen. Zudem wuchs der Bedarf an qualifiziertem Führungsnachwuchs und gut

ausgebildeten Mitarbeitern in Industrie und Handwerk. Folgerichtig entstanden fast gleichzeitig das Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk und seine Fördervereinigung.

Als Forschungseinrichtung ist das Institut an die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen angegliedert. Der Institutsleiter, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Walter Michaeli, ist gleichzeitig Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung innerhalb der Fakultät für Maschinenwesen. Diese Personalunion bringt eine Reihe bewährter Vorteile mit sich. Einerseits garantiert sie praxisorientierte Forschung, deren Ergebnisse unmittelbar in die Lehre zurückfließen. Zum anderen sichert sie Kontinuität und ermöglicht so eine konsequente, ungehinderte Bewältigung der gestellten Aufgaben.

Die Fördervereinigung des Instituts zählt heute 320 Mitglieder aus aller Welt. Aufgrund der Wechselwirkung zwischen Industrie, Forschungsinstitut und Hochschule ist das IKV zu einer leistungsorientierten, weltweit an erkannten Forschungseinrichtung gewachsen.

### Industrielle Gemeinschaftsforschung

Fachliche Breite, Neutralität und Unabhängigkeit sind wesentliche Kriterien, die das IKV für Unternehmen jeder Größe zu einem interessanten Forschungspartner machen. Die Basis für sein großes, heute verfügbares Leistungspotential ist das in über 50-jähriger Forschungstätigkeit erarbeitete Wissen. Dank dieses Know-hows hat sich das IKV zu einem einzigartigen und dem weltgrößten Forschungsinstitut im Bereich der Kunststofftechnologie entwickelt.

An das Institut heute herangetragene Fragestellungen lassen sich in der Regel nur noch im Team von Wissenschaftlern mehrerer Fachbereiche lösen. Auch für solche komplexen Problemlösungen bietet das IKV beste Voraussetzungen. Eine Fülle an Verarbeitungstechnologien, Werkstoffdatenbanken, umfangreiches Spezialwissen und der Zugriff auf Ressourcen der gesamten Hochschule sind in einem Hause vereint. Unter Einbeziehung der großen Erfahrung der industriellen Partner des IKV, der fachlichen Breite und Ausrichtung des Instituts und des Reservoirs an immer wieder jungen und kreativen Mitarbeitern ist das Institut bestens gerüstet, im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung mit der privaten Wirtschaft wie für die öffentliche Hand umfangreiche Aufgabenstellungen zu bearbeiten.

### Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Christian Hopmann  
Institut für Kunststoffverarbeitung  
an der RWTH Aachen (IKV)  
Pontstraße 49  
52062 Aachen  
Telefon 02 41/80 38 06  
E-Mail zentrale@ikv.rwth-aachen.de



20. Kunststofftechnisches Kolloquium des IKV im März 2000: Forschung zum Anfassen beim Tag der offenen Tür im IKV.

### Lehrgang bei der Technischen Akademie Esslingen

Im Rahmen der von der Technischen Akademie Esslingen (TAE) im Weiterbildungszentrum Dresden-Langebrück veranstalteten modularen Weiterbildung »Kunststoffe – Werkstoff, Verarbeitung, Anwendung« übernahm das Fraunhofer-Demonstrationszentrum FoKus die Gestaltung eines eintägigen Lehrgang-Moduls.

Die wichtigsten Herausforderungen, vor der die kunststoffverarbeitende Industrie heute steht, sind nicht nur die Verkürzung der Produktentwicklungszeiten, sondern ein durch den härteren Konkurrenzdruck bedingter ständiger Innovationszwang. Der Werkzeug- und Formenbau nimmt als Zulieferer in diesem Spannungsfeld eine Schlüsselstellung ein und bildet ein wichtiges Glied in der gesamten Produktentwicklungskette. Die stetig steigenden Anforderungen bei der Entwicklung und Herstellung von Formen und Werkzeugen verlangen vom Werkzeug- und Formenbau den Einsatz komplizierter und kostenintensiver Technologien.

Unter dem Titel »Formen für die Kunststoffverarbeitung – Effiziente Fertigungsverfahren und zukunftsorientierte Werkzeugtechnik« wurde den Lehrgangsteilnehmern ein praxisnaher Einblick in die Grundlagen und die Effizienz moderner Fertigungsverfahren und zukunftsorientierter Werkzeugtechnologien gegeben.

Es wurden Referate über Möglichkeiten und Grenzen der Rapid Prototyping- und Rapid Tooling-Verfahren, Einsatz moderner Frästechnologien, Funkenerosion für anspruchsvolle Bearbeitungsaufgaben, flexibler Verschleißschutz durch die Lasertechnik,

Weiterentwicklungen in der Verfahrenstechnik, integrierte Werkzeugtechnik und CAE im Werkzeugbau gehalten.

Dabei wurden ganzheitliche Zukunftsstrategien aufgezeigt, welche die Marktposition und den Erfolg des Werkzeug- und Formenbaus und damit der kunststoffverarbeitenden Industrie langfristig sichern.

### Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Bernd Bader  
Telefon 07 21/46 40-4 08  
E-Mail bba@ict.fhg.de

### Praxisforum am Fraunhofer IPT »Virtual Reality – Instrumente des Erfolgs«

Im Zusammenhang mit der Euromold 2000 veranstaltete das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT ein Praxisforum unter dem Titel »Produktinnovation – Instrumente des Erfolgs«. Die Veranstaltung stieß dabei auf äußerst positive Resonanz, so dass wir diesen Erfolg dieses Jahr wiederholen möchten.

Aus diesem Grund findet am 15. November 2001 am Fraunhofer IPT in Aachen ein Praxisforum zum Themenfeld »Virtual Reality« statt. Referenten aus diversen Industriezweigen – Automobilindustrie, Zulieferindustrie, Design, Werkzeugmaschinen, Medizintechnik und Dienstleister im mittelständischen Umfeld – berichten über die Einführung, den Einsatz unter Praxisbedingungen und ihre Erfahrungen mit dieser neuen Technologie. Dabei werden die erzielten Verbesserungen in der Produktentwicklung, die Eingliederung in ein bereits vorhandenes CAX-Umfeld sowie die

Änderung der Arbeitsabläufe anhand von Vorträgen und praxisnahen Demonstrationen vorgestellt.

Die Präsentation unterschiedlicher Disziplinen wurde gewählt, um die Übertragbarkeit bestehender Lösungen auf andere Anwendungsbereiche darzustellen. Im Rahmen der Demonstrationen stellen Virtual Reality Systemanbieter ihre Visualisierungslösungen und Softwarepakete vor, die vom High-End-Bereich bis zu kostengünstigen Lösungen reichen.

Das Praxisforum findet am 15. November 2001 statt. Tagungsort ist das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Steinbachstraße 17, 52074 Aachen. Die Tagungsgebühr beträgt DM 780,-. Darin enthalten sind die Tagungsunterlagen, Erfrischungsgetränke, Mittagessen, Vorträge und Demonstrationen. Die Anmeldung erfolgt schriftlich formlos bis zum 8. November 2001 an das Fraunhofer IPT. Da die Teilnehmerzahl begrenzt ist, werden die Anmeldungen in der Reihenfolge ihres Eingangs berücksichtigt. Zusammen mit der schriftlichen Bestätigung erhalten Sie eine Anfahrtsskizze, sowie eine Liste mit Übernachtungsmöglichkeiten.

### Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Andreas Straube  
Telefon 02 41/89 04-2 43  
E-Mail straub@ipt.fhg.de

### 10. Produktionstechnisches Kolloquium in Berlin

Erfolgreiche Unternehmen der Industrie sind durch Technologieführerschaft geprägt. Das Management wird daher im Rahmen einer verantwortungsvollen Unternehmenspolitik der Forschung und Entwicklung im eigenen Hause einen besonderen Stellenwert einräumen. Nur bei angemessenen Aufwendungen in der Produktentwicklung entstehen Erzeugnisse mit Spitzenanspruch. Um diese wirtschaftlich fertigen zu können, werden Unternehmen ebenso intensiv in die Weiterentwicklung der Fertigung und in die Synchronisation der Geschäftsprozesse investieren.

Das 10. Produktionstechnische Kolloquium will dieses Grundverständnis vermitteln. Besonders erfolgreiche Manager, Wissenschaftler und Ingenieure werden in Fachvorträgen ihre Erfahrungen und Überzeugungen vorstellen.

Am Donnerstag stellen führende Persönlichkeiten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik ihre strategischen Sichten zur Steigerung der Unternehmenswerte durch Technologie vor. Nach einer Präsentation des Versuchsfeldes vom Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK und dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF im Produktionstechnischen Zentrum Berlin findet anlässlich des 25-jährigen Bestehens des Fraunhofer IPK ein »Berliner Abend« statt.

Am Freitag werden insgesamt sechs Fachkolloquien zu folgenden Themen angeboten:

- Maschinen und vernetzte Produktion von morgen  
Prof. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann,  
Prof. Dr. h.c. Dr.-Ing. Lutz Dorn
- Virtuelle Realität  
Prof. Dr.-Ing. Frank-Lothar Krause
- Das synchrone Unternehmen  
Prof. Dr.-Ing. Kai Mertins
- Herausforderungen nachhaltiger Produktion  
Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger
- Qualität und Produktivität  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann
- Automatische Bildauswertung  
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Adam

Die Veranstaltung ist vorgesehen für leitende Mitarbeiter aus Produktion und Fertigung, Dienstleistung und Beratung, Forschung und Entwicklung sowie Verwaltung und Politik.

### Ihr Ansprechpartner

Heike Krieger  
Produktionstechnisches Zentrum Berlin  
Pascalstraße 8-9  
10587 Berlin  
Telefon 03 0/39 00 61 03  
E-Mail Heike.Krieger@ipk.fhg.de

### Termine

- 10. Produktionstechnisches Kolloquium  
27. und 28. September  
Berlin
- K'-Messe  
25. Oktober bis 1. November  
<http://www.k-online.de>  
Düsseldorf
- Praxisforum  
»Virtual Reality –  
Instrumente des Erfolgs«  
15. November  
Fraunhofer IPT  
Aachen
- Euromold  
28. November bis 1. Dezember  
<http://www.euromold.com>  
Frankfurt

## Werkzeugfallende Systeme, eine Chance für den mittelständischen Formenbau?

In einem Hochlohnland wie Deutschland sind Artikel, die einen großen manuellen Montageaufwand erfordern, nicht mehr wirtschaftlich herstellbar. Daher wandert die Produktion dieser Artikel im zunehmenden Maße in das Ausland ab. Daraus resultiert das Problem des kurzfristigen Arbeitsplatzverlustes in Deutschland und ein langfristiger Know-how-Verlust. Als Lösungsansatz sind in den vergangenen Jahren von verschiedenen Instituten Forschungsprojekte zum Thema »Werkzeugfallende Systeme« vorgeschlagen worden. Diese Systeme vermeiden manuelle Montagetätigkeiten, da die Montagevorgänge in das Werkzeug verlegt werden. So soll die Fertigung von Artikeln, die bereits in das Ausland abgewandert ist, wieder zurückkommen. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit werkzeugfallenden Systemen aus einer anderen Sichtweise. Die Position mittelständischer Formenbaubetriebe in der Automobilindustrie wird durch die geänderte Einkaufspolitik ihrer Kunden immer schlechter. In diesem Beitrag soll daher untersucht werden, inwiefern werkzeugfallende Systeme geeignet sind, die Marktposition solcher Betriebe wieder zu verbessern.

