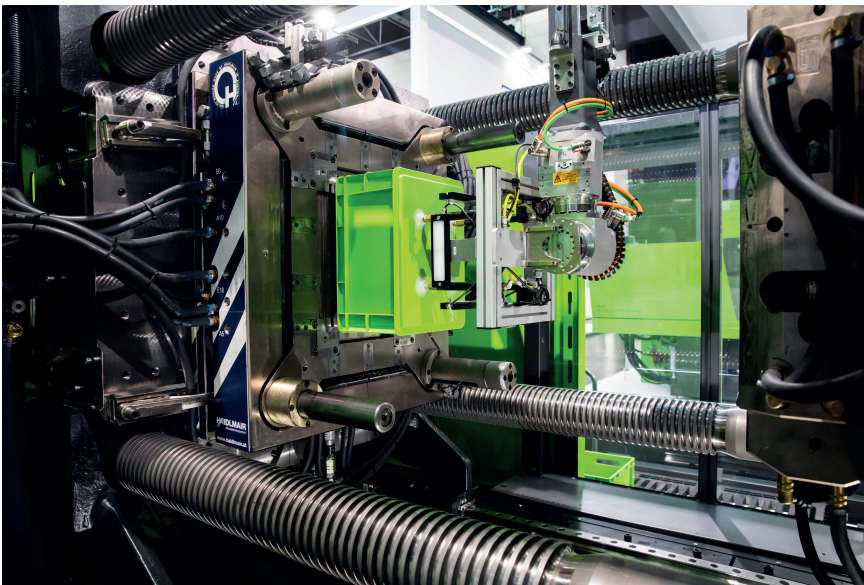


# Produktionszelle mit fließenden Bewegungen

## *iQ motion control lässt Spritzgießmaschine und Roboter weiter zusammenwachsen*

Stimmen Spritzgießmaschine und Roboter ihre Bewegungsabläufe aufeinander ab, verkürzt dies in vielen Anwendungen die Zykluszeit. iQ motion control von Engel ermöglicht jetzt einen sicheren Frühstart, kombiniert mit einer vollautomatisch optimierten Bahnplanung. Das Assistenzsystem gehört ab Oktober 2021 zur Standardausrüstung aller neuen Linearroboter des Typs Engel viper.



Fährt der Roboter noch während der Formöffnungsbewegung in den Werkzeugbereich ein, kann dies Zykluszeit einsparen. Besonders groß ist der Effekt bei Bauteilen mit langen Kernen, wie beispielsweise Boxen © Engel

**F**ließende Bewegungsabläufe entstehen, indem Bewegungen harmonisch ineinandergreifen. Erst dann werden sie ökonomisch und effizient. Das Gehirn jedes Lebewesens beherrscht dieses kraft- und zeitsparende Zusammenspiel unterschiedlicher Gliedmaßen – ein Roboter oder automatisierte Maschinen und Prozesse sind in diesem Punkt nur so gut, wie sie der Mensch über die Steuerung des Systems zu programmieren vermag.

In einer Spritzgießzelle gibt es viele unterschiedliche, sich bewegende „Glieder“. Einige davon bestimmen die Zykluszeit des Spritzgießprozesses entscheidend mit. Dazu gehören die Ein- und Ausfahrbewegungen des Entnahmeroboters sowie die Öffnungs- und Schließzeit des

Werkzeugs. Es ist einleuchtend, dass viel Zykluszeit verschwendet wird, wenn ein Entnahmeroboter sich erst dann in Bewegung setzt, wenn das Spritzgießwerkzeug vollständig geöffnet wird.

Um in der Produktionszelle fließende Bewegungen zu erreichen, legt die Engel Austria GmbH ihr Augenmerk stets auf die gesamte Spritzgießzelle und das Zusammenspiel der Bewegungen von Spritzgießmaschine und Roboter. Liefert Engel von der Spritzgießmaschine über die Automatisierung und weitere Peripherie bis zur Prozesstechnik die komplette Produktionszelle aus einer Hand, greifen alle Komponenten der Zelle auf dieselbe Steuerungsplattform und dieselbe Datenbasis zu und haben damit die

