Vol. 53 · N° 4/2018

Gekürzte Version

INSTITUT FÜR
KUNSTSTOFFVERARBEITUNG
IN INDUSTRIE UND HANDWERK AN DER RWTH AACHEN

IKV.Insight

- **Mit dem IKV Kunststoffindustrie 4.0 erfolgreich umsetzen**
  Successfully implementing Plastics Industry 4.0 with IKV
- **Förderung bewilligt: Neues Exzellenzcluster „Internet of Production"**
  Funding approved: New Cluster of Excellence "Internet of Production"
- **FBG 2018: Intensiver Austausch zwischen Forschung und Praxis**
  FBG 2018: Extensive exchange between research and practice

Vorwort
Editorial

Sehr geehrte Damen und Herren,

erst einmal möchte ich dem IKV herzlich dazu gratulieren, als Teil des Exzellenzclusters „Internet of Production" erfolgreich in eine neue Förderphase starten zu können! Die Exzellenzstrategie beschäftigt die RWTH Aachen derzeit in hohem Maße und wir als Rektorat tun mit vielen Kolleginnen und Kollegen alles dafür, dass die RWTH sich ab dem kommenden Sommer auch weiterhin Exzellenzuniversität nennen darf.

Im Exzellenzprozess tauchen immer wieder Begriffe und Konzepte auf, die auch das IKV verkörpert: Grundlagenforschung, Interdisziplinarität, Vernetzung. Insofern ist das IKV ein gutes Beispiel dafür, wohin wir die gesamte Hochschule bringen wollen.

Das Thema Digitalisierung, das vor allem im Exzellenzcluster „Internet of Production" eine wichtige Rolle spielt, wird uns alle noch viele Jahre begleiten und bietet große Chancen.

Bei einem Besuch des IKV konnte ich mir kürzlich persönlich ein Bild von den zukunftsweisenden Forschungsthemen der Kunststoffbranche allgemein und im Speziellen am IKV machen. Hier zeigt sich, dass sich langfristige Grundlagenforschung an der Schnittstelle von Hochschule und Industrie für die Gesellschaft auszahlt. Für Ihre weiteren Vorhaben wünsche ich Ihnen viel Erfolg!

Dear ladies and gentlemen,

To begin with, I would like to congratulate IKV most warmly on its success at entering a new funding phase as part of the "Internet of Production" Excellence Cluster! The Excellence Strategy is currently keeping RWTH Aachen University very busy and we as the rectorate are working with a number of colleagues to do everything we can to ensure that RWTH will be able to continue to call itself an "Excellence University" from next summer.

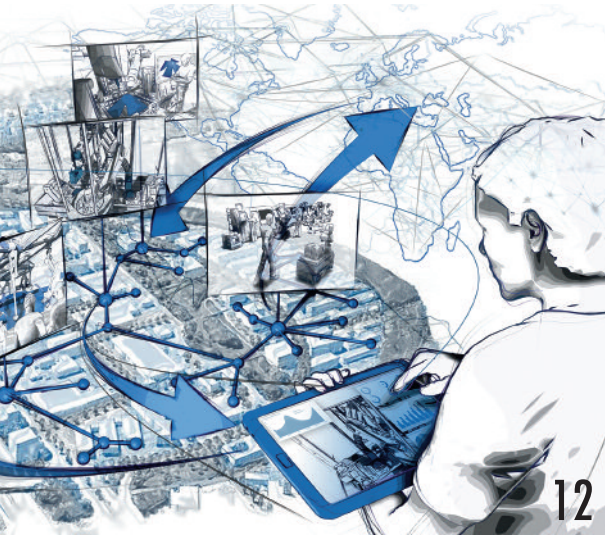
In the Excellence process, terms and concepts repeatedly arise that are also embodied by IKV, such as fundamental research, interdisciplinarity and networking. In this respect, IKV is a good example of where we want to take the university as a whole.

The topic of digitalisation, which plays an important role in the Cluster of Excellence "Internet of Production", will accompany us for many more years and also offers enormous opportunities.

During a recent visit to IKV, I was able to gain a good picture of some of the future-looking research topics of the plastics industry in general and of IKV in particular. Here it is quite obvious that long-term basic research at the interface between university and industry pays off for society. I wish you every success for your future projects!

Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult. Ulrich Rüdiger
Rektor der RWTH Aachen University
Rector of RWTH Aachen University

Inhalt
Content



6 **Mit dem IKV Kunststoffindustrie 4.0 erfolgreich umsetzen**
Successfully implementing Plastics Industry 4.0 with IKV

IKV-Aktuell IKV news

Streiflichter
Spotlight
12 Förderung bewilligt: Neues Exzellenzcluster „Internet of Production"
Funding approved: New Cluster of Excellence "Internet of Production"
15 Neuer Rektor der RWTH Aachen – Antrittsbesuch am IKV
New Rector of RWTH Aachen University – Inaugural visit to IKV
16 Einblick in Europapolitik bei der Assistentenexkursion 2018
Insight into European policy during the Assistants' Excursion 2018
17 Internationale Praktikanten am IKV
International trainees at IKV
18 Exzellent vernetzt – IKV mit Qualitätssiegel für Clustermanagement ausgezeichnet
Excellently networked – IKV is awarded quality seal for cluster management
19 ZUSE-Tag in Aachen: Forschung, die ankommt
ZUSE Day in Aachen: Research which really counts
20 Zwei IKV-Wissenschaftler mit WAK-Preisen ausgezeichnet
Two IKV scientists receive WAK awards