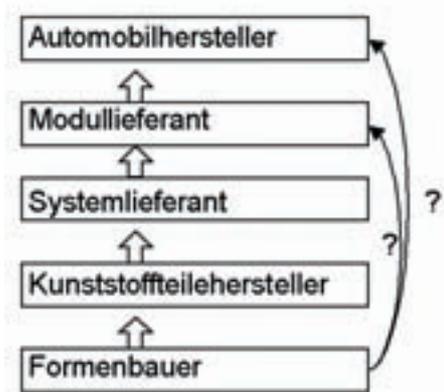


Bild 1: Stellung des Formenbauers in der Vergabekette

### Situation für mittelständische Formenbauer

Mittelständische Formenbauer mit angeschlossener Spritzgießerei befinden sich heute noch oft in der Rolle des Erst- oder Zweitlieferanten. Hierzu übernehmen sie für ein Teile- oder Werkzeugpaket die Verantwortung. Das erwartete Leistungspotential von Entwicklung bis Serienfertigung kann ein Mittelständler für ein kleineres Teilepaket noch erbringen.

Bei einem großen Modul oder System, wie einem kompletten Stoßfänger, ist der Mittelständler aber schnell überfordert. Hierbei kommen zur Zeit Modullieferanten oder große Kunststoffteilefertiger zum Zuge. Aber auch in dieser Situation kann der mittelständische Formenbau noch Platz 2 in der Lieferantenkette einnehmen.

Mit dem Trend zu großen Modulen und Systemen verschlechtert sich die Situation jedoch. Dabei steigert sich die Größe der vergebenen Umfänge noch durch die Integration einzelner Systeme in größere Module. Ein Beispiel für eine solche Integration sind die Frontairbags, die in Zukunft in das Modul Armaturenbrett integriert werden könnten. Dann kommt es zu einer Situation, bei der der Modullieferant die Airbags bei einem Systemhersteller bezieht, welcher die Airbaggehäuse wiederum bei einem großen Kunststoffteilehersteller einkauft. Der Formenbauer befindet sich also in dieser Konstellation erst an vierter Stelle und wird entsprechende finanzielle Einbußen hinnehmen müssen.

### Ausweg

Für den Mittelständler stellt sich also die Frage, wie er die »monetäre Nahrungs-



Bild 2: Unterteil einer Computermaus (Formteil IBM)



Bild 3: Stecker herkömmlich und durch Umspritzen hergestellt

kette« vor sich verkürzen kann (Bild 1). Eine Chance bietet sich durch das Interesse der Automobilhersteller an Verbesserungsvorschlägen ihrer Lieferanten. So werden Teile mit besonderen Funktionalitäten (z.B. Aschenbecher oder Cupholder) weiterhin direkt bei Betrieben bezogen, die sich auf diese Teile spezialisiert haben. Gefragt sind bei den Lieferanten aber nicht nur neue Funktionalitäten, sondern auch Verbesserungen in der Produzierbarkeit und Einsparungen an Prozessschritten. Gerade diese Möglichkeiten bieten werkzeugfallende Systeme.

### Werkzeugfallende Systeme

Das populärste Beispiel für ein mögliches werkzeugfallendes System, welches in Forschungsanträgen immer wieder gerne herangezogen wird, ist die werkzeugfallende Autotür. Ziel bei der Umgestaltung einer Autotür zum werkzeugfallenden System ist die Ver-

meidung der manuellen Montage-tätigkeiten. Lösungsansätze hierfür existieren bei anderen Artikeln bereits.

So ist das Unterteil einer Computer-maus ein Beispiel dafür, wie durch hochintegrierte Bauteile die Montage vermieden werden kann (Bild 2). Der Kugelführungskäfig und die Lager-böcke für die Abtastrollen sind bei älteren Computermäusen Einzelteile, welche auf der Platine montiert werden. Bei dem gezeigten Unterteil sind diese Elemente komplett in das Gehäuse integriert und benötigen keinen Montagevorgang. Der Stecker dagegen ist ein Beispiel dafür, wie Montagevor-gänge in das Werkzeug verlegt werden können (Bild 3).

Bei der Autotür müssen viele solcher Lösungsansätze in ein Werkzeug integriert werden. Die abgebildete werk-zeugfallende Autotür ist so gestaltet, dass sie die Kombination verschiedener Prozesse in einem Werkzeug ermög-licht (Bild 4). Die Außenhaut der Tür wird von einer hinterspritzten Lackfolie gebildet. Diese könnte vorher im Werk-zeug thermogeformt werden. Die Stoßleiste ist im 2K-Spritzguss mit einer lösbaren Schnappverbindung ange-spritzt. Ein eingelegter Seitenaufprall-schutz wird umspritzt. Das Einlegeteil ist in seiner Form so ausgelegt, dass es mit Schnapphaken umspritzt werden kann.

Diese vier Beispiele zeigen den Ent-wicklungsbedarf. Er besteht also nicht nur darin, alte und noch neu zu ent-wickelte Werkzeugtechnik in ein komplexes Werkzeug zu integrieren. Vielmehr ist auch eine werkzeug-gerechte Neugestaltung des Artikels notwendig.

### Chance für den Formenbau?

Die Entwicklung eines werkzeug-fallenden Systems stellt also ganz besondere Anforderungen. Ein einfaches Anpassen der Werkzeugtechnik an das System führt nicht zum Erfolg. Vielmehr muss iterativ das System auch an die mögliche Werkzeugtechnik angepasst werden. Es ist somit eine parallele Werkzeugtechnik- und Form-teilentwicklung nötig.

Formenbauer sind hierzu in besonderem Maße befähigt. Sie haben sowohl ein großes werkzeugtechnisches Know-how als auch Erfahrung in der werk-zeuggerechten Formteilmodifikation. Allerdings gibt es auch Einschränkungen. In einem mittelständischen Formenbau

liegen keine Erfahrungen in einer Viel-zahl von Prozessen vor. Die finanziellen Mittel schränken außerdem die Projekt-größe stark ein.

Werkzeugfallende Systeme vom Umfang einer Autotür sind für einen mittelständischen Formenbauer also kaum geeignet. Kleinere Systeme stellen für ihn aber durchaus eine Chance dar, seine Position zu stärken.

Im folgenden soll der werkzeugfallende Kabelbaum als Beispiel für ein solches System vorgestellt werden. Dieses System ist Gegenstand einer gemeinsa-men Patentanmeldung vom Fraunhofer IWU, Chemnitz, und der Firma Wilken.

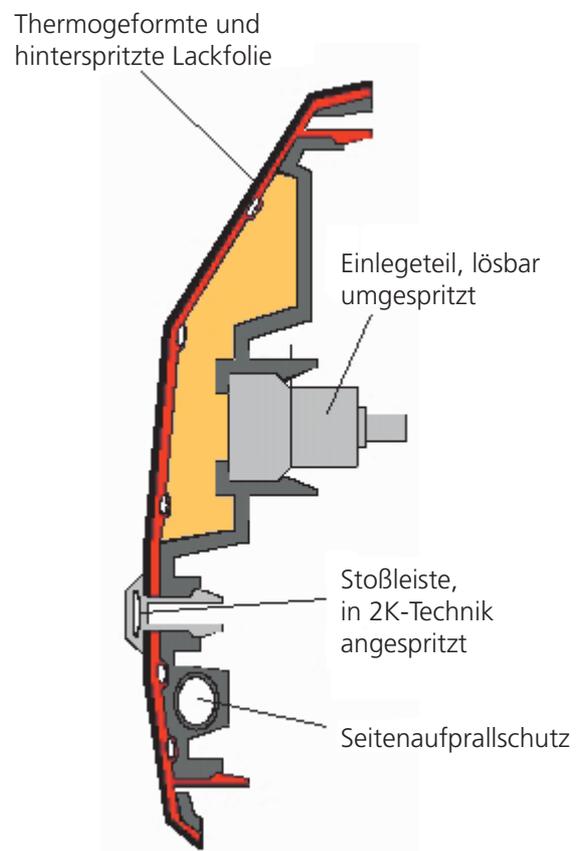


Bild 4: Werkzeugfallende Autotür aus einer Projektidee des Fraunhofer IPT

## Kabelbäume

Kabelbäume zeichnen sich durch eine Vielfalt unterschiedlicher Leiterstränge und Stecker aus. Diese Einzelteile erfordern einen sehr hohen manuellen Montageaufwand, der sich aufgrund der biegeschlaffen Kabel auch nur schwer automatisieren lässt. Zum Teil werden nach der Montage noch einzelne Stecker umspritzt oder sogar der gesamte Kabelbaum im Werkzeug umschäumt. Um die Endmontage zu erleichtern, werden Kabelführungen vormontiert oder Kabelkanäle in den Rohbau eingesetzt. Die Endmontage selber lässt sich auch nur schwer automatisieren, da der Kabelbaum biegeschlaff ist.

Kabelbäume weisen also eine Vielzahl von Einzelteilen auf und erfordern umfangreiche manuelle Montage- und Einlegearbeiten. Sie sind ein lohnendes Objekt für werkzeugfallende Systeme.

### Der werkzeugfallende Kabelbaum

Die Grundidee für einen werkzeugfallenden Kabelbaum besteht darin, Leiterbahnen aus einem Blech auszustanzen, automatisch in ein Werkzeug einzulegen und in diesem in mehreren Lagen zu fixieren. Anschließend werden die Leiterbahnen so umspritzt, dass die Stecker gleich mitentstehen. Es ergeben sich also drei Fragestellungen:

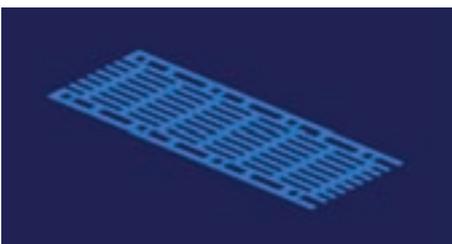


Bild 5: Blechlage vor dem Einlegen ins Werkzeug (Patentanmeldung Wilken/IWU)

1. Wie müssen die Leiterbahnen gestaltet werden, so dass sie automatisch gehandhabt werden können?
2. Wie lässt sich die Fixierung in mehreren Lagen ermöglichen?
3. Wie müssen die Stecker gestaltet werden?

Um die automatische Handhabung der Leiterbahnen zu ermöglichen, werden diese zu Blechlagen zusammengefasst. Die einzelnen Leiterbahnen werden durch Langlöcher voneinander getrennt, hängen aber zwischen den Langlöchern an Verbindungsstegen zusammen (Bild 5). Erst nach dem Umspritzen werden sie voneinander getrennt.

