

# 116 INNOVATIONS

>> Hennecke Kundenjournal für Technologien und Trends auf dem PUR-Markt



COVERSTORY

## Project R.A.C.E.

Serienfertigung von komplexen, strukturellen Hohlbauteilen

ENGINEERING

## Revolutionäres Austragssystem

Hennecke präsentiert den  
ZERO-AGE-APPLICATOR

PROJECTS

## Energieeffiziente Fertighäuser

System-Know-how von Hennecke  
und AutoRIM



### Termine

#### FEIPLAR + FEIPUR

Sao Paulo

16.11. - 18.11. 2016

#### FABTECH

Las Vegas

8.11. - 10.11.2016

#### POLYURETHANEX

Moskau

28.02. - 2.03.2017

#### JEC WORLD

Paris

14.03. - 16.03.2017

#### ISH

Frankfurt

14.03. - 18.03.2017

Stand: Oktober 2016

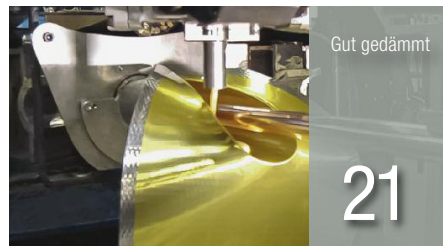
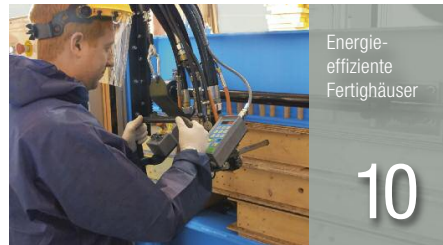
## Sehr geehrte Kunden, sehr geehrte Interessenten,

der Gesamtverbrauch von Polyurethan entwickelt sich weiterhin positiv. Allein bis 2019 werden jährlich 5,3 Prozent Wachstum erwartet. Analog dazu wächst auch die Polyurethan-Maschinenbaubranche jährlich um 4,5 Prozent. Eine Branche also, in der viel Bewegung steckt. Warum ist das rund 80 Jahre nach der erstmaligen Synthetisierung dieses vielseitigen Rohstoffs so selbstverständlich? Die Antwort ist einfach: Unternehmen wie die Hennecke GmbH treiben die Entwicklung in sämtlichen Anwendungsfeldern stetig voran – ganz gleich, ob hierbei eine erprobte Verarbeitungsmethodik weiterentwickelt wird, bekannte Werkstoffe durch Polyurethan substituiert oder aber völlig neue Produktansätze gesucht und gefunden werden. Dabei ist die enge Kooperation mit starken Partnern aus der Industrie für uns einer der wichtigsten Faktoren. Ein ideales Beispiel hierfür ist das „Project R.A.C.E“, bei dem komplexe Faserverbund-Hohlbauteile in rekordverdächtiger Zykluszeit realisiert werden (s. Seite 4). Diese Ausgabe unseres Kundenjournals INNOVATIONS hält jedoch noch weitere Beispiele für gelungenes Teamwork bereit: Zusammen mit unserem Partnerunternehmen AutoRIM Ltd. konnten wir durch eine umfassende Umrüstung der Produktion bei einem der größten Hersteller von Fertighaus-Elementen in Großbritannien absolut beeindruckende Verbesserungen der Dämmeigenschaften erzielen (s. Seite 10). Selbstverständlich verlassen wir uns bei der Entwicklungsarbeit nicht alleine auf starke Partner, sondern treiben vielversprechende Anwendungen auch gerne eigenständig voran. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Fertigung eines INSITU-Demonstrators im Hennecke-TECHCENTER, der zukünftig den Weg für langfaserverstärkte Kunststoffbauteile mit anforderungsgerichtetem Faserverbund ebnet (s. Seite 25). Die umfangreichen F&E-Kapazitäten von Hennecke schaffen aber auch ebenso ideale Voraussetzungen beim Optimieren unserer Maschinen- und Anlagentechnik. Hennecke-Ingenieure nutzen das für kleine und große Revolutionen. Ein neues Austragssystem für kontinuierliche Hart- und Weichschaum-Anwendungen ist ein solch entscheidender Fortschritt (s. Seite 18). Sie sehen, Innovation ist ein Garant für Wachstum. Gerne beweisen wir Ihnen dies bei Ihren Aufgabenstellungen und Produktideen. Jetzt wünsche ich Ihnen jedoch erst einmal interessante Einblicke bei der Lektüre unseres Kundenjournals.

Rolf Trippler

Geschäftsführer Vertrieb

# INHALT



## COVERSTORY

Serienfertigung von komplexen, strukturellen Hohlbauteilen 4

## PROJECTS

System-Know-how von Hennecke und AutoRIM 10

Umgießen von Fahrzeugscheiben mit Maschinenteknik von Hennecke und BBG 14

## ENGINEERING

Hennecke präsentiert den ZERO-AGE-APPLICATOR 18

Polyurethan-Hochdrucktechnik optimiert die Dämmeigenschaften von Kunststoffmantel-Verbundrohren 21

Herstellung thermoplastischer Faserverbundwerkstoffe im Spritzgusswerkzeug 25

## Impressum:

**Hennecke INNOVATIONS | 116**

**Herausgeber:**  
Hennecke GmbH, Sankt Augustin

**Konzept und Layout:**  
RE:PUBLIC, Unkel

**Redaktion:**  
Torsten Spiller

**Fotografie:**  
Hennecke GmbH, Torsten Spiller

**Druck:**  
Druckerei DMA, Bonn

**Gesamtauflage:**  
5.000 Exemplare

**Copyright:**  
Sämtliche Rechte vorbehalten.  
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung. Keine Haftung für Fehlerangaben.

## Project R.A.C.E.

Serienfertigung von komplexen, strukturellen Hohlbauteilen



**Reaction Application for Composite Ev**



olution

Die KTM 1290 Superduke R beeindruckt mit ihrem kraftvollen 1300 ccm, 170-PS-V-Motor und ihrer unglaublichen Beschleunigung. Das Motorrad ist eine Hochleistungsmaschine und deshalb der ideale Einsatzort für extrem leichte Hochleistungsbauteile. In Zusammenarbeit mit Top-Partnern der Branche kann Hennecke auf der K-Messe zum ersten Mal live einen Hochdruck-RTM-Leichtbauprozess präsentieren, der zukünftig Faserverbundbauteile in Form einer effizienten Serienapplikation an Stellen bringt, wo eine ganz besondere Performance benötigt wird.

**C**arbonbauteile sind bereits aus dem Motorsport bekannt. Im Rahmen des Project R.A.C.E. (Reaction Application for Composite Evolution) hat Hennecke zusammen mit seinen Partnern nun einen entscheidenden Entwicklungsschritt zur Industrialisierung der neuen CAVUS-Technologie von KTM Technologies geleistet, der es zukünftig erlaubt, sogar komplexe Faserverbund-Hohlbauteile im automatisierten Hochdruck-RTM-Prozess zu fertigen. Diese können in vielen weiteren integral gefertigten Faserverbund-Hohlbauteilen, wie beispielsweise Dachkonstruktionen, strukturführenden Konstruktionen oder sogar Mono-coque-Geometrien umgesetzt werden. Für die Superduke R soll nun ein Strukturbauteil in der CAVUS-Technologie hergestellt werden. Der zu substituierende Motorrad-Kennzeichenträger besteht aus

einer hohlen und verkleideten Stahlstruktur. Einerseits, um Gewicht einzusparen und andererseits, um im Inneren die Kabel für Blinker und Kennzeichenbeleuchtung unterzubringen. Gleichzeitig muss das Bauteil sehr steif sein, da sich im Betrieb enorme Belastungen ergeben. In herkömmlicher Bauweise wiegt der Kennzeichenträger mehr als 765 Gramm. Im Rahmen des Project R.A.C.E. fertigt Hennecke zusammen mit seinen Partnern das Bauteil bei gesteigerter Performance mit einem Gesamtgewicht von lediglich 265 Gramm. Das ist eine Gewichtsersparnis von über 60 Prozent! Stefan von Czarnecki, Director Sales & Business Development von KTM Technologies, erläutert den Anspruch des Unternehmens im Bereich Leichtbau: „Wettbewerbsfähiger Leichtbau ist für uns eine zentrale Zielsetzung bei der Entwicklung leistungsfähiger Produkte.“





Mit einem innovativen Team realisieren wir Bauteile in neuen Technologien und verschieben für unsere Kunden dabei stetig die Grenzen des Machbaren. Wir bei KTM Technologies setzen für unsere Entwicklungsprojekte auch auf leistungsfähige Partner, damit wir auch zukünftig beim Thema Leichtbau führend sind.“ Die Herausforderung für den neuen Kennzeichenträger liegt im Zusammenspiel der richtigen Auslegung gepaart mit einem produktionsgerechten Design des Bauteils und der Kombination von effizienten Verfahren auf Basis der innovativen CAVUS-Technologie von KTM Technologies. CAVUS bezeichnet die automatisierte Prozesskette für die Herstellung von strukturellen, komplexen Hohlbauteilen: von der Kernfertigung und Herstellung der Preforms mit Carbonfasern, beispielsweise in Flechttechnologie, über den HP-RTM-Prozess bis zum Auslösen des Kernmaterials. Hierdurch lassen sich ganz neue Gestaltungsmöglichkeiten in Design und Funktion realisieren. Der Prozess startet mit dem Sandkern. Genau wie beim Bau einer Sandburg benötigt man einen Binder, um dem Sand eine feste Form zu geben. Wie druckstabil eine solche Kernstruktur ist, erläutert Ivo Herzog, Geschäftsführer von H2K Minerals: „H2K Minerals ist in der Lage, komplexe Geometrien druckstabil mittels Sand herzustellen.“



*Sandkern von H2K Minerals:  
druckstabil, wasserlöslich  
und umweltfreundlich*





Carbonfaser-Flechtmaschine: exakt einstellbare Faserwinkel auch bei komplexen Bauteilgeometrien

Hierbei können die hergestellten Sandkerne einem enormen Injektionsdruck von bis zu 500 bar standhalten. Der verwendete Binder ist hierbei wasserlöslich, sodass der Kern am Prozessende ganz einfach mit herkömmlichem Wasser umweltfreundlich ohne jegliche Art von Lösemitteln herausgespült werden kann.“

Der zweite Teil ist der passgenaue Carbon-Preform. Dr. Stefan Carosella, Gruppenleiter Faserverbundtechnologie vom Institut für Flugzeugbau Stuttgart, erklärt die Herstellung: „Es handelt sich um einen Flechtprozess, bei dem die Carbonfasern um den Sandkern geflochten werden. Hierbei sind die Lage, der Winkel und die Ausrichtung jeder einzelnen Faser enorm wichtig, um nachher Kräfte, welche auf das Bauteil wirken, richtig aufzunehmen.“

Zur Herstellung von lang- und endlosfaserverstärkten flächigen Bauteilen kommt bisher das Harzinjektionsverfahren Resin Transfer Moulding (RTM) zur Anwendung. Dabei werden ungetränkte Verstärkungsfasern in Form eines vorkonfektionierten und konturnahen Preforms in ein Werkzeug eingelegt. Die Fasern können dabei verwoben oder gerichtet sein. Nach dem Schließen des Werkzeugs wird es mit einem reaktiven Harzsystem geflutet. Nach dem Aushärten des Bauteils lässt sich dieses aus dem Werkzeug entnehmen. Dieses Verfahren hat Hennecke durch die Entwicklung der HP-RTM-Technologie hinsichtlich der Zykluszeit bereits deutlich optimieren können.