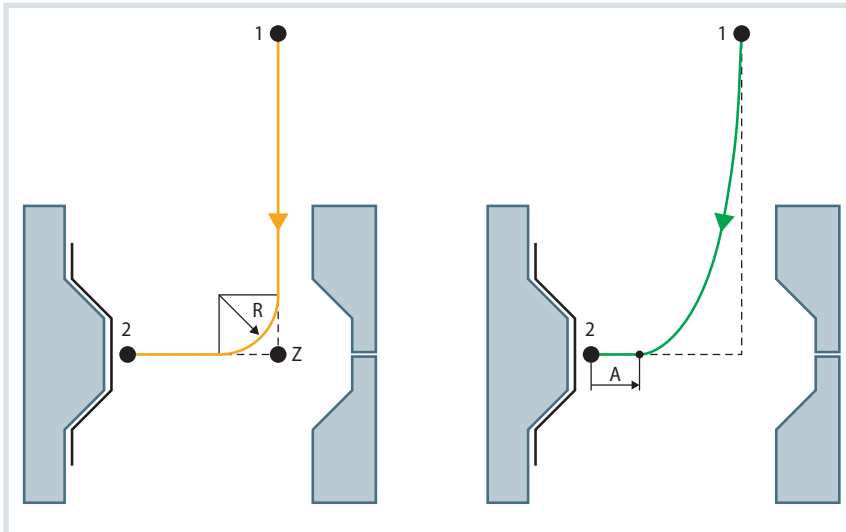
besten Voraussetzungen für eine kurze Gesamtzykluszeit.

Da eine Spritzgießzelle diese ineinandergreifenden, parallelen Bewegungen nicht per se beherrscht, muss der Bediener die Bewegungen über die zentrale Bedienstation oder das mobile Handbediengerät festlegen. Er muss den Roboter „teachen“ – ihm Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Einfahrbewegung vorgeben. Das Assistenzsystem „iQ motion control“ reduziert diesen Teach-Aufwand auf wenige Klicks.

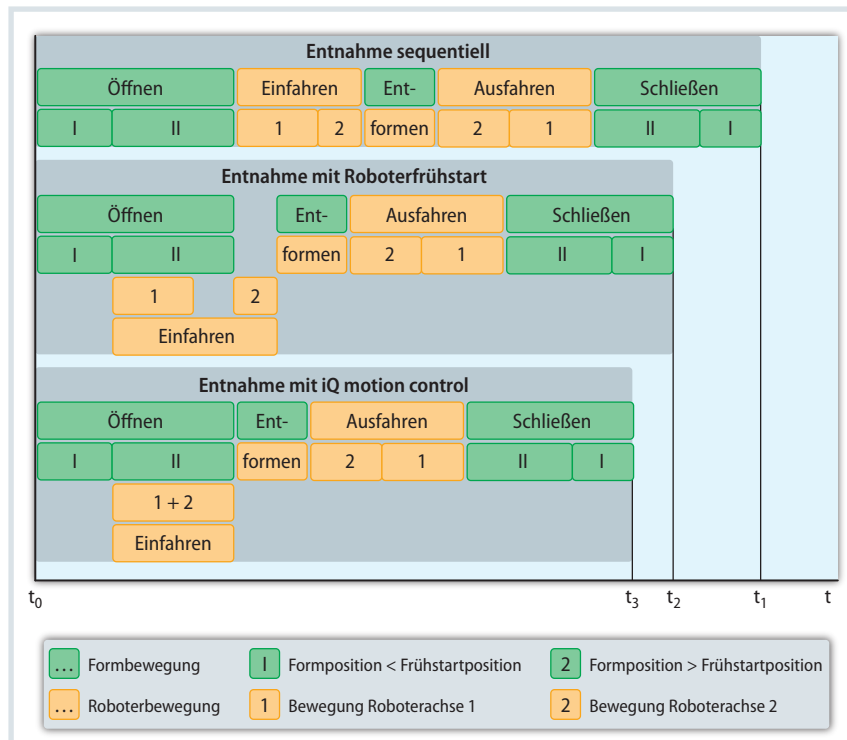
### **Optimierte Bahnplanung spart Zykluszeit ein**