Um das mehrlagige Fixieren zu ermöglichen, sind die äußeren Langlöcher in besonderer Weise gestaltet. Es wechselt sich immer ein einfaches Langloch mit einem Langloch ab, welches einen zusätzlichen Verbindungssteg aufweist. Dieser Verbindungssteg wandert von Blechlage zu Blechlage in Längsrichtung. So wird es möglich, die Bleche in mehreren Lagen übereinander durch treppenförmige Einsätze im Werkzeug zu fixieren (Bild 6).

Die äußeren Leiterbahnen, zwischen denen die Treppeneinsätze liegen, müssen so breit ausgeführt werden, dass sie die Spritzkräfte aufnehmen. Die inneren Leiterbahnen können dagegen filigran gestaltet werden, so dass kleinste Leiterquerschnitte möglich sind.

Nach dem Umspritzen müssen die Verbindungsstege, welche zur Handhabbarkeit und zur Fixierung nötig waren, aufgetrennt werden (Bild 7). Hierfür bietet sich die Wasserstrahl-

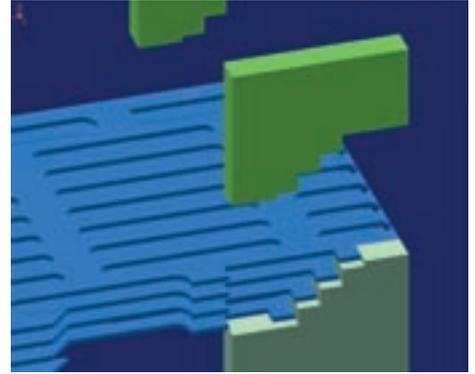


Bild 6: Mehrlagige Fixierung der Bleche durch Treppeneinsätze (Patentanmeldung Wilken/IWU)

technik an, da sie harte und weiche Lagen durchtrennen kann, ohne die weichen Lagen zu verquetschen.

Für die Herstellung der Stecker werden die Enden der Leiterbahnen als Kontakte benutzt (Bild 8). Diese Kontakte müssen beim Umspritzen der Leiterbahnen gegen die Kunststoffschmelze abgedichtet werden. Entsprechend sind sie so abgewinkelt, dass sie im Werkzeug zwischen einem äußeren und inneren Schieber eingespannt sind (Bild 9).

Beim Schließen des Werkzeugs überfährt zunächst der äußere Schieber die Leiterbahnen (Bild 10). Anschließend fährt der innere Schieber in den äußeren und spannt dabei die Leiterbahnen ein, so dass die Kontakte gegen die Schmelze abgedichtet sind (Bild 11). Die so gefertigten Kabelbäume bieten neben der Einsparung von Handarbeit weitere Vorteile. Da die Teile nicht biegeschlaff sind, ist die Montage im Automobil leichter. Wenn die Verbindungselemente zum Rohbau gleich mit angespritzt werden, sind auch keine Kabelführungen oder -kanäle mehr nötig. Da die Stecker in ihrer Lage fixiert sind, ist eine Verwechslung von Steckern in der Endmontage nicht mehr möglich.

Die vollautomatische Fertigung verhindert außerdem, dass Kabel falsch verbunden werden.

Das Beispiel zeigt, dass werkzeugfallende Systeme von einer mittelstandsgerechten Größe denkbar sind. Außerdem wird auch bei diesem System deutlich, dass die parallele Werkzeugtechnik- und Formteilentwicklung ein wichtiges Element bei der Gestaltung werkzeugfallender Systeme ist. So sind die Treppeneinsätze ein werkzeugtechnisches Element, das die Forderung nach einer mehrlagigen Fixierung der Blechlagen ermöglicht, die Gestaltung der Verbindungsstege aber ein Zugeständnis der Formteilgeometrie an die Treppeneinsätze und die automatische Einlegeoperation. Ähnliches gilt für die Steckerbereiche. Gerade zu diesem iterativen Prozess ist ein Formenbauer fähig. Daher kann abschließend gesagt werden: werkzeugfallende Systeme stellen eine gute Chance für den mittelständischen Formenbau dar.

### Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. André Wilken  
 Werkzeug und Formenbau  
 Grenzstraße 1  
 Halle 221  
 01109 Dresden  
 Telefon 03 51/88 46-4 12  
 E-Mail a.wilken@wilkenwf.de

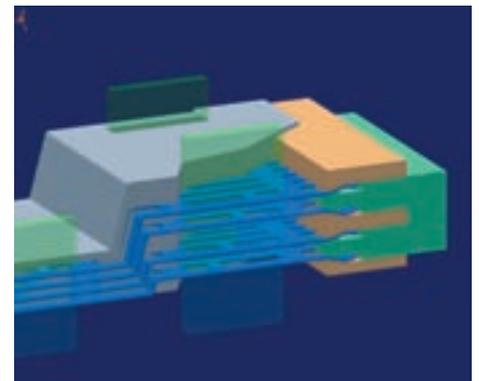


Bild 9: Abdichten der Kontakte gegen die Schmelze durch einen Schieber im Schieber (Patentanmeldung Wilken/IWU)

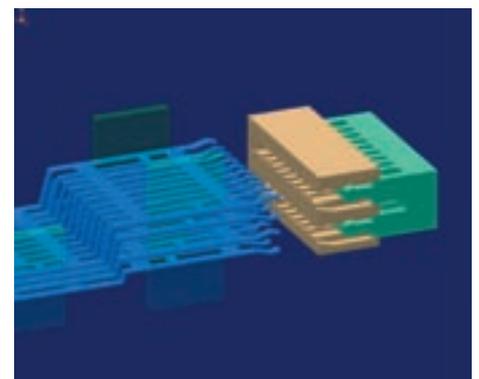


Bild 10: Stellung von innerem und äußerem Schieber vor dem Einspannen der Leiterbahnen (Patentanmeldung Wilken/IWU)

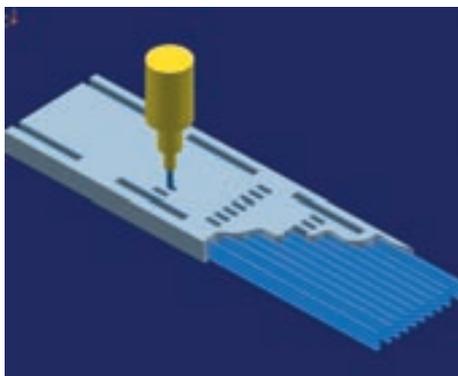


Bild 7: Auftrennen der Verbindungsstege zwischen den Leiterbahnen durch Wasserstrahlschneiden (Patentanmeldung Wilken/IWU)

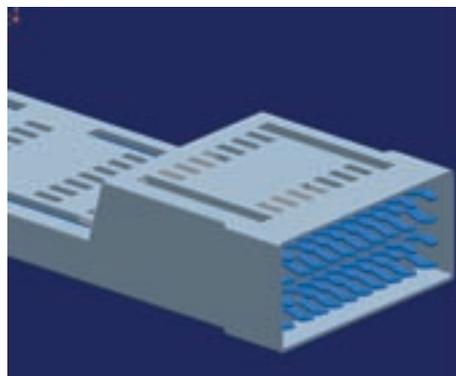


Bild 8: Fertige Steckerverbindung (Patentanmeldung Wilken/IWU)

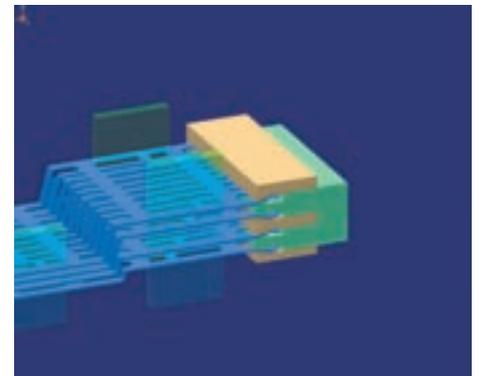


Bild 11: Stellung von innerem und äußerem Schieber nach dem Einspannen der Leiterbahnen (Patentanmeldung Wilken/IWU)

In der aktuellen Diskussion über Innovationen im Werkzeug- und Formenbau ist derzeit das Hartfräsen wie kaum eine andere Technologie im allgemeinen Blickpunkt des Interesses. Die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung nicht gehärteter Werkzeugstähle hat sich in Europa nahezu etabliert, so dass zukünftige Wettbewerbsvorteile durch die komplette Hartbearbeitung der Werkzeuge erwartet werden. Das Hartfräsen nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein, da sich hier die Frage nach der Verfahrensauswahl Fräsen vs Erodieren bauteilabhängig täglich neu stellt. Mit zunehmender Werkstoffhärte steigen ebenfalls die Anforderungen an die gesamte Prozesskette in der Fräsbearbeitung hinsichtlich NC-Programmierung und Frässtrategien sowie Werkzeug- und Maschinenteknik.

Die Anpassung der verwendeten Metalle an das Anforderungsprofil des Werkzeugs in der Produktion kann für den Endkunden erhebliche Vorteile bieten. So ist oftmals für Vor- und Kleinserienwerkzeuge der Einsatz von hochfesten Aluminiumlegierungen ausreichend,

welches neben einer kostengünstigeren Werkzeugfertigung kürzere Zykluszeiten beim Spritzgießen ermöglicht. Bei Serienwerkzeugen ist hingegen bei der Verwendung von Komponenten aus pulvermetallurgisch erzeugtem Werkzeugstahl (PM-Stahl) durch deren verbesserte Verschleiß Eigenschaften eine teilweise mehrfache Standmenge und Lebensdauer zu erzielen. Erreicht wird dies durch ein homogenes Gefüge mit einer feindispersen Mikrostruktur und globular verteilten Karbiden (Bild 1). Neben einer hohen Härte und Druckfestigkeit kann der pulvermetallurgisch erzeugte Werkzeugstahl hierdurch gleichzeitig eine hohe Zähigkeit aufweisen (Bild 2). Bei einer pulvermetallurgischen Herstellung von Werkzeugstahl können die Legierungen und deren Gefügeeigenschaften sehr gezielt entsprechend den Einsatzanforderungen variiert werden. Für Hochleistungsformen und -werkzeuge sind daher gehärtete PM-Stähle von zunehmendem Interesse. Sie finden Anwendung z.B. beim Präzisions- und Mikrospritzgießen sowie dem Metall- und Keramikspritzgießen. Nachteilig für den Einsatz von PM-Stählen im Formenbau sind derzeit mangelnde Erfahrungswerte bei der Fräsbearbeitung sowie fehlende technologische Grundlagenuntersuchungen

zum Fräsen. Hierbei begrenzt insbesondere der erheblich höhere Verschleiß der Fräswerkzeuge gegenüber einer Bearbeitung von konventionellen Formstählen den bisherigen Einsatz der PM-Stähle.

### Untersuchungen zur Schrupp- und Schlichtbearbeitung

Um eine Leistungssteigerung bei der spanende Bearbeitung von PM-Stählen zu erzielen und die Potenziale des Werkstoffs besser nutzen zu können, werden im Rahmen dieses FoKus-Teilprojekts Grundlagenuntersuchungen mit beschichteten Vollhartmetallwerkzeugen sowie mit kubisch kristallinem Bornitrid (CBN) durchgeführt. Zur Schaffung eines grundlegenden Prozessverständnisses bei der HSC-/ bzw. Hartfräsbearbeitung von pulvermetallurgisch erzeugten Formstählen werden die Spanbildungsmechanismen und Zerspankräften sowie der Verschleiß der beschichteten Werkzeuge analysiert. Es wird sowohl das Schlichtfräsen als auch das Schruppfräsen berücksichtigt. Aus diesem laufenden Projekt soll in diesem Artikel ein erster Überblick von den bisherigen Untersuchungsergebnissen gegeben werden.