Aus der Forschung
News from research
21 Kunststoffoptik aus Aachen
Plastic optics from Aachen
22 Schließt maschinelles Lernen Lücke zwischen Simulation und Maschine?
Does machine learning close gap between simulation and machine?
24 CoSiMa – Spritzgießsimulation direkt in der Produktion
CoSiMa – Injection moulding simulation directly in production
26 Verbesserung der Produktqualität beim Saugblasformen durch Stützlufteinbringung
Improving the product quality in suction blow moulding through the introduction of support air
27 Intelligente und einheitliche Qualitätssicherung am Beispiel Keramikschaumfilter
Intelligent and consistent quality assurance based on the example of ceramic foam filters
29 Porendominierter Stofftransport durch PECVD-beschichtete Kunststoffe
Pore-dominated material transport through PECVD-coated plastics
30 PECVD-Gasbarrierebeschichtung von PET-Mehrwegflaschen
The PECVD gas barrier coating of returnable PET bottles

Messen
Exhibitions
31 Industrie 4.0 auf der Kunststoffen 2018
Industry 4.0 at Kunststoffen 2018
32 Spritzgießen von Optiken live auf der Fakuma 2018
Injection moulding of optics live at Fakuma 2018
33 „Industry meets Science" auf der Composites Europe
"Industry meets Science" at Composites Europe

34 **Neue Mitarbeiter**
New staff members

IKV-Akademie IKV Academy

36 **Veranstaltungsübersicht 2019**
Event overview 2019
37 **Konferenzen**
Conferences
38 **Fachtagungen**
Symposia
39 **Seminare**
Seminars
41 **Rückblick**
Review

IKV-Netzwerk IKV networking

Aus dem Netzwerk
News from the network
43 FBG 2018: Intensiver Austausch zwischen Forschung und Praxis
FBG 2018: Extensive exchange between research and practice
45 Interview: Prof. Dr. Jian Wang, Gastwissenschaftler am IKV
Interview: Prof. Dr. Jian Wang, guest researcher at IKV

Neue Mitglieder
New members
46 Siemens AG, CT REE MDM, Technologiefeld Material, Design and Manufacturing, München
47 Murtfeldt Kunststoffe GmbH & Co. KG, Dortmund

Forschungsarbeiten Research work

48 **Extrusion und Kautschuktechnologie**
Extrusion and Rubber Technology
52 **Formteilauslegung und Werkstofftechnik**
Part Design and Materials Technology
54 **Faserverstärkte Kunststoffe und Polyurethane**
Composites and PU Technology