Linearroboter bewegen sich in der Regel von Punkt zu Punkt. Diese einzelnen Punkte werden beim Teachen festgelegt. Der Anlagenbediener bestimmt die Bahnkurve (Trajektorie) manuell und legt dafür sehr viele Punkte fest, um die Fahrwege zu optimieren (**Bild 1**). Beim Feature iQ motion control, das neue Linearroboter der Serie Engel viper als Standard an Bord haben, wurde eine optimierte Bahnplanung bereits implementiert. Der Linearroboter berechnet seine Bahn und somit müssen deutlich weniger Parameter eingestellt bzw. Positionen geteacht werden. Damit wird die Zykluszeit des Spritzgießprozesses und darüber hinaus auch die Einrichtungsdauer und der Zeitbedarf für das Teachen deutlich verkürzt (**Bild 2**).

iQ motion control ist das jüngste Produkt in der Reihe der intelligenten Assistenzsysteme von Engel. Um den größtmöglichen Nutzen für den Anwender zu bieten, muss das Bedienen der Assistenzsysteme sehr einfach sein. So gibt es auch



**Bild 1.** IQ motion control arbeitet mit einer optimierten Bahnplanung (rechts). Die Bahn wird gesamtheitlich berechnet und nicht wie bisher mittels Überschleifen von Einzelachsbewegungen generiert. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser



**Bild 2.** Die Gegenüberstellung zeigt das große Potenzial von IQ motion control zur Zykluszeiteinsparung auf. Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

bei IQ motion control zum Einstellen der Entnahme eine intuitive Maske mit allen verfügbaren Optionen (Bild 3).

### In drei Schritten zur optimierten Bahnplanung

Um beim Einfahren die Bewegung des Roboters so zu planen, dass er die Entnahmeposition genau dann erreicht, wenn das Werkzeug seine Öffnungsbe-

wegung beendet, sind gewisse Randbedingungen zu berücksichtigen: zum einen die vom Nutzer eingestellten Parameter wie Positionen und Linearabstände sowie die Bewegung der Form; zum anderen die roboterspezifischen Grenzwerte für Geschwindigkeit, Beschleunigung und weitere Parameter.

Damit sich die optimale Einfahrbewegung bestimmen lässt, sind folgende Schritte notwendig, die mit aktivier- »



## 27. Fakuma

Internationale Fachmesse für Kunststoffverarbeitung

12.–16. Okt. 2021

Friedrichshafen

digital  
meets  
circular  
economy

- Spritzgießtechnik
- Thermo- und Umformtechnik
- Extrusionstechnik
- Additiv-Manufacturing / 3D-Drucktechnik
- Werkzeuge, Werkstoffe, Prozesstechnik und Dienstleistungen



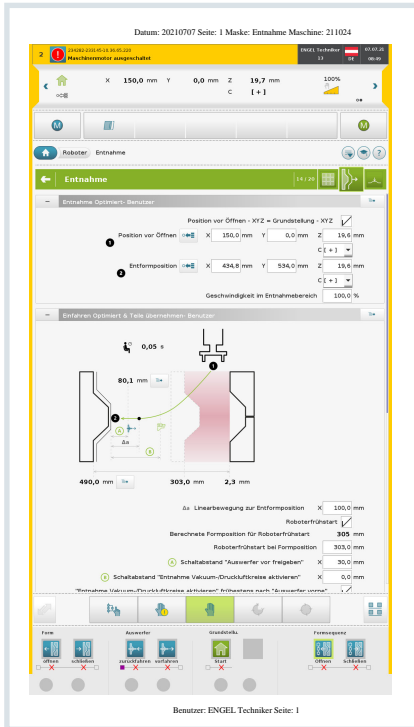
[www.fakuma-messe.de](http://www.fakuma-messe.de)

#fakuma2021

Veranstalter: P. E. SCHALL GmbH & Co. KG

+49 (0) 7025 9206-0

[fakuma@schall-messen.de](mailto:fakuma@schall-messen.de)



**Bild 3.** Eine intuitive Bedienung ist Voraussetzung für die Akzeptanz und den Erfolg von intelligenten Assistenzsystemen © Engel

tem iQ motion control automatisch abgearbeitet werden:

- Die optimale Trajektoriendauer bestimmen: Basierend auf dem letzten Zyklus wird die Zeitspanne vom Erreichen der eingestellten Frühstartposition bis zur Formöffnung gemessen. Diese Zeitspanne  $t_{F,opt}$  entspricht der Trajektoriendauer des Roboters, damit Roboter und Form ihre Endpositionen gleichzeitig erreichen.
- Die kürzestmögliche Robotertrajektorie berechnen: Mithilfe der roboterspezifischen kinematischen Limits (maximale Geschwindigkeit, maximale Beschleunigung etc.) der einzelnen Achsen und des vom Bediener definierten Linearabstands lässt sich eine Robotertrajektorie berechnen. Die Trajektoriendauer  $t_{R,opt}$  ist dabei die kürzestmögliche Trajektoriendauer, die unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen erreicht werden kann. Ist die Frühstartfunktion deaktiviert, wird diese Trajektorie verwendet, der Roboter fährt die Einfahrbewegung also unter Ausnutzung seiner Limits ab.

- Die Trajektorie skalieren: Bei aktivierter Frühstartfunktion ist darauf zu achten, dass die Trajektoriendauer der Roboterbewegung  $t_{R,opt}$  größer oder gleich der ermittelten optimalen Dauer  $t_{F,opt}$  ist. Ist dies ohnehin der Fall, dann ist es dem Roboter aufgrund seiner Limits nicht möglich, die Zielposition zeitgleich mit der Form zu erreichen. Gilt jedoch  $t_{R,opt} < t_{F,opt}$ , würde der Roboter auf die Form auffahren. Um dies zu vermeiden, erfolgt eine Skalierung der Trajektorie, sodass die Bedingung  $t_{R,opt} = t_{F,opt}$  erfüllt ist.

Die Funktion kompensiert etwaige Langzeiteffekte, wie beispielsweise Unterschiede im Fahrverhalten zwischen kalter und warmer Maschine, Temperatureinflüsse, etc.

### Frühstart erwünscht und unterstützt

Die Zykluszeit wird bei heutigen Systemen auch dann unnötig verlängert, wenn die Form beim Öffnen auf den Roboter warten muss, bis dieser in den Entnahmebereich einfährt und die Teile entformt.

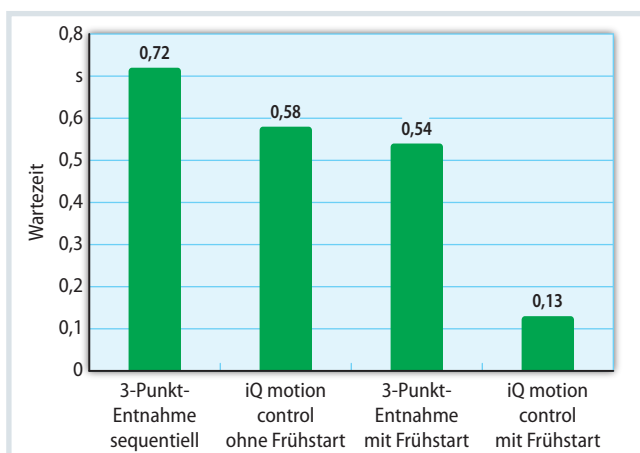
Da der Roboter in einer Engel-Spritzgießzelle dank der integrierten Steuerung direkt auf die Maschinendaten, wie Formöffnungshub und Position der beweglichen Platte, zugreifen kann, fahren Roboter und Maschine eine abgestimmte Bewegung und sind für die Entnahme idealerweise zur selben Zeit an der Werkzeugoffenposition beziehungsweise in Entnahmeposition. In diesem Fall wird der Zyklus durch das Einfahren des Roboters nicht verlängert.

Die Zykluszeit wird mithilfe von iQ motion control verkürzt, weil die Form nicht auf den Roboter warten muss. Dies wird dadurch erreicht, dass der Roboter beim Einfahren nicht auf den vollständigen Formöffnungshub warten muss, sondern durch das bereits bekannte und in der Software vollständig integrierte Feature „Frühstart“ frühzeitig in den Maschinenbereich einfahren kann.