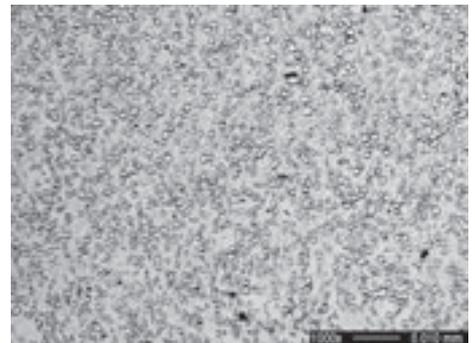
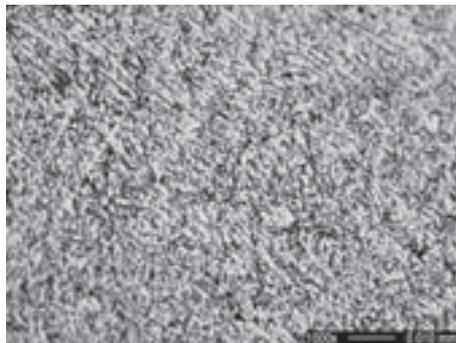
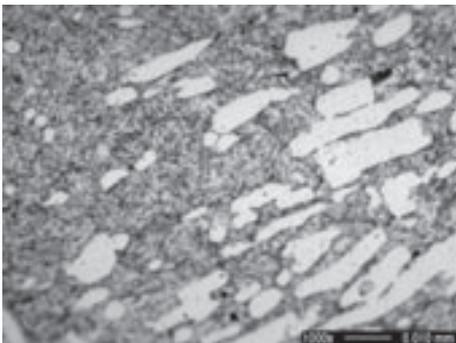


Bild 1: Gefügebilder von konventionell (links: 1.2379, mitte: 1.2343) und pulvermetallurgisch (rechts: CPM9V) hergestellten Werkzeugstahl (1000fache Vergrößerung)

## Spanbildungsmechanismen und Zerspankräfte

Für verschiedene konventionelle sowie pulvermetallurgisch hergestellte Kalt- und Warmarbeitsstähle wurden Kraftmessungen beim Schlichtfräsen mit CBN-Schneidstoff durchgeführt. Die Härte der Stähle wurde werkstoffabhängig zwischen 52-62 HRC sowie die effektive Schnittgeschwindigkeit zwischen  $v_c = 200-500$  m/min variiert. Die Parameter Schnitttiefe und Eingriffsbreite sowie Vorschub pro Zahn wurden entsprechend typischen Schlichtbedingungen gewählt. Die Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit bedingt eine stärkere Erwärmung der Zerspanzone, wodurch eine Reduzierung der Zerspankräfte gemessen werden konnte. Mit steigender Werkstoffhärte nehmen hingegen die Zerspankräfte zu. Durchschnittlich konnten bei PM-Stählen bei allen Werkstoffhärten und Schnittgeschwindigkeiten deutlich höhere Zerspankräfte als bei vergleichbaren konventionellen Werkzeugstählen nachgewiesen werden. Eine Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit hat bei PM-Stählen einen geringeren Einfluss auf die Reduzierung der Zerspankräfte.

## Verschleiß von beschichteten Vollhartmetallfräsern

Im Werkzeug- und Formenbau werden hauptsächlich beschichtete Vollhartmetalle für die HSC-/Hartfräsbearbeitung eingesetzt. Als besonders leistungsfähig haben sich Feinstkornhartmetalle und TiAlN-Beschichtungen aufgrund positiver Verschleißigenschaften bei hohen Temperaturen in der Zerspanzone erwiesen. In Bild 3 ist der Werkzeugverschleiß beim Schlichtfräsen von 1.2343 und CPM9V gegenübergestellt. Beim Fräsen des Stahls 1.2343 erhöht sich nach einem leichten Anfangsverschleiß dieser nur geringfügig. Demgegenüber liegt bei der Bearbeitung

### Werkstoffzusammensetzung

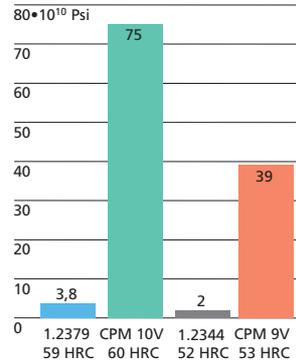
**X 155 CrVMo 12 1 (1.2379)**  
1,55% C; 12% Cr; 0,7% Mo  
1,0% V; 0,3% Si; 0,3% Mn

**CPM 10 V**  
2,4% C; 5,3% Cr; 1,3% Mo  
10,0% V; 0,9% Si; 0,5% Mn

**X 40 CrMoV 5 1 (1.2344)**  
0,4% C; 5,3% Cr; 1,4% Mo  
1,0% V; 1,0% Si; 0,4% Mn

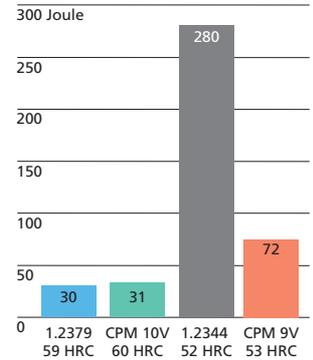
**CPM 9V**  
1,8% C; 5,3% Cr; 1,3% Mo  
9,0% V; 0,9% Si; 0,5% Mn

### Verschleißfestigkeit\*



\* Reziprok zur Verschleissrate beim Verschleissversuch mit ungeschmiertem Kreuzzylinder in Berührung mit rotierendem Hartmetallzylinder

### Zähigkeit\*\*



\*\* Kerbschlagzähigkeit, Standardgröße der Charpy-Test-Probe mit einem 12,7 mm Kerbradius

Bild 2: Verschleißfestigkeit und Zähigkeit ausgewählter konventionell und pulvermetallurgisch hergestellter Werkzeugstähle (nach Zapp GmbH)

von CPM9V ein sehr starker Verschleiß vor, so dass die kritische Verschleißmarkenbreite bereits nach relativ kurzem Fräsweg erreicht wurde. Grund hierfür ist die Kombination aus thermischem und abrasivem Verschleiß der Werkzeugbeschichtung durch den hohen Anteil an Vanadium-Karbid im PM-Stahl.

## Anpassung der Schneidengeometrie

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass sich das Prozesswissen aus der klassischen Hartzerspanung nur bedingt auf das Fräsen von gehärteten

PM-Stählen übertragen lässt. Durch die Kombination der verschiedenen Materialeigenschaften wie Härte und Zähigkeit sowie des besonderen Werkstoffgefüges wird die Komplexität der Bearbeitungsaufgabe erhöht. Eine Anpassung der Schneidengeometrie und deren Beschichtung ist für eine wirtschaftlichere spanende Bearbeitung der PM-Stähle notwendig.

## Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Steffen Knodt  
Telefon 02 41/89 04-1 21  
E-Mail knodt@ipt.fhg.de

**Werkzeug**  
Geometrie Kugelkopffräser  
Durchmesser  $D = 8$  mm  
Schneidenanzahl  $Z = 2$   
Beschichtung TiAlN

**Prozessparameter**  
Schnittgeschwindigkeit  $v_{c,eff} = 125$  m/min  
Drehzahl  $n = 16\ 000$  min<sup>-1</sup>  
Vorschub pro Zahn  $f_z = 0,1$  mm  
Schnitttiefe  $a_p = 0,2$  mm  
Eingriffsbreite  $a_e = 0,5$  mm

**Werkstoff**  
— 1.2343 [X 38 CrMoV 5 1]  
Härte: 55 HRC  
- - - CPM 9V  
Härte: 54 HRC

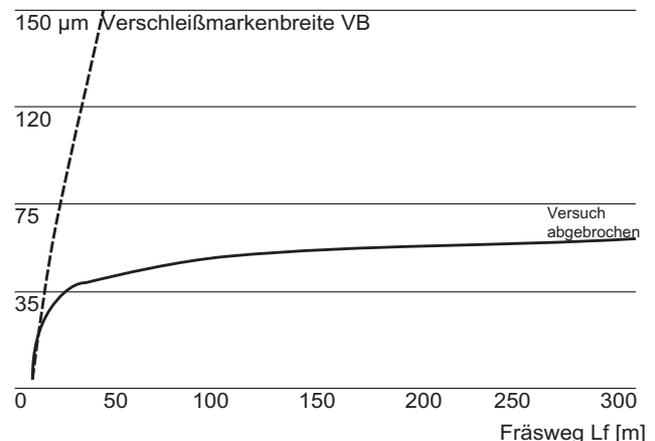


Bild 3: Verschleißverhalten von beschichteten Vollhartmetallfräsern beim Schlichtfräsen von gehärteten Werkzeugstahl

# Gering adhäsive Kohlenstoffschichten für Formen und Werkzeuge in der Kunststoffverarbeitung

Die Stoffgruppe der diamantähnlichen Kohlenstoffschichten (DLC) gewinnt heute zunehmend an Bedeutung, weil ihr Eigenschaftsspektrum einen weiten Bereich technischer Anforderungen abdeckt. Neben einer hohen Verschleißbeständigkeit zeichnen sich die Schichtsysteme dieser Stoffgruppe durch sehr niedrige Reibwerte (z. B. gegenüber Stahl) und eine sehr gute chemische Beständigkeit aus. Durch den gezielten Einbau weiterer Elemente in das Kohlenstoffnetzwerk kann zusätzlich das Benetzungsverhalten (Adhäsions-eigenschaften) der abgeschiedenen DLC-Schichten in weiten Grenzen variiert werden. Aufgrund dieser großen Bandbreite der Schichteigenschaften gibt es heute für die verschiedenen Anwendungsgebiete eine Vielzahl unterschiedlicher Kohlenstoffbeschichtungen.

Durch die ständige Weiterentwicklung der DLC-Schichten in den vergangenen 20 Jahren steht den Anwendern heute eine Stoffgruppe von harten, verschleißbeständigen und sehr reibarmen Schichttypen für die unterschiedlichsten technischen Applikationen zur Verfügung. Grundsätzlich unterteilt man amorphe Kohlenstoffschichten in wasserstoffhaltige DLC- oder auch

a-C:H-Schichten, wasserstofffreie i-C- oder a-C-Schichten, metallhaltige Me-DLC oder Me-C:H-Schichten und mit nichtmetallischen Elementen modifizierte DLC-Schichten (a-C:H:X). Die in einem PVD-Verfahren abgeschiedenen Me-DLC-Schichten sind zur Zeit das Schichtsystem mit der größten industriellen Umsetzung. Der Grund hierfür ist, dass die zur Abscheidung dieser Schichtvariante notwendige Anlagentechnik problemlos auf sehr große Beschichtungsanlagen (bis zu 2 m<sup>3</sup> Kammer-volumen) übertragen werden konnte. DLC-Schichten, die im Vergleich zu Me-DLC-Schichten in einem PACVD-Verfahren abgeschieden werden und noch bessere tribologische Eigenschaften besitzen sind heute noch nicht im industriellen Maßstab abscheidbar. Neuste Entwicklungen zeigen jedoch, dass auch DLC-Schichten und mit nicht-metallischen Elementen modifizierte DLC-Schichten in Zukunft mit einer modifizierten Anlagentechnik in industriell relevanten Dimensionen abgeschieden werden können.