Beim Project R.A.C.E. kommt als Matrixmaterial Vitrox® der Firma Huntsman, ein RTM-Polyurethan-Material mit dem sogenannten Snapcure-Effekt, zum Einsatz. Snapcure ermöglicht eine schnelle

und schlagartige Aushärtung von Vitrox®. „Das Project R.A.C.E. ist eine exzellente Plattform, in der High-Speed-PU-Matrixmaterialien wie Vitrox® ihre volle Performance unter Beweis stellen können“, sagt Hubert Reitberger, Product Manager Advanced Composite Resins von Huntsman Polyurethanes. „Selbsttrennende Systeme mit herausragenden mechanischen Eigenschaften, gepaart mit einstellbaren, auf die Zykluszeit optimierten Aushärtezeiten, sind der Schlüssel für die Serienfertigung mit kurzer Taktzeit.“



Präzise und sekundenschnelle Injektion des Rohstoffsystems: die Hennecke-STREAMLINE





*Automatisierte Entnahme des ausgehärteten Bauteils aus dem Werkzeug.*

Der HP-RTM-Prozess startet mit dem automatisierten Einlegen des vorgefertigten Preforms durch einen Roboter. Anschließend schließt die Presse das Werkzeug und der Injektionsprozess startet. Der gesamte Aushärtprozess dauert nur 125 Sekunden. Mit der elast 400 der Firma ENGEL steht dem Prozess eine äußerst kompakte Presse zur Verfügung. „ENGEL-Maschinen zeichnen sich durch höchste Präzision, Energieeffizienz und Zuverlässigkeit aus“, sagt Matthias Mayr, Leiter Projektmanagement und Anwendungstechnik im Technologiezentrum für Leichtbau Composites von ENGEL. „Gemeinsam mit unseren Automatisierungsmöglichkeiten bilden sie die ideale Basis für effektive Serienfertigung im Bereich der HP-RTM-Verarbeitung. In die Fertigungszelle haben wir eine elast 400 integriert, welche sowohl für automatisierten Betrieb, als auch für einen Laborbetrieb bestens geeignet ist.“

Auch an das Werkzeug werden hohe Ansprüche gestellt, weiß Gaetano Donizetti, Sales Manager beim Unternehmen PERSICO, zu berichten: „Man möchte damit eine gegenüber den Carbonfasern robuste, aber auch gleichzeitig hochpolierte Oberfläche realisieren. Dies ermöglicht die Fertigung von hochqualitativen Bauteilen und Oberflächen. Hierbei müssen die Entformbarkeit und die Injektionspunkte richtig gewählt werden.“

Eine Weltneuheit ist die Dichtung in diesem Werkzeug. Diese muss einem Forminnendruck von rund 100 bar dauerhaft standhalten. Hier kommt ein neues Dichtungsmaterial von Murtfeldt zum Einsatz. „Murtfeldt Kunststoffe ist stolz, erstmalig im Project R.A.C.E. ein Dichtungsmaterial zu präsentieren, welches dauerhaft den Forminnendrücken standhält und zum anderen resistent gegenüber

Beschädigungen von Restmaterialien oder gar Carbonfasern ist“, sagt Ralf Burghoff, Technischer Assistent der Geschäftsführung von Murtfeldt: „Murlock® ist ein weiterer Schlüssel zum Großserieneinsatz von Hochdruck-RTM-Prozessen.“

Zu guter Letzt spielt auch die Dosiermaschine eine wichtige Rolle. Die Hennecke STREAMLINE ermöglicht die präzise und sekunden-schnelle Injektion des Rohstoffsystems. Karolin Jacobs, Konstruktion Dosiermaschinen von Hennecke: „Die STREAMLINE Maschine bietet ein breites Spektrum an Besonderheiten, welche den HP-RTM-Prozess maßgeblich beeinflussen. Hierbei spielen Druck, Sensorik im Mischkopfauslauf, hydraulisch gesteuerte Nachdrückfunktion sowie Formfüllüberwachung zum Ausgleich von Preform-Gewichtsschwankungen wesentliche Rollen zum perfekten Bauteil.“

Das Project R.A.C.E. stellt beeindruckend unter Beweis, wie durch gemeinsame Anstrengungen hoch spezialisierter Projektpartner ein entscheidender Entwicklungsschritt im Bereich der Serienfertigung von Faserverbund-Hohlbauteilen auf Basis der CAVUS-Technologie getätigt werden kann. Für Rolf Trippler, Geschäftsführer Vertrieb Hennecke GmbH, steht die Projektarbeit deshalb nicht zuletzt stellvertretend für das Selbstverständnis des Polyurethan-Spezialisten: „Hennecke hat seine Technologieführerschaft in vielen Anwendungsbereichen stets auch durch enge Kooperation mit unterschiedlichsten Branchenführern erweitert. Das Project R.A.C.E. stellt dies beeindruckend unter Beweis. Hiermit möchte ich nochmals meinen Dank für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts an alle beteiligten Unternehmen ausdrücken.“

# Extrem energieeffiziente Fertighäuser

## System-Know-how von Hennecke und AutoRIM



Das Unternehmen Scotframe mit Sitz im schottischen Inverurie ist einer der größten Hersteller von Holzrahmen-Konstruktionen für den Bau von Fertighäusern im Vereinigten Königreich. Unter dem Markennamen Val-U-Therm vertreibt der Fabrikant ein variantenreiches System hochisolierender, vorgefertigter Fachwerk-Wand, Dach- und Fußboden-Elemente mit Polyurethan-Kern, die auch in den Bereichen Umwelt und Nachhaltigkeit punkten. Bei der Herstellung vertraut Scotframe bereits seit 2008 auf Maschinenteknik von Hennecke und AutoRIM. In der neuesten Variante Val-U-Therm „Plus“ konnten die ohnehin hervorragenden Dämmeigenschaften der Bauelemente nochmals wesentlich gesteigert werden und übertreffen damit sogar die Vorgaben des Passivhaus-Standards deutlich. Möglich wird dies durch die Installation neuer, hochpräziser Misch- und Dosiertechnik, die unter anderem die Verarbeitung des umweltfreundlichen Treibmittels Pentan ermöglicht.



*Einbringen des Polyurethan-Gemischs in den Hohlraum der Wandelemente mithilfe eines handgeführten Mischkopfs vom Typ MXL*

**V**al-U-Therm-Elemente von Scotframe sind ein Hybrid aus Holzrahmen und Structural Insulated Panels (SIP). Sie vereinen das "Beste aus zwei Welten" und basieren auf einer Holzrahmen-Konstruktion, die aus einem tragenden Gerüst aus Holzbalken besteht, das mit OSB-Platten von beiden Seiten beplankt und ausgesteift wird. Ähnlich wie bei den SIPs wird die Wärmedämmung im Hohlraum zwischen der inneren und äußeren Beplankung eingebracht, sitzt also in einer Ebene mit der Tragkonstruktion. Im Holzrahmenbau werden daher bei vergleichsweise geringen Wandstärken sehr gute Dämmwerte erreicht. Die Dach- und Bodenelemente werden nach dem gleichen Prinzip hergestellt. Ein großer Vorteil der Holzrahmen-Bauweise ist der hohe Vorfertigungsgrad. Da die Val-U-Therm-Elemente bereits mit hochwertiger Wärmedämmung, Fenstern, Türen und teilweise auch Fassaden vorproduziert werden, müssen die Bauelemente dann auf der Baustelle nur noch zusammengefügt werden. Da die Elemente in einem Spezialverfahren miteinander verbunden werden, lässt sich der Rohbau innerhalb von wenigen Tagen errichten. Durch die Trockenbauweise entfallen außerdem die sonst üblichen Trocknungszeiten während der Bauphase. Trotz der Verwendung erstklassiger Baumaterialien bieten die industrielle Vorproduktion der Wände und die sich wiederholenden Verbindungsdetails sogar wesentliche Kostenvorteile gegenüber der herkömmlichen Bauweise.

Seit acht Jahren setzt Scotframe in der Produktion der SIP-Bauelemente vom Typ Val-U-Therm-Hybrid-Eco auf Polyurethan-Maschinentechnik von Hennecke. Die dazugehörige hydraulische Presse vom Typ PANELFOAMER kommt vom Hennecke-Partnerunternehmen und Spezialisten für Systemintegration AutoRIM. Die Presse stellt über 150 Tonnen Schließkraft zur Verfügung und kann Elemente mit einer Größe von bis zu 8,1 m x 3,1 m aufnehmen.



*PANELFOAMER mit hydraulischer Hebeeinrichtung für den Transport der Bauelemente*





*Überlegene Produktionslösung für die Verarbeitung von Pentan: Die Pentane Process Technology und der PENTAMAT von Hennecke.*

Eine eigens von AutorIM entwickelte hydraulische Hebeeinrichtung sorgt für einen zuverlässigen Transport der Bauelemente in den PANELFOAMER hinein und wieder heraus. Um einen möglichst parallelen Hub zu ermöglichen, sind die Pressen standardmäßig mit einem Zahnstangen-Antriebssystem ausgerüstet. Trotz der hohen Druckzustände während des Schäumvorgangs ist die gesamte Konstruktion äußerst verwindungssteif.