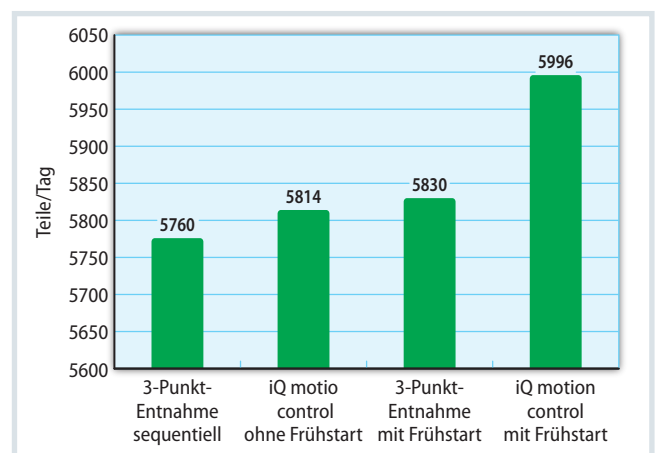
### Mehrstufige Sicherheit durch intensiven Datenaustausch

Auf der Einstellmaske wird ein Vorschlag für die Frühstartposition angezeigt, der auf den Roboter- und Maschinen-Einstellparametern basiert. Dies ermöglicht es auch wenig erfahrenen Maschinenbedienern, die Vorteile des Assistenzsystems effizient und sicher auszuschöpfen.

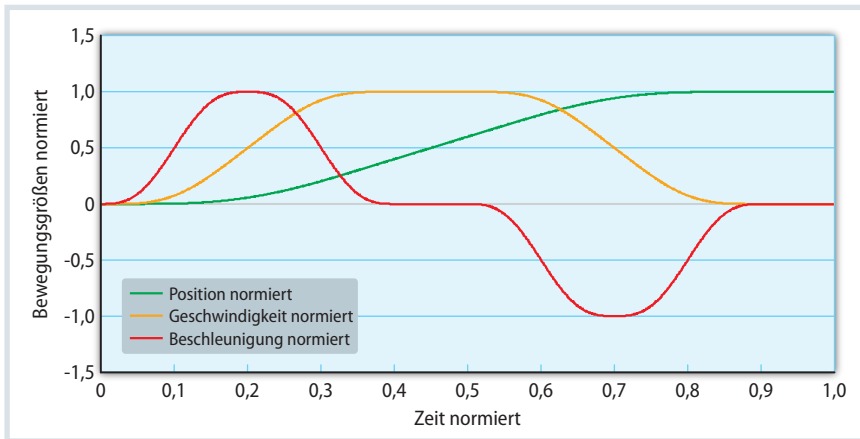
Um trotz des frühzeitigen Einfahrens in den Maschinenbereich eine Kollision zwischen Roboter und beweglicher Werkzeughälfte sicher auszuschließen, arbeitet iQ motion control mit einem zweistufigen Sicherheitsnetz. Die erste Stufe korrigiert frühzeitig die Roboterbewegung bei erkannten Abweichungen von der ge-



**Bild 4.** Die Versuche bestätigen die stark verkürzte Wartezeit mit iQ motion control und Frühstart Quelle: Engel; Grafik: © Hanser



**Bild 5.** Die verkürzte Zykluszeit führt zu einem deutlich höheren Output Quelle: Engel; Grafik: © Hanser



**Bild 6.** Beispiele für glatte Bewegungsprofile von Roboterachsen. Auch Schwingungen der Roboterachsen können die Zykluszeit verlängern Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

Feature	Auswirkung	Nutzen
Optimierte Bahnplanung beim Linearroboter	Es müssen weniger Parameter bzw. Positionen geteacht werden, die Bahn wird intelligent berechnet.	Zeitersparnis beim Teachen sowie Zykluszeitersparnis durch besser geplante Bahn
Roboter kann dank Steuerungsintegration direkt auf Maschinendaten zugreifen	Roboter und Maschine fahren eine abgestimmte Bewegung und sind für die Entnahme idealerweise zur selben Zeit an der Entnahmeposition.	Zykluszeitersparnis – Wartezeiten von Form oder Roboter entfallen
Mehrstufige Sicherheitseinrichtungen	Der Roboter stoppt rechtzeitig, falls ein Crash droht, da er die genaue Position der beweglichen Aufspannplatte kennt.	Verbesserte Maschinensicherheit durch das Vermeiden von Werkzeug- und Übernahmepkopfschäden
Gemeinsames Datenmanagement von Maschine und Roboter	Beim Werkzeugwechsel müssen Teiledaten nur einmal geladen werden.	Fehlervermeidung und Zeitersparnis beim Rüsten
Übersichtliche Einstellmasken mit grafischer Unterstützung	Der Bediener muss nur wenige Parameter selbst festlegen und wird dabei grafisch unterstützt.	Zeitersparnis beim Teachen durch intuitive Darstellung

**Tabelle.** Fakten zu iQ motion control Quelle: Engel

planten Werkzeugbewegung. Die zweite stellt sicher, dass der Roboter im Falle einer Ausnahmesituation oder eines Nothalts noch rechtzeitig vor einem Kontakt mit der Form abbremsen kann.