## Eigenschaften kohlenstoffbasierter Schichten

Amorphe diamantähnliche Kohlenstoffschichten bestehen aus einer hoch vernetzten Kohlenstoffmatrix mit einem hohen dreidimensionalen Bindungs-

anteil (sp<sup>3</sup>-Bindungsstrukturen). Bei typischen Schichtdicken von 1 µm bis 10 µm besitzen die Schichtsysteme dieser Stoffgruppe Härten von 1000 HV bis 6000 HV. Zusätzlich verfügen diese Schichten über einen geringen E-Modul, so dass die hohe Härte mit einer überdurchschnittlich hohen Elastizität verbunden ist.

Die technisch interessantesten Eigenschaften dieser Schichtsysteme sind allerdings der niedrige Reibwert und die hohe Abrasivverschleißbeständigkeit. Sowohl für a-C-, DLC und Me-DLC-Schichten sind Trockenreibwerte von  $\mu < 0,2$  gegenüber Stahl problemlos erreichbar. Für siliziummodifizierte DLC-Schichten können, unter normaler Atmosphäre, sogar Reibwerte zwischen  $0,05 < \mu < 0,1$  realisiert werden. Aufgrund dieser Eigenschaftskombination bieten diese Trockenschmierstoffschichten einen optimalen Verschleißschutz sowohl für den beschichteten Kontaktpartner als auch für den meist unbeschichteten Gegenkörper. Mit dieser Eigenschaftskombination haben Kohlenstoffschichten in tribologischen Paarungen deutliche Vorteile gegenüber klassischen Hartstoffschichten, wie zum Beispiel Titanitrid (TiN).

Ein weiterer Vorteil gegenüber TiN-Schichten, die typischerweise bei Temperaturen T > 400 °C abgeschieden werden, ist die niedrige Abscheidetemperatur. Kohlenstoffschichten werden in der Regel bei Temperaturen unter 200 °C abgeschieden, so dass auch temperaturempfindliche Werkstoffe beschichtet werden können. Die Temperaturbeständigkeit von DLC-Schichten liegt etwa bei 350 °C, diese kann allerdings durch den Einbau von z. B. Silizium in das Kohlenstoffnetzwerk bis auf 500 °C gesteigert werden.

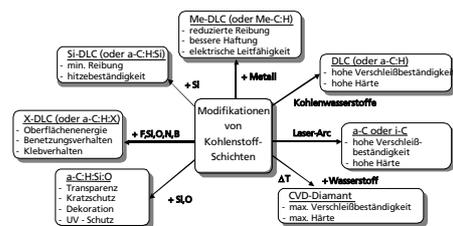


Bild 1: Überblick der verschiedenen Schichtsysteme der Stoffgruppe der Kohlenstoffschichten

	Härte [GPa]	Reib- koeffizient [gegen Stahl]	Verschleiß gegen Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [m <sup>3</sup> /Nm]10 <sup>-15</sup>	Temperatur- stabilität [°C]	Oberflächen- energie [mN/m]
PTFE (Teflon®)	0,3	0,1	-	260	18,5
F-DLC	2	-	-	-	19,9
Stahl (100Cr6)	7-8	0,7	70	200	> 1000
SICON®	7-9	0,5	15-20	500	22,4
Si-DLC	10-15	0,1	8-10	500	31,2
Me-DLC	15-20	0,2	1-5	350	42,6
DLC	20-30	0,2	0,35	350	41,3
Diamant	80-100	-	-	500	6000

Bild 2: Tribologische Daten und Oberflächenenergiewerte für verschiedene DLC-Schichten im Vergleich zu Teflon®

## Anwendungsbeispiele für reibarme Schichten

Kohlenstoffschichten sind aufgrund ihres Eigenschaftsprofils prädestiniert für den Einsatz auf stark tribologisch beanspruchten Maschinenkomponenten und Werkzeugen. Die Palette der Maschinenkomponenten reicht dabei über Lager, Antriebselemente und Kolben/Zylinderpaarungen, von kleinen Lamellen für Kameraverschlüsse bis hin zu großen Druckwalzen. Dabei kann durch die verbesserte Funktion der beschichteten Komponenten auf Schmiermittel weitestgehend verzichtet und trotzdem minimale Antriebsleistung realisiert werden. Besonders deutlich wird das Potential amorpher Kohlenstoffschichten auf hoch belasteten Werkzeugen für umformtechnische Anwendungen. Durch den Einsatz von DLC-Schichten können beim Umformen von Stahl, Leicht- und Buntmetallen Kaltzuschweißungen und Schmiermittelmengen drastisch reduziert werden. Die besten Ergebnisse werden heute durch beschichtete Werkzeuge in Kombination mit Minimalmengenschmierung (MMS) erreicht, eine vollständige Trockenbearbeitung ist allerdings nur in wenigen Fällen möglich. Am stärksten etabliert sind Kohlenstoffschichten heute bereits im Bereich der Automobiltechnik, neben den klassischen Lageranwendungen (z. B. Türscharniere) findet man DLC-Schichten im Bereich des Ventiltriebs auf Tassenstößeln und auf Komponenten von Dieseldirekteinspritzsystemen. Bei Dieseleinspritzdrücken von 1000 bar bis 2000 bar in modernen Common-Rail- oder Pumpe-Düse-Systemen erreichen unbeschichtete Düsenadeln und Ventile nicht die notwendigen Standzeiten. Deutliche Standzeitverlängerungen ergeben sich ebenfalls für Schieber und Auswerfersysteme in Kunststoffformen sowie beim Schneiden von Papier, Holz, Textilien und Kunststoffen.

## Eigenschaften modifizierter DLC-Schichten

Die Entwicklungen der modifizierten DLC-Schichten in den vergangenen Jahren konnten das Eigenschaftsspektrum der amorphen Kohlenstoffschichten nochmals erweitern. Durch den Einbau von nichtmetallischen Elementen, wie Fluor, Silizium, Sauerstoff oder Stickstoff in das DLC-Netzwerk konnte gezielt die Oberflächenenergie der abgeschiedenen Schichten variiert werden. Während durch Modifikationselemente wie Fluor und Silizium die Benetzbarkeit und damit die Oberflächenenergie der beschichteten Oberfläche reduziert wird, bewirken die Elemente Stickstoff und Sauerstoff den gegenteiligen Effekt. Durch den Einbau von Stickstoff und Sauerstoff erhöht sich die Oberflächenenergie und damit die Adhäsionsneigung.

Durch den Einbau von Fluor in die DLC-Schichten bildete sich wie erwartet ein PTFE (Teflon®) ähnliches Schichtsystem mit stark hydrophoben Eigenschaften. Der erreichbare Kontaktwinkel von Wasser auf F-DLC-Schichten ist größer  $100^\circ$  und damit dem Wasserkontaktwinkel von PTFE mit  $115^\circ$  sehr nahe. Überraschenderweise konnten diese gering adhäsiven Eigenschaften auch mit Silizium modifizierten Kohlenstoffschichten erreicht werden. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass Si-DLC-Schichten eine deutlich höhere Härte und Verschleißbeständigkeit besitzen als F-DLC-Schichten, was auf die bessere Netzwerkfähigkeit des Siliziums zurückzuführen ist. Inzwischen sind die Eigenschaften der mit Silizium modifizierten Kohlenstoffschichten weiter optimiert worden, so dass der Industrie heute die verschleißfeste Antihafschicht SICON® für industrielle Applikationen zur Verfügung steht.



Bild 3: Metallhaltige diamantähnliche Kohlenstoffschicht auf einer Kurbelwelle zur Reibreduzierung und Lebensdauererhöhung



Bild 4: Wassertropfen auf einer modifizierten Kohlenstoffschicht mit hoher Oberflächenenergie



Bild 5: Wassertropfen auf einer modifizierten Kohlenstoffschicht mit niedriger Oberflächenenergie

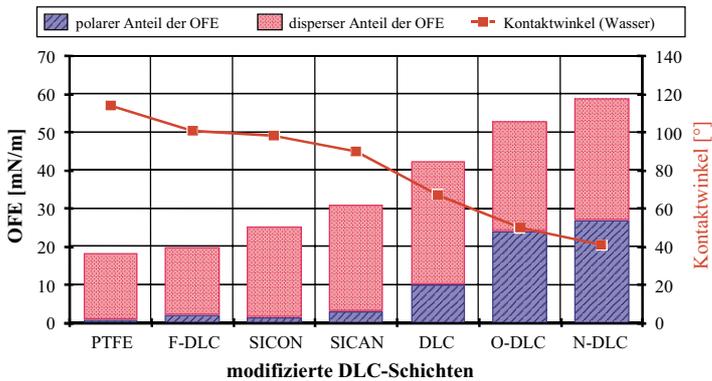


Bild 6: Überblick der verschiedenen Oberflächenwerte modifizierter DLC-Schichten im Vergleich mit Teflon

### Anwendungsbeispiele für modifizierte DLC-Schichten

Potentielle Anwendungsfelder für SICON® sind überall dort, wo Ablagerungen an Maschinenelementen verhindert werden sollen oder der Kontakt von klebrigem und abrasivem Verarbeitungsgut mit Werkzeugen oder Formen zu geringen Standzeiten führt. Etabliert ist SICON® heute bereits im Bereich der pharmazeutischen Industrie auf Presswerkzeugen zur Herstellung von Tabletten. Durch beschichtete Tablettierwerkzeuge kann das Anhaften von klebenden Pulvermischungen am Pressstempel, auch ohne den Einsatz von Trennmitteln, effektiv verhindert werden.

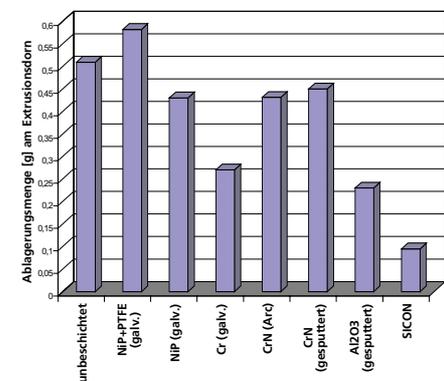


Bild 7: Vergleich der Ablagerungsmengen von HDPE an einem Extrusionsdorn einer Blasfolienanlage

Positive Ergebnisse gibt es auch aus der kunststoffverarbeitenden Industrie, wo SICON® beschichtete Werkzeuge und Formen unter Produktionsbedingungen erfolgreich getestet worden sind.