Bei der Produktion der Val-U-Therm-Paneele werden in die Presse bis zu sechs Wandelemente liegend aufeinandergestapelt und durch den Pressdruck stabilisiert. In die vorgebohrten Einfülllöcher bringt ein Mitarbeiter mithilfe eines handgeführten Hennecke-Mischkopfs die exakt vorher berechnete Füllmenge des PUR-Gemischs in die jeweiligen Hohlräume der Wandelemente ein. Entlüftungslöcher lassen die Luft aus den Hohlräumen bei der Expansion des PUR-Schaums entweichen. Das Polyurethan geht mit den Deckflächen und Holzrahmen beim Aushärten eine vollständige Verbindung ein und isoliert daher nicht nur, sondern stabilisiert die Wand zusätzlich. Der Geschäftsführer von Val-U-Therm, Bryan Woodley, ist von der Maschinenteknik begeistert: „Die installierte Anlagentechnik von Hennecke und AutorIM hat vom ersten Tag an zuverlässig funktioniert.“

Durch die verstärkte Nachfrage nach immer effizienter isolierten Häusern und Bauweisen nach Passivhausstandard entschlossen sich die Val-U-Therm-Verantwortlichen, das Produkt-Lineup der

Hybrid-Eco-SIP-Bauelemente um eine noch besser isolierende Variante zu erweitern: Val-U-Therm „Plus“. Hierfür wurde die Produktion auf den Einsatz des Treibmittels Pentan umgerüstet. Mit Pentan lassen sich bei der Herstellung von PUR-Isolierungen aufgrund einer feineren Zellstruktur im ausgehärteten Schaum noch bessere Dämmeigenschaften bei gleichzeitig minimierten Auswirkungen auf die Umwelt realisieren. Neben einer optimierten Dämmung trägt der Einsatz von Pentan als Treibmittel darüber hinaus wesentlich dazu bei, das spezifische GWP (Treibhauspotenzial) der modernen Bauelemente wirksam zu senken. Bei der Gasbeladung mittels Pentan vertrauen die Fertighaus-Spezialisten auf die Treibmittel-Dosiereinrichtung PENTAMAT 30i. Anstatt einer direkten Treibmitteldosierung in der Mischkammer erfolgt die Verarbeitung mit Treibmittel-Dosiereinrichtungen vom Typ PENTAMAT im Batch-Verfahren innerhalb der Polyol-Komponente. Dabei lässt sich der Treibmittelanteil im Komponentenstrom extrem präzise, reproduzierbar und in einem weitgehend beliebigen Verhältnis variieren.

Eines war Woodley bei der „Pentanisierung“ der Produktion von Anfang an klar: „Bei der Verarbeitung von Pentan gibt es keinen Plan B. Du musst es von Anfang an richtig machen. Die Anlagentechnik und das ausgereifte Sicherheitskonzept von Hennecke genauso wie das langjährige Know-how von AutoRIM bei der Installation solcher Systeme haben uns überzeugt.“ Tatsächlich bietet Hennecke seinen Kunden mit der Pentane Process Technology (PPT) überlegene Sicherheitslösungen für die Verarbeitung von Pentan an.



Realisierung in Rekordzeit: komplexer Anbau an das "Meldrum House Country Hotel"

Bei der Produktion der Val-U-Therm-„Plus“-Paneele wird beispielsweise direkt vor dem Ausschäumen der Hohlräume der Bauelemente mithilfe von Stickstoff die Bildung gefährlicher Gaskonzentrationen wirksam verhindert. Der Anlagenbediener braucht dafür wie bisher nur das Austragsrohr des Mischkopfs in die Einfülllöcher zu stecken. Die Stickstoff-Dosierung vor dem Schaumeintrag wird automatisch passend zur jeweiligen Austragsmenge des Reaktivgemischs realisiert.



Unterbietet den Passivhaus-Standard um mehr als 40 Prozent: Das "Maryville Passive House"

Am Arbeitsablauf hat sich also nichts geändert Die Presse wurde von AutoRIM zudem mit zuverlässiger Pentan-Sensorik ausgerüstet. Neben der Umrüstung auf Pentan entschied sich das Unternehmen zudem für ein wesentliches Update der Dosiertechnik. Die AutoRIM-Spezialisten installierten in der Val-U-Therm-Produktion hierfür die Top-Klasse von Hochdruck-Dosiermaschinen: eine TOPLINE HK 720 mit

bis zu 1440 cm<sup>3</sup>/s Austragsleistung. Die hochmoderne Dosiermaschine kommt in Kombination mit einem luftgereinigten Mischkopf vom Typ MXL 14 zum Einsatz, der durch seinen hydraulischen Steuerschieber ein synchrones Umschalten zwischen Schuss und Rezirkulation ermöglicht. In Kombination mit einer optimierten Mischkammergeometrie sorgt dies für eine präzise Einhaltung der Schussgewichte und eine gleichbleibend hohe Produktqualität. Abgerundet wird das Paket durch eine automatisierte Entnahmestation für die Rohstoffe.

Die Summe der Maßnahmen schlägt sich in einer absolut beeindruckenden Verbesserung der Dämmwerte beim Endprodukt nieder. So hat sich der Lambda-Wert gegenüber den herkömmlichen Val-U-Therm-Elementen von 0.025 auf beachtliche 0.023 abgesenkt. Erste kommerzielle Anwendungen der Val-U-Therm-„Plus“-Bauelemente machen das Potenzial der Bauelemente deutlich. Ein gelungenes Beispiel ist das Maryville Passive House im schottischen Loch Lomond. Hier sorgen die Val-U-Therm-„Plus“-Bauelemente für eine hochgedämmte, luftdichte und wärme-brückenfreie High-Tech-Außenhülle. In Kombination mit weiteren konstruktiven Maßnahmen konnte der jährliche Energiebedarf auf 69 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr gesenkt werden. Damit unterbietet der Heizenergie-Verbrauch des Maryville Passive House den Passivhaus-Standard (120 kWh/m<sup>2</sup>a) um mehr als 40 Prozent. Ein weiteres Beispiel ist die Realisierung eines komplexen Anbaus an das Meldrum House Country Hotel im schottischen Oldmeldrum. Hier wurde in Rekordzeit ein Festsaal für bis zu 200 Personen errichtet, dessen Außenhülle ebenfalls komplett aus Val-U-Therm-„Plus“-Bauelementen besteht und ebenso beeindruckende Werte beim Energie-Einsparpotenzial erzielt.



## Glasumguss aus einer Hand

Umgießen von Fahrzeugscheiben mit Maschinenteknik von Hennecke und BBG



Einer der aktuellen Trends bei Neufahrzeugen ist die Ausstattung mit Schiebe- und Panoramadächern aus Glas. Bei der Herstellung dieser Dächer setzt man das Glasumguss-Verfahren ein. Dabei werden Fahrzeugscheibe und Befestigungsbleche in einem Werkzeug mit einer harten Polyurethan-Variante umgossen, sodass ein einbaufertiges Bauteil entsteht. Bisher mussten sich die Hersteller der Dachgläser die Fertigungstechnologie bei unterschiedlichen Herstellern selbst zusammenstellen und anpassen. Bereits seit 2015 bietet der Systemlieferant BBG mit der GlassLine die weltweit erste speziell zum Umgießen von Fahrzeugscheiben konzipierte Polyurethan-Gießmaschine an. In Kombination mit den hochwertigen BBG-Formenträgersystemen und BBG-Werkzeugen können Anwender damit auf effiziente Komplettlösungen zurückgreifen.



*Komplettlösung für das Umgießen von Fahrzeuggläsern:  
GlassLine-Dosiermaschine und BFG-Formenträgersystem BFT-P V7*