Da der Roboter die genaue Position der beweglichen Aufspannplatte kennt, stoppt er folglich auch, sollte eine Kollision drohen. So können Schäden an Werkzeug und Greifersystem bei unvorhergesehenen Fehlpositionen oder fehlerhaften Einstellungen – dank des direkten Datenaustauschs innerhalb der gemeinsamen Steuerung der integrierten Systemlösung – sicher vermieden werden.

### Wer profitiert davon?

Selbst Prozesse mit einfachen Entnahmebewegungen können sehr gut durch iQ motion control optimiert werden. Besonders stark profitieren Anwender, die tiefe Spritzgussteile – beispielsweise Gehäuse-

komponenten, Boxen oder Container mit einem langen Kern (**Titelbild**) – produzieren, da die Maschine hier einen besonders großen Formöffnungshub fahren muss.

Um das Potenzial auszuloten, hat Engel Versuche mit einem viper 12 Linearroboter durchgeführt. Bei einem Formöffnungshub von 490 mm und einer maximalen Geschwindigkeit der beweglichen Werkzeugaufspannplatte von 1465 mm/s wurde eine Gesamtzykluszeit von 15 s erreicht. Der Roboterfrühstart lag bei Formposition 303 mm. Dabei zeigt sich eine stark verkürzte Wartezeit (**Bild 4**).

Als Wartezeit wird die Zeit bezeichnet, die zwischen dem Abschluss der Werkzeugbewegung und dem Ende der Phase, während der der Greifer in den Werkzeugraum einfährt, gewartet werden muss. Sie geht direkt in die Zykluszeit ein, weil die Form während dieser Zeitspanne vom Roboter blockiert ist. Bei einer Gesamtzykluszeit von 15 s lassen sich demnach

bei einem angenommenen Dauerbetrieb über 24 h mit iQ motion control und Frühstart pro Tag 236 Teile mehr pro Kavität produzieren als mit der sequenziellen Drei-Punkt-Entnahme (**Bild 5**).

Der Einsatz von iQ motion control ist vom Typ der Spritzgießmaschine und der Art der Entnahme unabhängig. Das Assistenzsystem passt sich selbsttätig an die jeweilige Entnahmevariante an. Das umfasst sowohl die vertikale als auch – bei holmlosen Maschinen – horizontale Entnahme für die bekannten Aufbauvarianten, ebenso wie die bedienrückseitige, bedienseitige oder auch stirnseitige Ablage bei Längsaufbauten.

Das Feature wird nicht das einzige bleiben, das auf ein noch engeres Zusammenspiel zwischen Maschine und Roboter abzielt. iQ motion control ist jedoch das erste Maschinen-Roboter-übergreifende Assistenzsystem von Engel. ■

## Schwingungen vermeiden

Durch die ausladende Kinematik neigen Linearroboter systembedingt zu Schwingungen. Dank iQ vibration control verhindern bei Robotern der Serie Engel viper intelligente Bewegungen unerwünschte Auslenkungen. Wartezeiten am Bewegungsende entfallen damit. iQ motion control geht einen Schritt weiter. Indem durch glatte 4-fach-stetige Bahnen keine Schwingungen angeregt werden, wird ein Verlust an Zykluszeit durch das Ausregeln größerer Schwingungen vermieden (**Bild 6**).

## Die Autoren

**Deborah Lidauer** leitet das Produktmanagement Automatisierung bei der Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich; [deborah.lidauer@engel.at](mailto:deborah.lidauer@engel.at)  
**DI Dr. Matthias Oberherber** ist Regelungstechniker bei Engel; [matthias.oberherber@engel.at](mailto:matthias.oberherber@engel.at)

## Service

### Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

### English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)