Sowohl Untersuchungen am Institut für Konstruktionslehre und Kunststoffmaschinen der Universität GH Essen zur Folienextrusion als auch Versuche bei einem Kunden auf einer Blasfolienanlage zeigten deutliche Standzeiterhöhungen. In einem direkten Vergleich zwischen drei galvanisch abgeschiedenen Schichten, zwei CrN-Varianten, einer Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Schicht und SICON® konnten für die SICON®-Schicht deutliche Vorteile festgestellt werden (Bild 7). Sowohl die Verschmutzungsneigung bzw. Ablagerungsmenge als auch der Reinigungsaufwand konnten, im Vergleich zu den anderen Schichtsystemen, nochmals deutlich reduziert werden.

Bewährt haben sich auch die inzwischen seit zwei Jahren in der Produktion eingesetzten beschichteten Messköpfe zur Online-Foliendickenmessung für Blasfolienanlagen (Bild 8). Diese direkt mit dem heißen Folienschlauch in Kontakt tretenden Messsensoren überwachen die Dicke der extrudierten Folie. Da der

Folienschlauch nicht nur mit hoher Geschwindigkeit über die Messkopfoberfläche gleitet, sondern auch bei Kontakt mit dem Sensor eine hohe Adhäsionsneigung besitzt, ergibt sich ein Anforderungsprofil, das optimal durch die Eigenschaften der SICON®-Schicht abgedeckt wird.

Weitere positive Ergebnisse gibt es auch bei der Herstellung von Textilfasern (PA) (Bild 10) und kunststoffummantelten Elektrokabeln (Bild 9), wo mit SICON® beschichtete Extrusionswerkzeuge in der Produktion getestet wurden. Durch die ablagerungsmindernde Wirkung von SICON® erhöht sich die Standzeit und reduziert sich der Reinigungsaufwand. Unbeschichtete Werkzeuge, die bisher bei 400 °C im Ofen gereinigt werden mussten, um die vorhandenen Ablagerungen entfernen zu können, werden heute nur noch mit einer Messingbürste gereinigt.

Vergleichbar positive Ergebnisse konnten auch bei beschichteten Spritzgusswerkzeugen zur Herstellung von feinmechanischen Kunststoffkomponenten (Bild 11) und bei der Elastomerverarbeitung (Bild 12) festgestellt werden. Die Verschmutzungsneigung des Werkzeugs konnte reduziert und das Entformungsverhalten



Bild 8: Ein mit SICON® beschichteter Foliendickenmesssensor zeigt deutlich reduzierte Adhäsionsneigung und erhöhten Verschleißschutz

der hergestellten Kunststoffteile verbessert werden. In der Produktion etabliert sind inzwischen auch mit SICON® beschichtete Komponenten zur Kunststoffschäumherstellung (Melaminharzschaum). Durch den Einsatz antihafbeschichteter Gleitschienen und Extrusionsdüsen konnte die Standzeit der Anlagen deutlich erhöht und damit die Kosten reduziert werden.

Weitere Anwendungsfelder für SICON® liegen im Bereich der Lebensmittel- und Tabakwarenindustrie, wo heute aufgrund von Verordnungen der Einsatz von Teflon® nur eingeschränkt zugelassen ist. Besonders auf Werkzeugen und Maschinenkomponenten, die direkt in Kontakt mit dem klebrigen Produkt sind, kommen die Oberflächeneigenschaften der fluorfreien Antihafschicht voll zum Tragen.

Untersuchungen mit beschichteten Heizelementen, wie man sie heute in Geschirrspülern, Waschmaschinen und Wasserkochern findet, waren ebenso erfolgreich wie der Einsatz von SICON® auf Wärmetauschern. Während auf Heizelementen die Anlagerung von Kalk stark reduziert werden kann, kommt auf Wärmetauscheroberflächen die erzwungene Tropfenbildung von Wasser und die damit verbundene Wirkungsgraderhöhung zum Tragen. Desweiteren laufen z. Zt. Untersuchungen mit der Automobilindustrie, in denen getestet wird, ob durch den Einsatz beschichteter Ventile bzw. Einspritzdüsen Ablagerungen von Verbrennungsrückständen deutlich reduziert werden können.

## Zusammenfassung und Ausblick

Diamantähnliche Kohlenstoffschichten sind aufgrund ihrer niedrigen Reibwerte und hohen Abrasivverschleißbeständigkeit hervorragend für den Einsatz auf tribologisch hoch belasteten Maschinenelementen und Werkzeugen geeignet.

Durch die Entwicklung der modifizierten DLC-Schichten konnte das Anwendungsspektrum der amorphen Kohlenstoffschichten nochmals erweitert werden. Durch den gezielten Einbau von nichtmetallischen Elementen in das Kohlenstoffnetzwerk konnten die Adhäsionseigenschaften der modifizierten DLC-Schichten in einem weiten Bereich variiert werden. Ein Schichttyp, der heute erfolgreich auf den verschiedensten Komponenten und Werkzeugen in der Industrie eingesetzt wird, ist die am Fraunhofer IST entwickelte verschleißfeste Antihafschicht SICON®. Aufgrund der hervorragenden tribologischen Eigenschaften in Kombination mit einem teflonähnlichen Adhäsionsverhalten wird SICON® heute nicht nur in der pharmazeutischen und kunststoffverarbeitenden Industrie, sondern auch in Energietechnik und Lebensmittelindustrie in der Produktion eingesetzt.

## Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Phys. André Hieke  
 Telefon 05 31/21 55-6 50  
 E-Mail Hieke@ist.fhg.de



Bild 9: Ein mit SICON® beschichtetes Extrusionswerkzeug zur Herstellung von kunststoffummantelten Elektrokabeln



Bild 10: Mit SICON® beschichtete Düsenplatte zur Herstellung von PA-Textilfasern



Bild 11: Mit SICON® beschichtete Spritzgusswerkzeuge zur Herstellung von feinmechanischen POM-Kunststoffteilen



Bild 12: Mit SICON® beschichtete PKW-Reifenform für die Elastomerverarbeitung

## Integrative Werkzeugtechnik - Teil II

### Verfahrenskombination zur Herstellung werkzeugfallender Produkte

Durch die weitreichend umgesetzte Philosophie der Systemlieferung wurde die Aufteilung der Verantwortlichkeiten und der Wertschöpfungskette zwischen den Fahrzeugherstellern und ihren Lieferanten neu geordnet. Ressourcenschonung und Leichtbaukonzepte stehen im Vordergrund der Entwicklungen für das Automobil der Zukunft. Verbesserte Materialien und Werkstoffverbunde versprechen eine Gewichtersparnis von 20 bis 40 Prozent bei in Großserie produzierten Automobilkomponenten. Gefragt sind daher innovative Technologien und das Know-how, um leichtbauende Komponenten aus Kunststoffen auf hohem Qualitätsstand kostengünstig herstellen zu können.

Durch eine verstärkte Kundennähe können neue technische Möglichkeiten gezielt auf die Kundenanforderungen ausgerichtet werden, wie die Beispiele aus dem In-mold Decorating, medizintechnische Anwendungen des Mikrospritzgießens oder gehäuseintegrierte Dichtungen aus dem Mehrkomponentenspritzgießen belegen. Diese Beispiele zeigen die beiden wichtigsten Triebkräfte für neue Verfahrenstechniken: Rationalisierung durch kostengünstigere oder effektivere Lösungen und Eröff-

nung von Innovationspotential für den Anwender durch neue Funktionalitäten.

#### Hart-Weich-Werkstoffverbunde

Neben der bekannten Mehrfarbenspritzgießtechnik (z.B. Pkw-Rückleuchte) erfahren Hart-Weich-Verbunde einen besonderen Stellenwert in der Mehrkomponententechnik. Weiche, dichtende, isolierende oder dämpfende thermoplastische Elastomere werden auf einen harten thermoplastischen Grundkörper aufgespritzt. Am Markt bekannte Bauteile sind komplexe Kunststoffgehäuse mit integrierten Dichtungen (Pumpengehäuse) oder Griffteile mit Softtouch (Zahnbürsten, Rasierer, Elektrogeräte).

Eine weitere werkzeug- und verfahrenstechnische Herausforderung stellen Hart-Weich-Verbunde von Thermoplasten mit Elastomeren dar. Hinsichtlich der dynamischen Dichtungseigenschaften, der Temperaturbeständigkeit und der Lebensdauer sind Elastomere den thermoplastischen Elastomeren überlegen. Elastomere werden gegebenenfalls im Kaltkanal eingespritzt und bei einer Temperatur von ca. 200 °C vernetzt, während die thermoplastische Hartkomponente möglicherweise im Heißkanal eingespritzt und bei 100 °C entformt wird, so dass im Werkzeug mehrere thermische Trennungen zu realisieren sind.

#### Hart-Hart-Werkstoffverbunde

Neue Anwendungsgebiete für Hart-Hart-Kombinationen ergeben sich durch Ausnutzung der magnetischen, elektrischen oder thermischen Eigenschaften der einen und den mechanischen Eigenschaften der anderen Komponente:

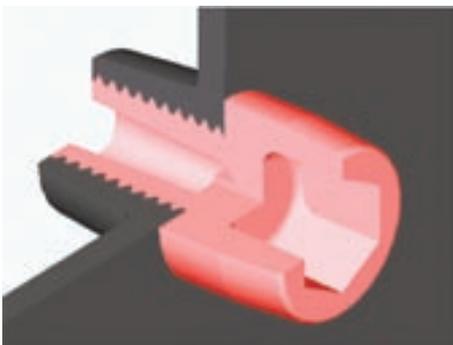
- hochgefüllte (z.B. NdFeB, SmCo) thermoplastische Magnete mit ungefüllter Außenschicht
- hochgefüllte (z.B. St, Al, Cu) Gehäuseschichten zur elektromagnetischen Abschirmung
- hochgefüllte thermisch leitfähige Kernbereiche in Zahnrädern
- Molded Interconnect Devices MID aus der Kombination metallisierbarer und nicht metallisierbarer LCP

Im Allgemeinen besteht die Anforderung eines guten Haftverbunds zwischen den Komponenten. Die Unverträglichkeit von Kunststoffkombinationen, sowie Schwindungsdifferenzen können aber bewusst zur Herstellung beweglicher Bauteile ausgenutzt werden. Die Haftung der Komponenten kann auch durch extrem niedrige Werkzeugtemperaturen oder durch die Injektion von Trennmitteln zwischen den Spritzstufen verhindert werden. Für eine Formteilentwicklung sind Untersuchungen mit der jeweiligen Materialkombination und unter realen Fertigungsbedingungen sinnvoll, da mehrere Faktoren wie Werkstoffadditive, Grenzflächengeometrie, Anströmung, Temperatur etc. die Haftung beeinflussen.