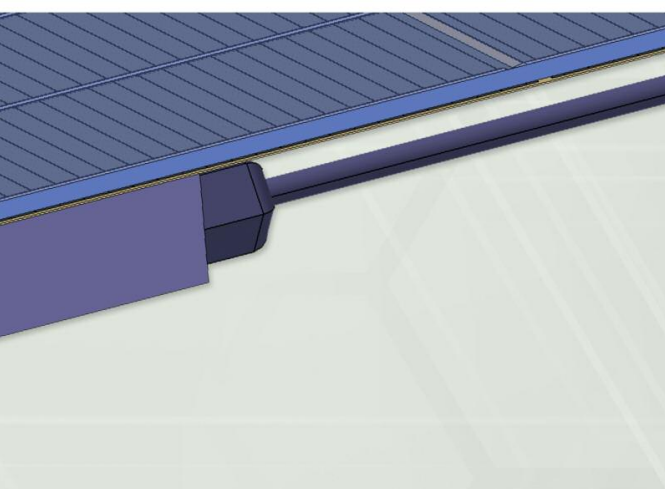
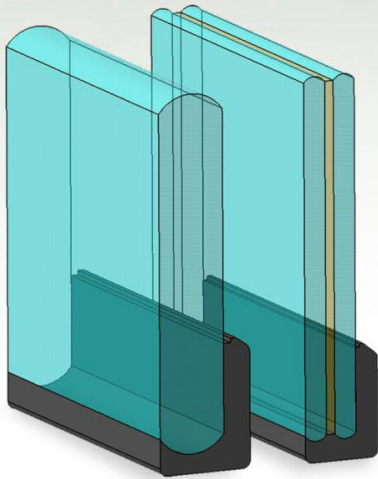
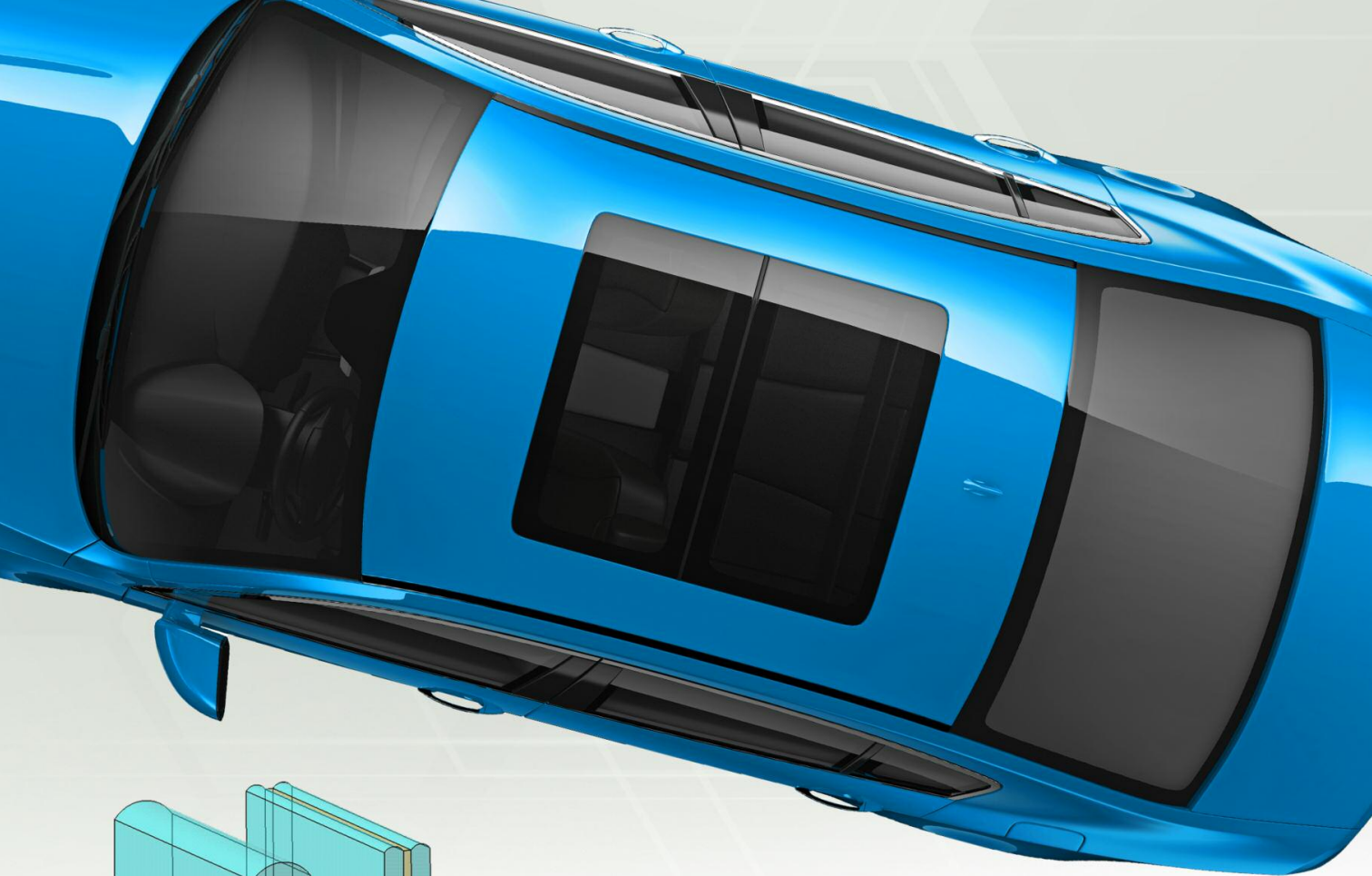
**D**er Werkzeug-, Maschinen- und Anlagenbauer BBG ist dank der GlassLine mit der bewährten Hennecke-Technologie in der Lage, Komplettlösungen für das Umgießen von Fahrzeuggläsern aus einer Hand anzubieten. Durch die enge Zusammenarbeit der beiden Partner und gemeinsame Standards kann BBG jetzt für Gesamtanlagen eine durchgängige hohe Qualität garantieren. Bislang konnte das Unternehmen diese Gewähr nur für die Formenträgersysteme und Werkzeuge zur Polyurethanverarbeitung geben, die es seit vielen Jahren sehr erfolgreich in Mindelheim entwickelt, fertigt und in der ganzen Welt vertreibt. Hans Brandner, geschäftsführender Gesellschafter von BBG, ist von den Marktchancen der Innovation überzeugt: „Die GlassLine ist ein technologisches Spitzenprodukt und weltweit einzigartig. Sie vereint die umfassende Erfahrung unseres Partners Hennecke bei Reaktionsgießmaschinen mit unserem langjährigen Know-how beim Umgießen von Fahrzeugscheiben. Damit definieren wir einen neuen Standard beim Glasumguss.“

Die Zweikomponenten-Dosiermaschine ist in ihrer Standardausführung als „GlassLine 650/270“ für eine maximale Ausbringungsmenge von 650 cm<sup>3</sup>/s Polyol und 270 cm<sup>3</sup>/s Isocyanat ausgelegt. Damit lassen sich rund 80 Prozent aller PKW- und Nutzfahrzeugscheiben umgießen. Sondervarianten der GlassLine für Gläser in Cabriostoffverdecken mit anderen Mischungsverhältnissen und Leistungen werden ebenfalls angeboten. Die GlassLine basiert auf einer TOPLINE-Dosiermaschine von Hennecke, die in enger Zusammenarbeit mit BBG speziell für das Glasumgießen optimiert wurde. Die Maschinen der TOPLINE-Baureihe bieten hochwertige Dosier- und Mischtechnik mit erstklassigen Dosierpumpen. Durch den modularen Aufbau können sie problemlos für eine höhere Produktionskapazität nach dem Plug-and-play-Prinzip erweitert werden.

Sie lassen sich einfach auf bis zu acht Gussplätze ausbauen. Alle Prozessparameter werden standardmäßig erfasst und dokumentiert, sodass eine lückenlose Qualitätskontrolle möglich ist. Bei der Entwicklung der GlassLine wurde besonderes Augenmerk auf die Anwenderfreundlichkeit gelegt. Neben einem ergonomischen Maschinen-Layout profitieren Bediener von dem innovativen Steuerungskonzept WINTRONIC. Dieses garantiert eine maximale Maschinenverfügbarkeit durch integrierte Sicherheit-, Hilfe- und Troubleshooting-Funktionen. Neben der Prozessdatenerfassung besteht die Möglichkeit, die Steuerung in übergeordnete Produktionssysteme einzubinden. Ein großes Touchscreen-Panel der neuesten Generation mit ergonomischer und intuitiver Bedienoberfläche sorgt für eine logische und einfache Darstellung der komplexen Prozesse dank nutzerorientierter Visualisierung. Ausgestattet ist die GlassLine mit einem Hennecke-Mischkopf des Typs MT 12-2, der über eine strömungsoptimierte Düsengeometrie verfügt. Dadurch wird ein perfektes Mischergebnis erreicht. Gleichzeitig können die Komponenten Polyol und Isocyanat mit einem geringeren Druck eingeleitet werden, wodurch der Energieverbrauch gegenüber herkömmlichen Modellen um 30 Prozent sinkt. Mit einer einfachen Adapterplatte lässt sich der Mischkopf leicht an alle auf dem Markt befindlichen Werkzeuge montieren. Seit dem Start der Projektzusammenarbeit in 2015 hat BBG bereits mehrere Komplettanlagen verkauft. Unter anderem an Autoglasveredler in Ungarn, Tschechien, China und den USA.







Das Glassumguss-Verfahren kommt auch bei regendichten Inroof-Photovoltaikmodulen (z. B. für Carports) zum Einsatz.