#### Werkzeugtechnik

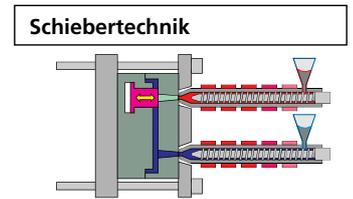
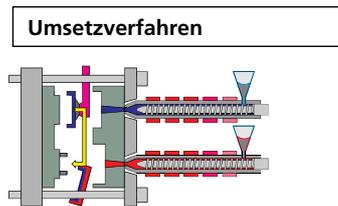
Die Ausführung der Produktionszelle und des Werkzeugs hängt von der Komplexität des Bauteils ab. Zur Auswahl stehen unter anderem folgende Werkzeugtechnologien:

- Umsetzverfahren:  
Der Vorspritzling wird mittels Handlingerät in eine zweite neue Kavität auf der gleichen Spritzgießmaschine umgesetzt

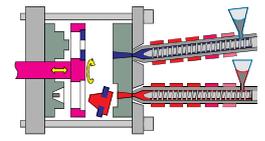
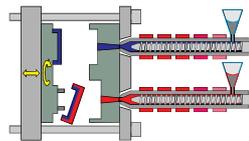


Lösbare Schraubverbindung mittels 2-K-Technik

- Schiebertechnik:  
Die Kavität für die zweite Komponente wird zunächst durch verschiebbare Kerne/Einsätze verschlossen und nach dem Einspritzen der ersten Komponente geöffnet
- Drehwerkzeug:  
Die komplette Auswerferseite der Form wird gedreht und der verbleibende Vorspritzling in eine neue matrizenseitige Kavität eingesetzt.
- Indexplattenverfahren:  
Der Vorspritzling wird über eine Werkzeugzwischenplatte ausgehoben und über eine Drehbewegung in die Kavität für die zweite Komponente gesetzt.



### Werkzeugkonzepte



Drehwerkzeug

Indexplattenverfahren

Verschiedene Werkzeugtechnologien

## In-Mold Decorating

Das Folien- bzw. Textilhinterspritzen (Inmold Decorating) bietet sich als wirtschaftliche und umweltfreundliche Alternative zum Lackieren oder Klebkaschieren an. Ferner können bei diesem Verfahren auch Kunststoffe verwendet werden, welche die hohen Temperaturen einer Lackierstraße nicht unbeschadet überstehen. Für den Erfolg bei der Hinterspritztechnik sind umfassende Kenntnisse zum Verhalten der Folie bzw. des Textils bei einer Vorformung oder der Verformung im Spritzgießwerkzeug, bei der Erwärmung im Werkzeug und bei der Erwärmung durch die Schmelze notwendig. Mehrere Effekte, wie unterschiedliche Abkühlbedingungen aufgrund der Isolierung, Schwindungsbehinderung oder die Rückverformung der verstreckten Folien können zum Verzug des Bauteils führen. Die Fixierung der mit einem Handlingssystem eingelegten Folie erfolgt meist mit Nadelbolzen, Spannrahmen, Greifern oder über Vakuumunterstützung. Um Folien- oder Textilverzug bzw.

Kompaktierung im Angussbereich zu umgehen, wird das Spritzprägeverfahren angewandt. In das um den Prägespalt geöffnete Tauchkantenwerkzeug wird die Schmelze mit geringerem Druck eingebracht und anschließend erfolgt der Prägevorgang. Dabei wird gleichzeitig der Bauteilverzug minimiert.

## In-Mold Decorating - Mehrkomponententechnik

Durch die Verfahrenskombination Mehrkomponententechnik und Hinterspritztechnik eröffnet sich ein weiteres Rationalisierungspotential. Die bei den In-Mold-Decoration-Verfahren häufig notwendigen nachgeschalteten Montage- oder Umbugschritte können durch den Einsatz einer Mehrkomponentenmaschine entfallen. Randbereiche und Durchbrüche (z.B. Gurtdurchführungen bei B-Säulenverkleidungen) genügen oft nicht den optischen Anforderungen. Um in diesen Bereichen eine hochwertige Anmutung der Teile zu erhalten, muss hier das Dekormaterial von Hand

oder mit einer zusätzlichen Umbugstation um die Formteilkante gelegt und fixiert werden. Durch die gestiegenen Qualitätsansprüche der Automobilindustrie besteht zudem häufig die Forderung eines 180°-Umbugs, um ein Ablösen während des Gebrauchs auszuschließen. Alternativ werden zusätzliche Kunststoffrahmen in die Durchbrüche eingeklipst, um die Dekorränder zu kaschieren. In Kombination mit der Mehrkomponententechnik können diese Zierahmen und Randbereiche direkt im Hinterspritzverfahren angespritzt werden. Für dieses Verfahren sind zwar höhere Investitionen für das Werkzeug notwendig, andererseits kann auf nachträgliche Umbug- oder Montagestationen verzichtet werden.

## In-Mold Decorating - Gasinnendrucktechnik

Die Kombination von Hinterspritz- und Gasinnendrucktechnologie wurde ebenfalls schon erfolgreich realisiert.



Querverkleidung Instrumententafel Renault Espace (Werksbild Möller Group)



Schnitt durch Querverkleidung mit Gaskanal (Möller Group, Frankreich)

Der Vorteil liegt in erster Linie im dekor-schonenden Verarbeitungsverfahren, da die Werkzeuginnendrucke bei der GIT deutlich geringer sind, als beim Kompaktspritzgießen. Der Gaskanal erhöht dabei zusätzlich die Steifigkeit der Bauteile.

### Gasinnendrucktechnik - mit Gewebeverstärkung als Einleger

Inzwischen existieren zahlreiche GIT-Bauteile, bei denen der Gaskanal als Funktionskanal genutzt wird. In Konkurrenz zum Blasformverfahren, der Schmelzkerntechnik oder einer Zwei-Schalenbauweise können medien-führende Bauteile (Kühlwasseranschluss-stutzen, Brausekörper, Ölleitungen) mittels der GIT-Technik kostengünstig gefertigt werden. Um die Druckfestig-keit dieser medienführenden Gaskanäle noch weiter zu steigern, können Gewe-beschläuche ins Werkzeug eingelegt und umspritzt werden. In Kombination mit der Mehrkomponententechnik kann der Werkstoff für den Inliner auf die Anforderung des Mediums (z.B. chemische Beständigkeit) optimiert werden, während der Outliner eine

gute Durchdringung des Gewebes, einen haftfesten Verbund und gute mechanische Festigkeit bietet.

### Zusammenfassung

Die Komplexität der neuen Verfahren und der Integrationsgrad im Werkzeug ist fallspezifisch abhängig von der sicheren Beherrschbarkeit des komplexeren Gesamtprozesses und den damit verbundenen höheren Kosten. Um deren Rationalisierungsangebot zu nutzen, muss im Zusammenspiel von Rohstoffherzeugern, Verarbeitern, Maschinenherstellern und Formenbauern sichergestellt werden, dass eine hohe durchgängige Entwicklungsleistung in kürzester Zeit und gezielter Ausrichtung auf den Kunden bewerkstelligt werden kann. Der Mehrwert basiert nicht nur auf den Herstellungskosten, sondern entsteht beim Kunden durch den gebotenen Nutzen: Die Möglichkeit in seinen Produkten eine strategische Innovation zu vollziehen um sich so einen Wettbewerbsvorsprung zu sichern.

### Ihre Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Marc Knoblauch-Xander  
Telefon 07 21/46 40-3 57  
E-Mail kno@ict.fhg.de

Dr.-Ing. Bernd Bader  
Telefon 07 21/46 40-4 08  
E-Mail bba@ict.fhg.de



# Wasserinjektionstechnik – Anlagen- und Injektortechnik

Die am Institut für Kunststoffverarbeitung IKV in Aachen entwickelte Wasserinjektionstechnik (WIT) ist ein an die Gasinjektionstechnik (GIT) angelehntes Spritzgießsondervverfahren. Das Ziel der Entwicklung war die Senkung der Kühlzeiten bei der materialsparenden Herstellung stabähnlicher Hohlkörper bzw. bei Bauteilen mit integrierten, dickwandigen Bereichen. Durch die weitaus bessere Kühlwirkung von Wasser können im Vergleich zur GIT Zykluszeitreduzierungen von bis zu 70 Prozent erzielt werden. Um die innovative WIT-Technologie erfolgreich in der Thermoplastverarbeitung anwenden zu können, muss ein besonderer Augenmerk auf die Anlagen- und Injektortechnik gelegt werden.

## Die Grundidee

Die Injektion von fluiden Medien, d. h. Gasen oder Flüssigkeiten, im Bereich des Spritzgießens ist schon in einer Patentanmeldung Ende der 30er Jahre beschrieben worden. Das erfindungsgemäße Verfahren beinhaltet prinzipiell die Verwendung von Werkzeuginjektoren, über die ein fluides Medium zur Hohlraumausbildung in den schmelzeförmigen Kunststoff injiziert wird (Bild 1). Weiterhin wird der Einsatz beweglicher Kerne, die zur Hohlraumausbildung aus der Kavität gefahren werden können, beschrieben. Durch Injektion und anschließende Verdampfung einer geringen Menge Flüssigkeit im Injektionsbereich können nach dem Wirkungsprinzip der GIT Hohlräume erzeugt werden. Die kondensierten Flüssigkeiten verbleiben anschließend entweder im Bauteil oder können durch bestimmte Injektionsvorrichtungen wieder abgelassen werden.

## WIT-Anlagentechnik

Für die Anlagentechnik bei der WIT können und werden prinzipiell volumengesteuerte Anlagen (Injektionskolben) oder druckgeregelte Anlagen (Membranspeicher oder Kolbenpumpen mit Bypassprinzip) verwendet, wie sie aus der Wasserhydraulik bekannt sind. Inzwischen haben verschiedene Maschinen- und Anlagenhersteller die Wasserinjektionstechnik als weitere Verfahrensvariante zur Herstellung spritzgegossener Hohlkörper in ihr Lieferprogramm aufgenommen. Neben

der Entwicklung und dem Bau neuer WIT-Anlagen werden insbesondere bereits vorhandene GIT-Anlagen bzw. Anlagenkonzepte (mit Blasenspeicher) modifiziert. Dabei müssen die Anlagenkomponenten für den Betrieb mit Wasser und gegebenenfalls wahlweise mit Gas ausgelegt werden. Die am IKV entwickelte WIT wird so durchgeführt, dass das Wasser während der Schmelzeverdrängung zur Hohlraumausbildung aufgrund des hohen Volumenstroms und Druckes nicht verdampft, was für den WIT-Prozess von zentraler Bedeutung ist.

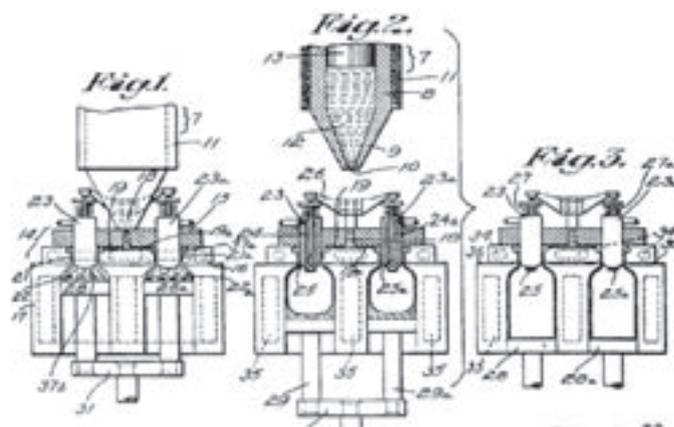


Bild 1: Das Ur-Patent zur Fluidinjektion?