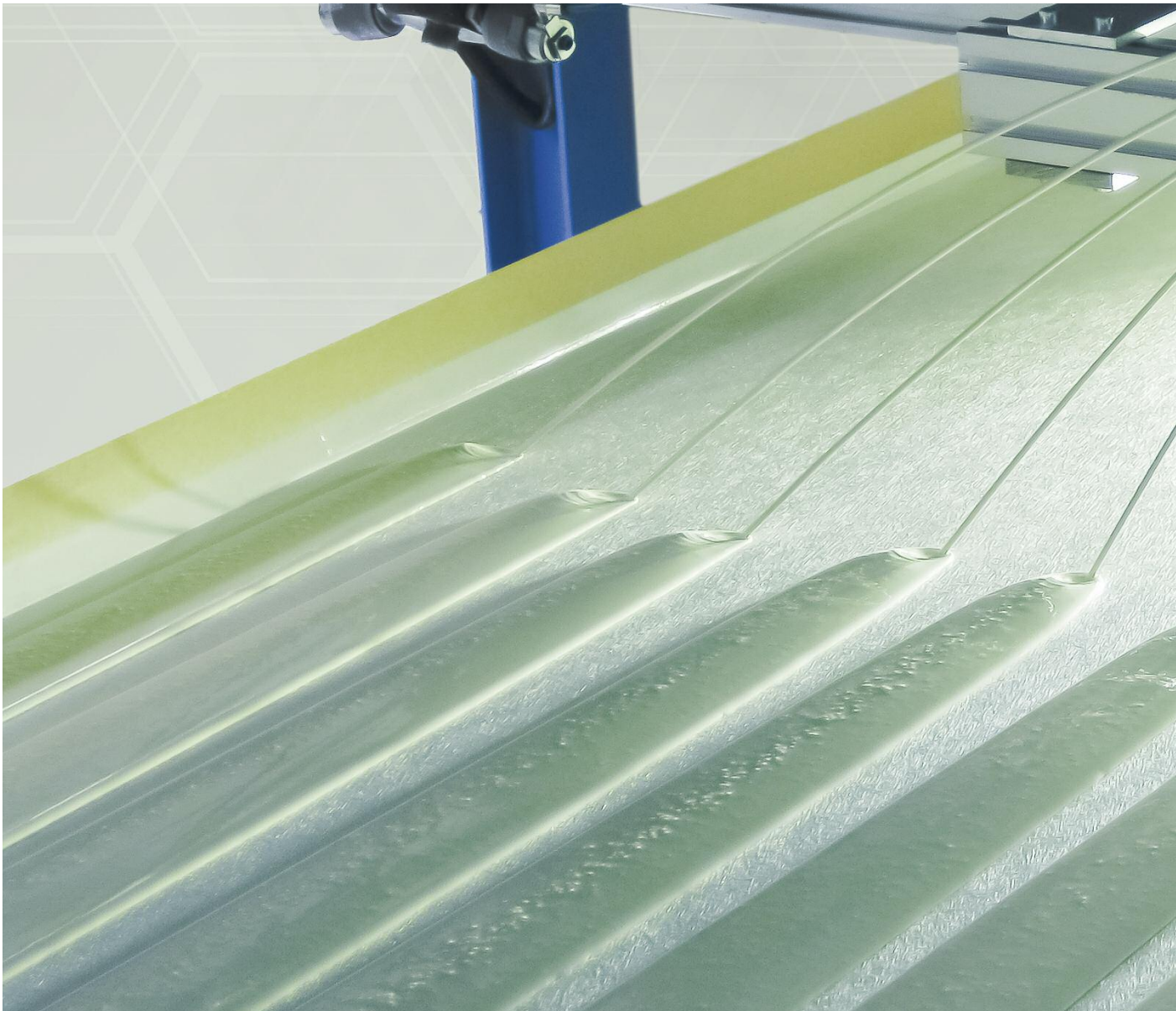
**i** **BBG**

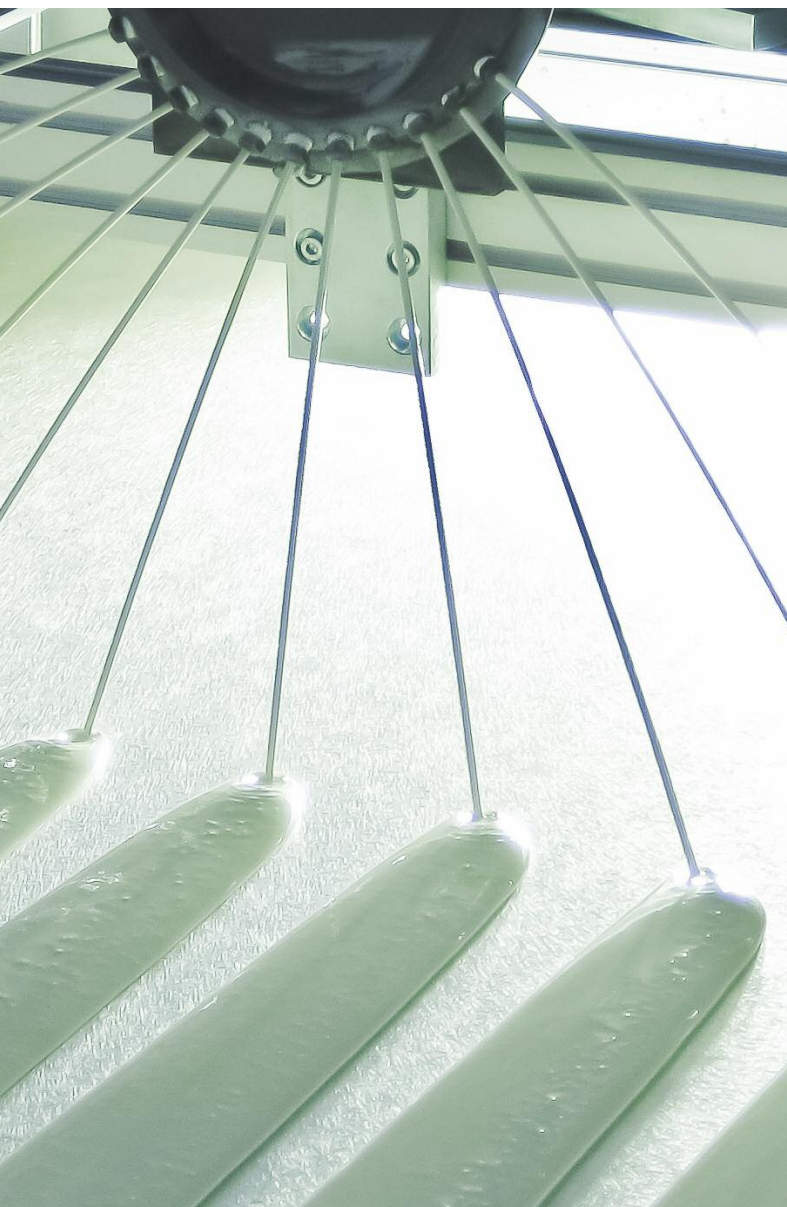
Der Werkzeug-, Maschinen- und Anlagenbauer BBG GmbH & Co. KG ist ein ausgewiesener Spezialist für die Kunststoff-verarbeitende Industrie mit Schwerpunkt Polyurethan. Das von dem geschäftsführenden Gesellschafter Hans Brandner geführte Familienunternehmen aus Mindelheim im Allgäu beliefert seine Kunden weltweit, wobei der asiatische Markt neben Europa und Nordamerika eine wichtige Rolle spielt. In 2015 erwirtschaftete BBG mit rund 150 Mitarbeitern weltweit einen Umsatz in Höhe von rund 23 Mio. Euro.



# Hennecke präsentiert den ZERO-AGE-APPLICATOR

Revolutionäres Austragssystem für kontinuierliche  
Weich- und Hartschaumanwendungen



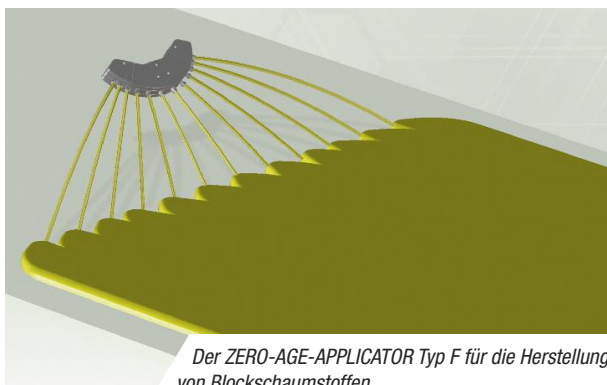


Wenn es um die kontinuierliche Herstellung von hochwertigen Weichschaumstoffen für die Möbelindustrie geht, gilt Hennecke seit Jahren als Weltmarktführer. Mehr als 600 verkaufte Anlagen und Generationen zufriedener Kunden weltweit sprechen eine eindeutige Sprache. Aber auch Anlagen für die kontinuierliche Verarbeitung von Polyurethan-Hartschaum zur Herstellung von Sandwich-Panel-Dämmelementen mit flexiblen Deckschichten gelten im Markt als unangefochtener Standard für eine effiziente und flexible Produktion. Mit dem neuen Zero-Age-Applicator präsentieren die Polyurethan-Spezialisten von Hennecke nun ein revolutionäres Verteilsystem, das sowohl bei Hartschaum-, wie auch bei Weichschaumanwendungen eine überzeugende Alternative zu den bisher verfügbaren Austragssystemen darstellt.

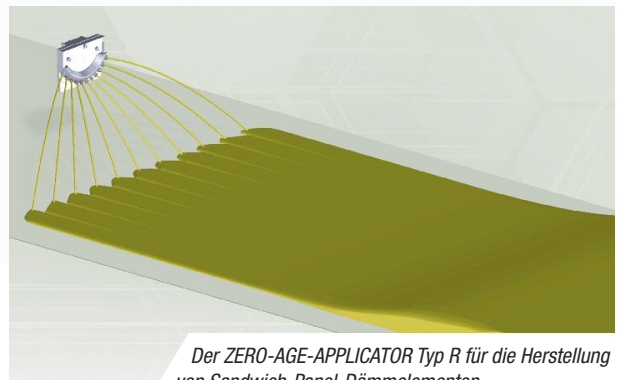


**B**ei der Entwicklung des neuen Austragssystems lag das Augenmerk auf der Art und Weise, wie das flüssige Rohstoffgemisch innerhalb der Produktionsstrecke aufgebracht wird. Gefordert ist hierbei eine gleichmäßige Verteilung über die gesamte Schäumbreite bei einer exakt gleichzeitig startenden Schaumreaktion. Der möglichst idealen Kombination dieser zwei Eigenschaften begegnen bisherige Austragssysteme entweder mit dem Einsatz von mehreren Mischköpfen oder unterschiedlichen mechanischen Verteilsystemen.

Der Zero-Age-Applicator, den Hennecke in zwei speziell angepassten Varianten anbietet, ermöglicht nun eine entscheidende Verbesserung und kommt dem angedachten Ideal in diesem Zusammenspiel ein wesentliches Stück näher. Hierbei kommen gleich mehrere Düsen zum Einsatz, die im Austragsorgan halbkreisförmig angeordnet sind. Das homogen vermischte Material wird dabei in mehreren Strahlen über die gesamte Schäumbreite auf die Bodenbahn aufgebracht. Entscheidend ist, dass die Reaktion über die gesamte Breite ebenso homogen startet. Genauer gesagt: In einer gedachten Linie bilden sich die Schaumzellen ohne zeitliche Verzögerung, eben mit einer „Zero-Age-Difference“.



Der ZERO-AGE-APPLICATOR Typ F für die Herstellung von Blockschaumstoffen



Der ZERO-AGE-APPLICATOR Typ R für die Herstellung von Sandwich-Panel-Dämmelementen

Im Bereich von kontinuierlich hergestellten Sandwich-Panel-Dämmelementen ermöglicht dies eine extrem homogene Schaumstruktur und somit eine Verbesserung der isolierenden Eigenschaften des PU-Hartschaums. Zudem konnte die Standzeit gegenüber herkömmlichen Austragssystemen optimiert werden. Bei der Herstellung von Blockschaumstoffen sorgt das neue System neben einer optimierten Rohstoffeffizienz darüber hinaus für eine deutliche Verkürzung von Übergangsstücken bei Rezeptur- oder Farbwechseln und somit letztlich für weniger Verschnitt. Durch umfangreiche Strömungssimulationen sowie vielfältige Testläufe unter realen Produktionsbedingungen – u. a. auch hinsichtlich einer einfachen Handhabung, Reinigung sowie Wiederverwendbarkeit – konnte das neue System sukzessive für eine breite Auswahl von Anwendungen marktreif entwickelt werden. Hennecke beweist damit erneut seine uneingeschränkte Fachkompetenz bei kontinuierlichen Produktionslösungen im PU-Sektor.

## Gut gedämmt

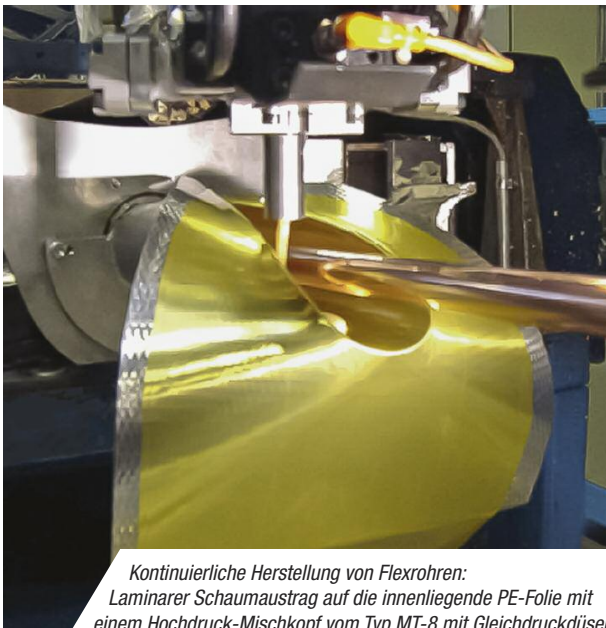
Polyurethan-Hochdrucktechnik optimiert die Dämmeigenschaften von Kunststoffmantel-Verbundrohren

Kraft-Wärme-Kopplung lautet das Schlagwort, wenn es um die Zukunft der Energieerzeugung geht. Um Rohstoffe und CO<sub>2</sub> einzusparen, soll die bei der Stromgewinnung anfallende Restwärme nicht mehr ungenutzt in Kühltürmen entweichen, sondern als Fernwärme beziehungsweise Fernkühlung genutzt werden. Damit die Wärme oder Kühlung auch dort ankommt, wo sie gebraucht wird, sind isolierte Rohre notwendig. An diese sogenannten Kunststoffmantel-Verbundrohre werden immer höhere Ansprüche im Bereich der Dämmung gestellt. Hennecke-Hochdruck-Dosiermaschinen für die Verarbeitung von Polyurethan (PUR) stellen die hohe Qualität sicher.



Die PUR-Spezialisten von Hennecke erwarten im Bereich von gedämmten Rohrsystemen in den kommenden Jahren einen stark wachsenden Markt. Dabei gewinnt ein Faktor zunehmend an Bedeutung: der Energieverlust über die Zeit. Auch die Betriebskosten eines Rohrnetzes spielen eine immer größere Rolle. Effiziente Systeme sorgen dafür, dass die beförderte Energie nahezu ohne Verlust ankommt. Deswegen sind Rohre mit sehr hohen Dämmeigenschaften immer gefragter. Zudem werden weltweit diverse Anstrengungen zum Klimaschutz unternommen und Unternehmen können somit gleichzeitig dazu beitragen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen wirksam zu reduzieren. Vorgeädmete Rohrsysteme kommen neben der Fernheiztechnik auch bei On- und Offshore-Anwendungen für den Transport von Trinkwasser sowie bei Öl- und Gasprodukten, in der Prozessindustrie und im Schiffsbau zum Einsatz.

Die europäischen Regierungen und die Europäische Union fördern seit einigen Jahren die Kraft-Wärme-Kopplung. Es ist zu erwarten, dass sich diese Technik auch verstärkt in Osteuropa und anderen Teilen der Welt durchsetzen wird. Moderne Kraft-Wärme-Kopplungs-Kraftwerke beispielsweise in Dänemark haben heute einen Gesamtnutzungsgrad von mehr als 75 Prozent. Viele herkömmliche Kraftwerke in Europa ohne Kraft-Wärme-Kopplung weisen dagegen lediglich einen Nutzungsgrad zwischen 25 und 30 Prozent auf, da hier die Restwärme nicht genutzt wird.



*Kontinuierliche Herstellung von Flexrohren:  
Laminarer Schaumaustzug auf die innenliegende PE-Folie mit  
einem Hochdruck-Mischkopf vom Typ MT-8 mit Gleichdruckdüsen*

Die für die Fernwärmenetze notwendigen Kunststoffmantel-Verbundrohre gibt es als sechs, zwölf oder sechzehn Meter Stangenware. Sie bestehen aus unterschiedlichen Materialien. Das Medienrohr wird aus Stahl, Kupfer oder Kunststoff gefertigt, die Wärmedämmung aus geschäumtem Polyurethan (PUR) und das Mantelrohr in den meisten Fällen aus Polyethylen (PE). Das Medienrohr reicht auf beiden Seiten über den Mantel hinaus, um die Rohre auf der Baustelle miteinander fügen zu können. Nachdem die Medienrohre verbunden sind, wird eine PE-Muffe über die mantelfreie Stelle geschoben und der Hohlraum mit PUR ausgeschäumt.

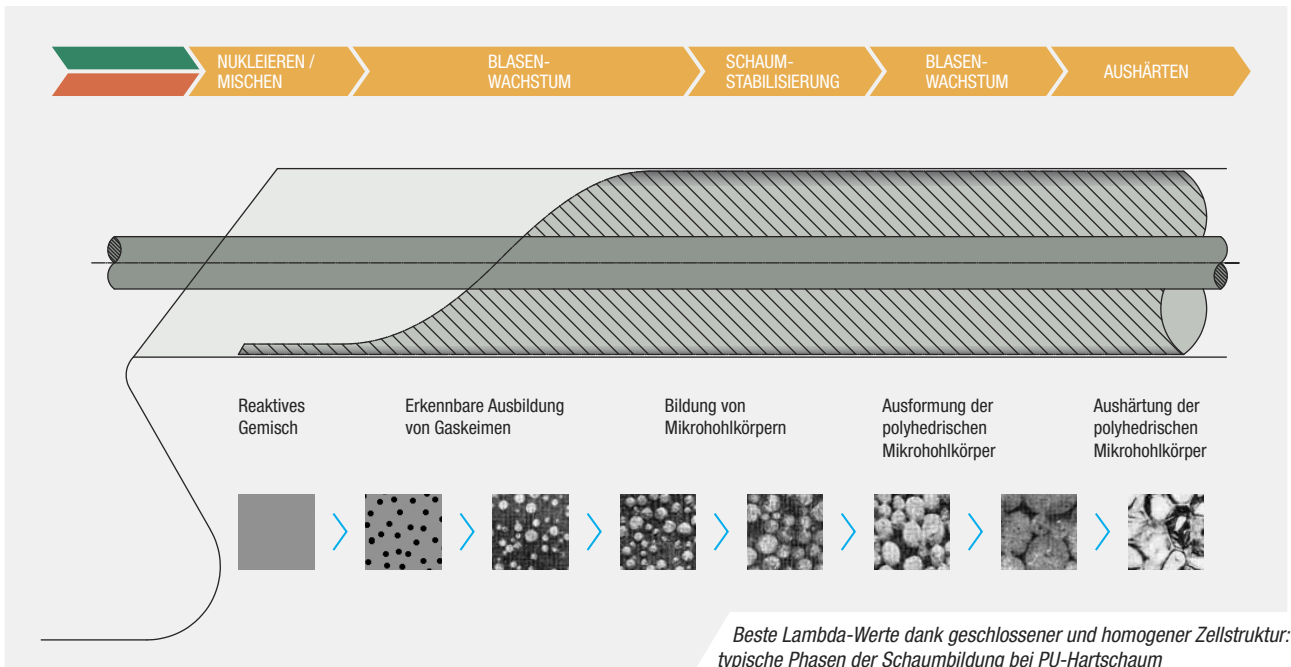
Mittlerweile hat PUR bei der Rohrisolierung klassische Materialien wie Mineralwolle verdrängt. Der wichtigste Grund dafür ist der geringe Lambda-Wert. Darunter versteht man die Wärmeleitfähigkeit von Stoffen. Je kleiner die Wärmeleitfähigkeit, desto besser ist die Wärmedämmung. Mit Lambda-Werten von 0,020 bis 0,035 W/(mK) – je nach Treibmittel – ist Polyurethan vielen anderen Dämmstoffen überlegen. Zieht man neben den ausgezeichneten Lambda-Werten auch noch die höhere Langlebigkeit von PUR-gedämmten Rohren in Betracht – sie beträgt durchschnittlich 30 Jahre – kommt im Laufe der Zeit eine beträchtliche Energieeinsparung zusammen. Umgekehrt erlaubt der bessere Dämmwert, die Dämmstärken und damit die Kosten für die Rohrproduktion zu reduzieren. Außerdem ist aufgrund der verringerten Dämmstärken der Transportaufwand geringer und die Rohrverlegung einfacher.