Foto: IKV

Bild 2: Mobile WIT-Anlage des IKV (Prototyp)

Grundvoraussetzung für die WIT ist somit die Realisierung eines ausreichend hohen Wasservolumenstroms und die Ausbildung einer schmelzeverdrängenden Fließfront. Erst durch diese Prozessführung werden die Vorteile des flüssigen Prozessmediums wirksam. Die verwendete mobile Prototypenanlage des IKV (Bild 2) basiert auf dem Bypassprinzip mit einer Kolbenpumpe.

### WIT-Injektortechnik

Der Injektor stellt das wichtigste Bindeglied zwischen der WIT-Anlage und der Spritzgießmaschine bzw. dem Spritzgießwerkzeug dar. Deshalb sollen die unterschiedlichen Injektorkonzepte an dieser Stelle etwas genauer betrachtet werden. Bild 3 zeigt eine schematische Darstellung unterschiedlicher Injektoren des IKV, die allgemein für die Fluidinjektionstechnik und dabei insbesondere für die WIT geeignet sind.

### Selbstbetätigter Injektor

Der Injektortyp 1 stellt ein einfaches Konzept eines selbstbetätigten WIT-

Injektors dar. Durch den für die Wasserinjektion aufgebauten Wasserdruck wird ein kleiner Kolben gegen eine Druckfeder geschoben, so dass die Injektionsöffnung freigegeben wird, über die schließlich das Wasser in das Bauteil eindringen kann. Sobald der Wasserdruck zurückgenommen wird, drückt die Feder den Kolben in seine Ausgangslage zurück. Dieser verschließt so wiederum die Injektionsöffnung. Bild 4 zeigt die Einzelteile eines federbetätigten Injektors des IKV.

Verwendung findet dieser Injektortyp immer dann, wenn vorhandene GIT-Werkzeuge ohne großen konstruktiven, zeitlichen und finanziellen Aufwand umgerüstet werden sollen. Eine automatische Wasserrückführung aus dem geschlossenen Werkzeug ist in diesem Fall nicht möglich; das injizierte Wasser verbleibt im Formteil und wird zusammen mit diesem entformt. Ein weiterer Nachteil des selbstbetätigten Injektors ist die Spritzwassergefahr im Fall von Funktionsstörungen beim Betätigen des Injektors, beispielsweise durch Materialermüdung der Feder, Verklemmen des Kolbens etc. Der Injektortyp 1 eignet sich somit nicht für die Serienfertigung.

### Fremdbetätigte Injektoren

Bei den Injektortypen 2 und 3 handelt es sich um fremdbetätigte Injektoren, die im Wesentlichen den Nachteilen des selbstbetätigten Injektors (Typ 1) entgegen. Typ 2 basiert in Bezug auf den Verschlussmechanismus auf einem ähnlichen Prinzip wie Typ 1. Die Aufgabe des Kolbens übernimmt hier eine bewegliche Hülse, die sich in einer stationären Hülse befindet. Die innere (bewegliche) Hülse wird jedoch von der Unterseite mit Druckluft beaufschlagt, um die Injektionsöffnung zu verschließen. Durch den Wasserdruck wird die bewegliche Hülse in die untere Endlage bewegt, und gleichzeitig kann das Wasser durch die freigegebene Injektionsöffnung in das Bauteil einströmen. Ein auf dem Funktionsprinzip des Injektortyp 2 basierender WIT-Injektor wird bereits über die Firma Herzog AG, Wolfertswil, Schweiz, kommerziell vertrieben.

Im Gegensatz zu dem pneumatischen Konzept der Doppelhülse stellt Typ 3 einen hydraulisch betätigten Injektor dar. Über einen hydraulisch verfahrbaren Stift wird hier die Injektionsöffnung gezielt geöffnet und verschlossen. Die fremdbetätigten Injektoren gestatten, noch während sich das Formteil im geschlossenen Werkzeug befindet, eine automatische Wasserrückführung innerhalb des Spritzgießzyklus, was insbesondere für die Serienfertigung von besonderem Interesse ist. Die höchste Prozesssicherheit ist von Injektortyp 3 zu erwarten. Nachteilig hierbei ist jedoch die aufwändigere und kostenintensivere Werkzeugmodifikation. Auch besteht für die Umsetzung dieser Konzepte ein größerer Platzbedarf beim Einbau, was allerdings bei der Konstruktion von neuen Spritzgießwerkzeugen für die Fluidinjektionstechnik bereits im Vorfeld berücksichtigt werden kann.

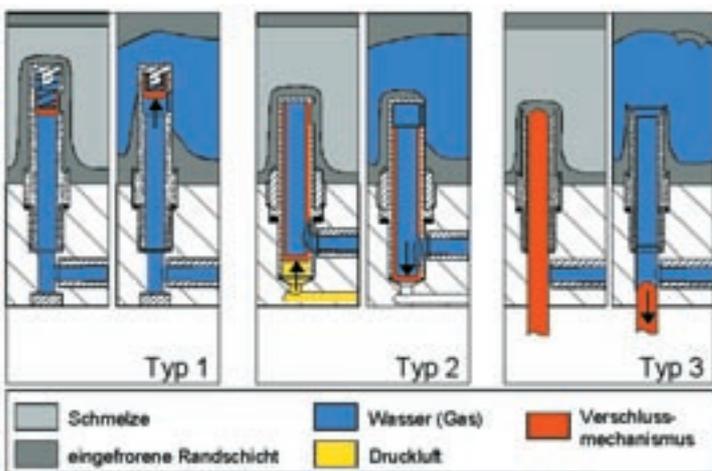


Bild 3: Schematische Darstellung von GIT-WIT-Injektoren

## Fazit und Ausblick

Die hier vorgestellte Anlagen- und Injektortechnik hat sich im Rahmen der Grundlagenuntersuchungen für einen Einsatz der WIT bewährt. Alle drei unterschiedlichen Injektorkonzepte wurden bereits umgesetzt und erprobt. Neben zahlreichen Versuchsgeometrien wurden am IKV auch bereits Untersuchungen an praxisrelevanten Bauteilen durchgeführt. Die WIT erweckt seitens der Maschinen- und Anlagenbauer sowie der kunststoffverarbeitenden Industrie ein großes Interesse, nicht zuletzt aufgrund der vielversprechenden Kühlzeitreduzierungen von bis zu 70 Prozent im Vergleich zur GIT. Aufgrund der positiven Resonanz aus der Industrie ist die Definition von Einsatzgebieten, die produktnahe Grundlagenforschung (Formteilbildungsprozess und -eigenschaften, Schwindung und Verzug etc.), sowie die Weiterentwicklung der Anlagen- und Injektortechnik sowie des Prozesses ein Schwerpunkt aktueller und zukünftiger Untersuchungen des IKV. Die WIT bietet noch ein hohes Optimierungs- und Entwicklungspotenzial.

Die Untersuchungen und Entwicklung der Wasserinjektionstechnik werden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e. V. (AiF) über das Initiativprogramm »Zukunftstechnologien für kleine und mittlere Unternehmen« finanziell gefördert.

## Die Autoren dieses Beitrags

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Walter Michaeli, geb. 1946, ist Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen und Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung.

Dipl.-Ing. Tim Jüntgen, geb. 1970, studierte Maschinenbau mit Schwerpunkt Kunststofftechnik an der RWTH Aachen. Er ist seit 1999 wissenschaftlicher Mitarbeiter des IKV in der Abteilung Spritzgießen. Dort beschäftigt er sich mit diversen Spritzgießsonderv Verfahren und leitet unter anderem die Arbeitsgruppe »Fluidinjektionstechnik«.

Dipl.-Ing. André Brunswick, geb. 1969, studierte Maschinenbau an der TU Braunschweig, der RWTH Aachen und am Rensselaer Polytechnic Institute, New York. Er war von 1996 bis 2000 als wissenschaftlicher Mitarbeiter des IKV in der Abteilung Spritzgießen tätig.

## Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Tim Jüntgen  
Telefon 02 41/80 39 81  
E-Mail [juentgen@ikv.rwth-aachen.de](mailto:juentgen@ikv.rwth-aachen.de)



Bild 4: Federbetätigte WIT-Injektoren

## Im nächsten FoKus - Newsletter

### Wir stellen uns vor

Das Fraunhofer IPK im Profil

### Aktuelles im Fokus

K'-Messevorbericht

Euromold-Messevorbericht

Veranstaltungen und Termine

### Bericht aus der Industrie

Fa. Otto Deuschle Modell- und Formenbau GmbH & Co. KG  
Wernau

Fa. Kläger Engineering - Formenbau -  
Spritzguß  
Dornstetten

### Projekte im FoKus

Multiassistentensystem für den  
Werkzeug- und Formenbau

Werkstoffauswahl und Oberflächen-  
behandlung zur Verarbeitung von  
NAWARO

Rotationsformen

Ligninverarbeitung

### FoKus-Service

Grenzen und Möglichkeiten der  
Hartbearbeitung

### Impressum

#### Herausgeber

Fraunhofer-Demonstrationszentrum  
Formen für die Kunststoffverarbeitung  
FoKus

#### Redaktionsanschrift

Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnologie IPT  
Steinbachstraße 17  
D-52074 Aachen  
Telefon 02 41/89 04-1 80  
Telefax 02 41/89 04-1 98

#### Redaktion

Dipl.-Ing. Carsten Freyer (verantwortlich)  
Ricarda Krause

#### Graphik, Layout

Ricarda Krause

#### Photos

Fraunhofer ICT  
Heidi Peters, Fraunhofer IPT

#### Druck

RHIEM Druck GmbH, Voerde

Nachdruck, auch auszusweise, nur mit voll-  
ständiger Quellenangabe und nach Rück-  
sprache mit der Redaktion. Belegexemplare  
werden erbeten.

# Die Institute des FoKus

## Ihre Ansprechpartner

Fraunhofer-Institut für  
Chemische Technologie ICT  
Dr.-Ing. Bernd Bader  
Telefon 07 21/46 40-4 08  
E-Mail [bba@ict.fhg.de](mailto:bba@ict.fhg.de)

Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnologie IPT  
Dipl.-Ing. Carsten Freyer  
Telefon 02 41/89 04-1 24  
E-Mail [freyer@ipt.fhg.de](mailto:freyer@ipt.fhg.de)

## Beteiligte Institute

Fraunhofer-Institut für  
Angewandte Polymerforschung IAP,  
Golm

Fraunhofer-Institut für  
Produktionsanlagen und  
Konstruktionstechnik IPK,  
Berlin

Fraunhofer-Institut für  
Schicht- und  
Oberflächentechnik IST,  
Braunschweig

Fraunhofer-Institut für  
Silicatiforschung ISC,  
Würzburg

Fraunhofer-Institut für  
Werkzeugmaschinen und  
Umformtechnik IWU,  
Chemnitz

Institut für  
Kunststoffverarbeitung IKV,  
Aachen

## Wie Sie uns finden

Fraunhofer-Demonstrationszentrum  
Formen für die Kunststoffverarbeitung  
Geschäftsstelle  
Dr.-Ing. Peter Elsner  
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7  
76327 Pfinztal (Berghausen)  
<http://fokus.fhg.de>