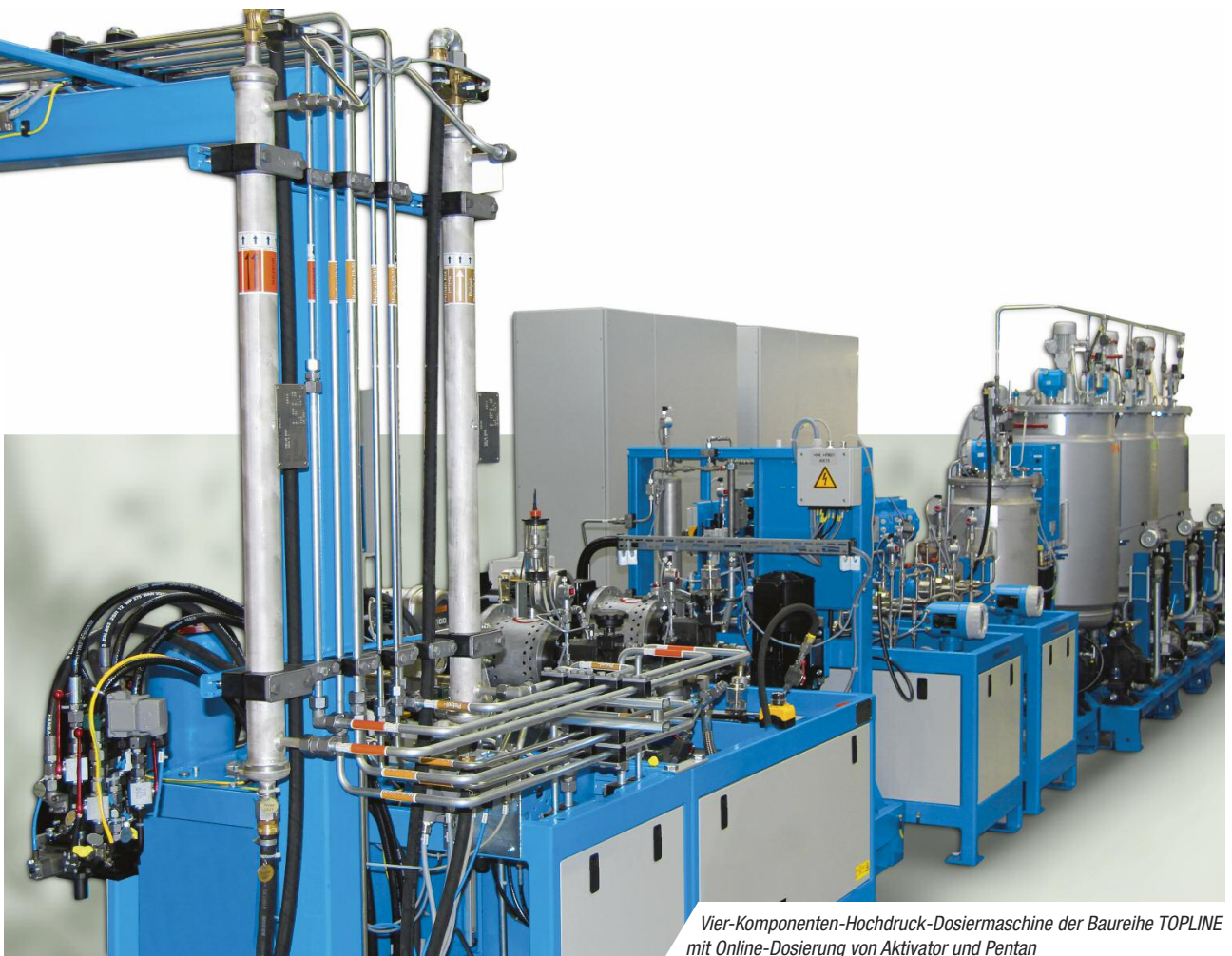
### Verschiedene Herstellverfahren

Zur Fertigung der isolierten Rohre kommen kontinuierliche oder traditionelle Verfahren zum Einsatz. Bei den traditionellen Verfahren erfolgt die Rohrproduktion einzeln in festen Längen. Dabei wird das Medienrohr mit Abstandshaltern versehen und anschließend ein PE-Mantelrohr aufgezogen. Danach wird in den Hohlraum zwischen Medien- und Mantelrohr, die sich in einer leicht geneigten Ebene befinden, der PUR-Schaum mit hoher Geschwindigkeit eingetragen, der sich nachfolgend von unten nach oben ausbreitet. Die Herausforderung bei diesem Verfahren besteht darin, eine möglichst große Menge reaktives Gemisch in einer vorgegebenen Zeit in das Rohr zu füllen. Gleichzeitig müssen Turbulenzen beim Füllvorgang wirksam vermieden werden, um möglicher Lunkerbildung oder Dichteschwankungen und somit einer ungleichmäßigen Dämmung vorzubeugen. Der Hennecke-MXL-Mischkopf bietet dazu alle Möglichkeiten. Das traditionelle Verfahren kommt meistens bei Kleinserien zum Einsatz, da es das geringste Investitionsvolumen aufweist und gleichzeitig am flexibelsten und zudem einfach um- und aufrüstbar ist.

Um die Qualität in der Einzelfertigung zu verbessern, hat Hennecke die Mischkopfziehtechnik entwickelt. Bei diesem Verfahren wird – ähnlich wie bei der traditionellen Fertigung – der PUR-Schaum in den Hohlraum zwischen Medien- und Mantelrohr eingebracht. Medien- und Mantelrohre werden jedoch nicht mit Abstandshaltern zentriert, sondern ineinander verschoben und statisch fixiert. Danach wird ein Mischkopf, der am Ende eines Lanzensystems befestigt ist, in den Hohlraum eingeführt. Beim anschließenden Herausziehen trägt der Mischkopf ein sehr schnell reagierendes Schaumsystem gleichmäßig über die gesamte Rohrlänge aus. Der Schaum muss keine Längs- beziehungsweise Fließbewegung vollziehen. Durch den laminaren Gemischauftrag wird im Rohr eine gleichmäßige Verteilung der Dichte von  $58 \text{ kg/m}^3$  und des Lambda-Wertes von bis zu  $0,022 \text{ W/(mK)}$  erzielt. Diese Homogenität führt gegenüber dem traditionellen Verfahren zu einer Rohstoffeinsparung zwischen 10 bis 15 Prozent. Denn bei der herkömmlichen Fertigung muss – um überall im Rohr eine definierte Kerndichte zu erreichen – entsprechend mehr Schaum eingegossen werden. Heute werden mit der Mischkopfziehtechnik vor allem Rohre mit kleinerer bis mittlerer Nennweite für Fernwärmeleitungen und Pipelines produziert. Der Gemischauftrag bei der Mischkopfziehtechnik erfolgt mit dem speziell entwickelten Hochdruckmischkopf vom Typ MRL, dessen Geometrie an den Rohrquerschnitt angepasst ist.

Die Baureihe MRL wird druckluft-gereinigt und ist mit federge-spannten, druckgesteuerten Düsen ausgerüstet. Diese ermöglichen eine variable Gestaltung der Austragsleistung bei laufender Produktion und gleichbleibendem Mischdruck sowie eine abrufbereite Zirkulation der Materialien im Niederdruckkreislauf ohne zusätzliche Schalt-elemente am Mischkopf. Beim kontinuierlichen-Verfahren werden die Rohre endlos statt einzeln gefertigt und nach dem Abkühlen auf die gewünschten Längen zugeschnitten. Zunächst werden die Innenrohre endlos fixiert. Parallel dazu wird eine Folie u-förmig vorgeformt. Im nächsten Schritt gießt ein Mischkopf den PUR-Schaum auf die Folie. Anschließend wird die gefüllte Folie geschlossen, sodass sie das Innenrohr ummantelt. Danach durchläuft das Rohr zusammen mit der Folie und dem aufsteigenden Schaum eine Kalibriereinrichtung, in der die Aushärtung erfolgt. Als Nächstes wird das schaum-isolierte Rohr durch einen Extruder geführt, in dem es mit Polyethylen ummantelt wird. Während der gesamten Fertigung wird das Rohr gleichmäßig gezogen. Der PUR-Schaum muss lediglich aufsteigen und nicht wie beim traditionellen Verfahren einen Fließweg zurücklegen. Dadurch wird eine gleichmäßige Dichteverteilung und Dämmung erreicht. Um die Dämmqualität noch weiter zu verbessern, passt die Anlagensteuerung die PUR-Rezeptur permanent der Umgebungstemperatur an. Auch die Schaumfront wird überwacht und fließt mit in den Regelkreis der Anlage ein.





Vier-Komponenten-Hochdruck-Dosiermaschine der Baureihe TOPLINE mit Online-Dosierung von Aktivator und Pentan

### Höhere Vermischungsqualität

In der Vergangenheit wurden die PUR-Komponenten Polyol und Isocyanat beim kontinuierlichen Herstellungsverfahren mit der Niederdrucktechnologie vermischt. Die Vermischung erfolgte in diesem Fall mit einem dynamischen Rührwerk, an dem sich im Laufe der Zeit jedoch Ablagerungen bildeten. Diese reduzierten die Vermischungsenergie und damit auch die Vermischungsqualität. Durch den Austritt von Pentan in der Mischkammer kam es außerdem zu einer ungleichmäßigen Zellstruktur. Weitere Nachteile waren Lufteinschlüsse durch den Rührer, die notwendige Reinigung des Mischkopfs mit Lösemitteln bereits nach kurzer Betriebsdauer sowie die fehlende Möglichkeit, die Austragsleistung während der laufenden Produktion variabel zu gestalten. Bei der Hennecke-Hochdrucktechnologie werden Polyol und Isocyanat dagegen mit hoher Energie nach dem Gegenstrominjektionsprinzip verdüst. Dadurch werden deutlich bessere Vermischungsqualitäten erzielt. Auch Pentan lässt sich hierbei wesentlich exakter zudosieren. Die PUR-Schaumstoffe weisen eine durchgehend homogene Zellstruktur auf.

Die Zellgrößen sind kleiner und besser verteilt als bei der Niederdrucktechnologie. Auch das Betreiben der Anlagen ist wesentlich komfortabler: große Variabilität der Austragsleistungen, einfaches Zudosieren von Zusatzkomponenten wie Aktivatoren, weniger Reinigungsaufwand in der Mischkammer und Wegfall von Lösemitteln.

Hennecke beliefert seit zwei Jahrzehnten führende Rohrproduzenten in ganz Europa mit hochwertigen Fertigungsanlagen und ist mit 14 installierten, kontinuierlich-fertigenden Anlagen der Marktführer in diesem Bereich. Der Spezialist für Polyurethan-Technologie bietet für alle gängigen Verfahren zur Herstellung PUR-gedämmter Rohre das entsprechende Equipment – einschließlich der Verarbeitung von Cyclopentan mit der patentierten Pentane Process Technology (PPT). Je nach Fertigungsverfahren und individuellen Kundenanforderungen stehen Hochdruck-Dosiermaschinen vom Typ TOPLINE HK in unterschiedlichen Baugrößen, mit unterschiedlichen Vormisch-einrichtungen sowie verschiedenen Mischkopftypen zur Verfügung.

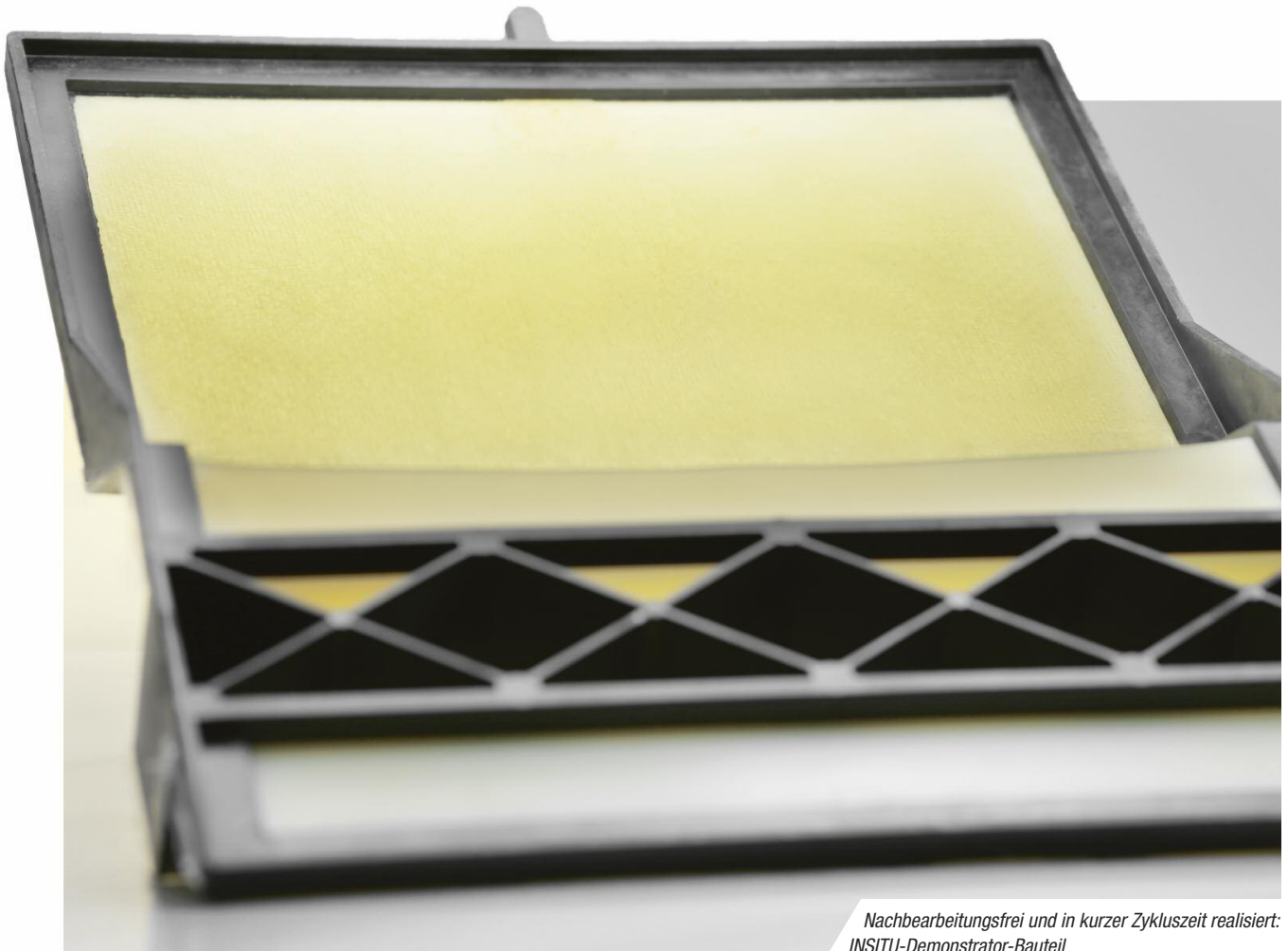


# Vollautomatisch, nachbearbeitungsfrei und mit kurzer Zykluszeit

## Herstellung thermoplastischer Faserverbundwerkstoffe im Spritzgusswerkzeug



Langfaserverstärkte Kunststoffbauteile mit anforderungsgerichteten Faserverbänden sind ein elementarer Bestandteil der Leichtbautechnologie. Die langen Zykluszeiten bei der Herstellung verhindern jedoch zurzeit die Großserienfertigung dieser Bauteile. Ein Demonstrator-Bauteil, welches nun in einer Spritzgießmaschine mit einem zweistufigen Verfahren hergestellt wurde, zeigt, dass es möglich ist, diese Bauteile vollautomatisch, reproduzierbar, nachbearbeitungsfrei und mit kurzer Zykluszeit herzustellen. Kern des Verfahrens ist eine Dosiermaschine, die ein Polyamid-6-System im Hochdruckprozess vermischt und ein Schiebetisch-Werkzeug mit einer Doppelkavität für den Faserverbundprozess sowie für den Spritzgussprozess.



*Nachbearbeitungsfrei und in kurzer Zykluszeit realisiert:  
INSITU-Demonstrator-Bauteil*

**D**ie Großserienverarbeitung von Faserverbundwerkstoffen mit Kurzfasern auf Spritzgießmaschinen ist ein etablierter Prozess. Um lang- und endlosfaserverstärkte, flächige Bauteile herzustellen, kommt bisher das Harzinjektionsverfahren Resin Transfer Moulding (RTM) zur Anwendung. Dabei werden ungetränkte Verstärkungsfasern in Form eines vorkonfektionierten und konturnahen Preforms in ein Werkzeug eingelegt. Die Fasern können dabei verwoben oder gerichtet sein. Nach dem Schließen des Werkzeugs wird es mit einem reaktiven Harzsystem geflutet. Nach dem Aushärten des Bauteils lässt sich dieses aus dem Werkzeug entnehmen. Die Zykluszeit dieses Verfahrens hat Hennecke durch die Entwicklung des Hochdruck-RTM-Verfahrens (HP-RTM) deutlich reduziert. Doch ein Nachteil blieb: Die so hergestellten Bauteile benötigen eine abschließende zerspanende Bearbeitung, um die Konturen herzustellen.

Da das Unternehmen als Matrixmaterial für das HP-RTM-Verfahren je nach Anwendung Polyurethan oder Epoxysysteme einsetzt, kann es nicht ohne Weiteres auf eine Spritzgießmaschine übertragen werden. Denn aufgrund der Schwindungs- und Adhäsionseigenschaften lassen sich diese beiden Matrixmaterialien dort nicht verwenden. Daher setzt das Unternehmen bei dem Insitu-Prozess

stattdessen Caprolactam ein, da sich dieses Material sowohl reaktiv als auch thermoplastisch verarbeiten lässt. Beim Insitu-Spritzgießen findet das Imprägnieren der Faserverstärkung im Spritzgießwerkzeug statt. Die Verwendung von Caprolactam in Kombination mit einem Aktivator und einem Katalysator ermöglicht eine Polymerisation zu Polyamid 6 im Werkzeug. In dem zweiten Schritt erzeugt das gleiche Werkzeug in einem herkömmlichen thermoplastischen Spritzgießprozess mit Polyamid 6 die endgültige funktionalisierte Formgebung. Das Fasergelege innerhalb des Bauteils ist daher nur an den Stellen notwendig, wo es tatsächlich Kräfte aufnehmen muss.

Die für den Insitu-Prozess ausgelegte Spritzgießmaschine von ENGEL im Hennecke-Anwendungstechnikum „TECHCENTER“ verfügt über zwei Spritzaggregate. Eines ist die Hennecke-Dosiermaschine vom Typ STREAMLINE, das andere ein thermoplastisches Standard-spritzguss-Aggregat für das Polyamid 6. Mit der Dosiermaschine bietet Hennecke ein Verarbeitungssystem für alle gängigen Matrixsysteme von Faserverbundbauteilen, wie Polyurethan- oder Epoxid Harz-/Härter- und eben wie in diesem Anwendungsfall auch Polyamid-6-Rohstoffsysteme an, das sich durch den modularen Aufbau an die jeweiligen Bedürfnisse der Produktion anpasst und sich so beispielsweise auch in eine automatisierte Fertigungslinie integrieren lässt.

Die Dosiermaschine verfügt ab Werk über eine Serienausstattung mit selbstreinigendem Hochdruck-Mischkopf und einer Touchscreen-Steuerung auf Basis einer Simatic SPS von Siemens. Durch die effiziente Temperierung für Behälter und Pumpe mittels Heißlufttechnik ermöglicht die Dosiermaschine eine effektive Komponenten-Temperierung und -Vermischung auch bei niedrigen Austragsleistungen. Eine Massedurchflussmessung für die Hauptkomponenten in der Dosiermaschine ermöglicht zudem eine dichteunabhängige Rezepturvorgwahl und somit ein präzises Dosieren. Viskositätsschwankungen spielen keine Rolle, weil die kontinuierlich rezirkulierenden Hauptkomponenten homogen bis zu maximal 100 °C temperiert werden. Auch eine Vakuumeinheit ist in der Basisversion enthalten und verhindert Lufteinschlüsse bei der Medienlagerung im Tagesbehältnis. Eine Speisepumpe sichert die unterbrechungsfreie Versorgung des Hauptdosieraggregates – trotz Vakuum. Sämtliche Komponenten sind auf einem fahrbaren Gestell untergebracht, das eine kurzfristige Produktionsverlagerung oder einen flexiblen Betrieb im Technikumsumfeld ermöglicht. Das Hennecke-eigene Schiebetisch-Werkzeug für die Herstellung des Demonstrator-Bauteils besteht aus einer Doppelkavität für die Düsenseite und einer Single-Kavität für die Unterform. Das Werkzeug ist für den HP-RTM-Prozess druckstabil ausgelegt und konturnah variotherm beheizt. Das niedrigviskose Caprolactam stellt dabei besondere Anforderungen an die Dichtungen. Weitere Herausforderungen sind die unterschiedlichen Drücke und Temperaturen der beiden Verfahren.

Um das Demonstrator-Bauteil herzustellen, werden in die Unterform zunächst die vorkonfektionierten Trockenfasern eingebracht. Das Werkzeug wird mit der Düsenseite für den HP-RTM-Prozess geschlossen. Im Vergleich zu einer Thermoplastschmelze weist Caprolactam eine geringere Viskosität auf und kann daher auch sehr feine Faserfilamente ohne Schädigung infiltrieren – ohne die Strukturen in der Form zu verschieben. Das Caprolactam reagiert im Werkzeug durch Insitu-Polymerisation zu thermoplastischem Polyamid 6. Das so entstandene Preform verbleibt in der Unterseite des Werkzeugs. Die Düsenseite der Form wird für den zweiten Schritt gewechselt. Nun erfolgt die letztendliche und formfallende Formgebung mithilfe des thermoplastischen Spritzgusses mit Polyamid 6.

Hennecke sieht in dieser Zusammenführung aus reaktivem System und der Großserientauglichkeit der thermoplastischen Welt einen erheblichen Mehrwert für die Anwender. Insbesondere weil das Zusammenspiel von anforderungsgerichtetem Faserverbund einerseits und Kostenoptimierung andererseits der Schlüssel für die Großserienproduktion mit kurzen Taktzeiten beim Trendthema Leichtbau ist. Die wesentlichen Vorteile des Verfahrens sind außerdem die Vielfalt der Verarbeitungsmöglichkeiten und der sehr große Freiheitsgrad bei der Gestaltung von Formteilen. Nun gilt es, die Rohstoffe und die Fasern weiter zu entwickeln, um das Verfahren weiter zu optimieren. Auch können noch nicht alle Faserarten mit dem Rohstoffsystem Caprolactam kombiniert werden.



*Schiebetisch-Werkzeug mit Doppelkavität für die Düsenseite und Single-Kavität für die Unterform*

Hennecke wird die Weiterentwicklung der Insitu-Technologie zusammen mit Anwendern weiter aktiv voran-treiben, um damit kurzfristig die Marktreife für diese vielversprechende Technologie zu erlangen.



## Der Rohstoff Caprolactam im Detail

Das auch unter dem Handelsnamen Perlon bekannte Polyamid 6 entsteht durch ringöffnende Polymerisation von  $\epsilon$ -Caprolactam. Die zum Kettenstart benötigte  $\omega$ -Aminocaprönsäure wird aus der hydrolytischen Ringöffnung von  $\epsilon$ -Caprolactam gewonnen. Diese reagiert zusammen mit Caprolactam zu Polycaprolactam oder Polyamid 6.

FOLLOW HENNECKE



# DISCOVER FASCINATION PUR

Tweets und Posts aus der PUR-Welt:

Folgen Sie der Hennecke-Gruppe und informieren Sie sich über aktuelle Projekte, Presseveröffentlichungen und viele weitere Themen.



[hennecke.com/youtube](https://www.hennecke.com/youtube)



[hennecke.com/twitter](https://www.hennecke.com/twitter)



[hennecke.com/facebook](https://www.hennecke.com/facebook)