61 Veröffentlichungen Publications

67 IKV-Mitgliederservice – Literaturservice
IKV member services – Literature services

67 **Impressum**
Imprint

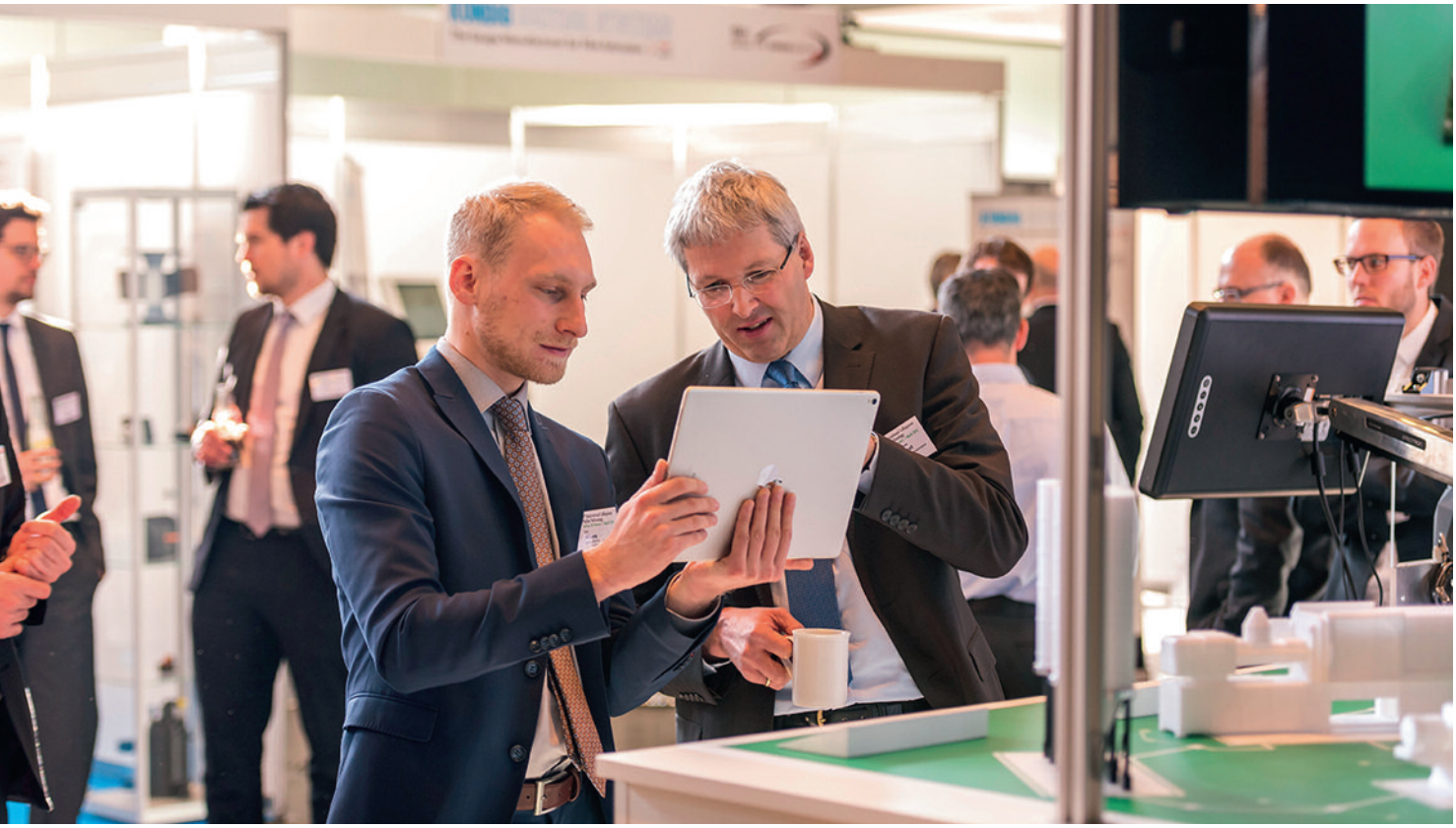
Titelbild: Stand Kunststoffindustrie 4.0 beim 29. Internationalen Kolloquium Kunststofftechnik | IKV/Fröls
Cover: Plastics Industry 4.0 stand at the 29th International Colloquium Plastics Technology | IKV/Fröls

Ihr direkter Kontakt zur IKV-Öffentlichkeitsarbeit
Your direct contact to the IKV Public Relations department

Assess.d.L. Ulla Köhne
Leiterin IKV-Öffentlichkeitsarbeit
Head of IKV Public Relations
Phone +49 241 80-96631
Fax +49 241 80-92660
ulla.koehne@ikv.rwth-aachen.de

Mit dem IKV Kunststoffindustrie 4.0 erfolgreich umsetzen

Successfully implementing Plastics Industry 4.0 with IKV



Am Stand Kunststoffindustrie 4.0 beim 29. Internationalen Kolloquium Kunststofftechnik erlebten Besucher anhand einer beispielhaften Produktionslinie mittels Augmented Reality Möglichkeiten und Mehrwert einer informatorisch und materiell vernetzten Fertigung | Foto: IKV/Fröls
On the Plastics Industry 4.0 stand at the 29th International Colloquium Plastics Technology, visitors experienced the potential and added value of IT and material-networked production using augmented reality (AR) and based on an exemplary production line | Photo: IKV/Fröls

Die digitale Transformation der industriellen Fertigung ist für viele Unternehmen unterschiedlichster Branchen eine große Herausforderung. Mit Kunststoffindustrie 4.0, einem seiner vier Leitthemen, hat das IKV sich zum Ziel gesetzt, in interdisziplinären Projekten anwendungsorientierte Nutzungsszenarien aufzubauen und Fragestellungen zu informatorisch und materiell vernetzten Fertigungsumgebungen in der Kunststoffverarbeitung zu behandeln. Hierzu arbeiten die Wissenschaftler Hand in Hand mit Kompetenzträgern der Informationstechnik aus Wissenschaft und Wirtschaft und treiben Forschungsprojekte mit Bezug zu IT sowie zielgerichtete Datenanalysen voran.

Neben Forschungsvorhaben, die wichtige Teilaspekte der Digitalisierung in der Kunststoffindustrie beleuchten und durch technologische Entwicklungen antreiben, wird das Leitthema in einem eigens dazu eingerichteten Arbeitskreis systematisch bearbeitet. Die Mitarbeiter des IKV identifizieren dazu technologieübergreifend Trends, notwendige Kompetenzen sowie zukünftige Bedarfe der Industrie und des Instituts selbst.

The digital transformation of industrial production is a major challenge for many companies in many different industries. With Plastics Industry 4.0 – one of IKV's four lead topics – IKV has set itself the target, in interdisciplinary projects, of building application-oriented usage scenarios and tackling matters concerning IT and material-networked production environments in plastics processing. For this, the scientists are working hand in hand with key players in information technology from science and industry and are driving research projects relating to IT as well as targeted data analysis.

Alongside research projects that examine important aspects of digitalisation in the plastics industry and drive them forward through technological developments, this lead topic is being systematically tackled in a working group set up specifically for the purpose. The IKV scientists then identify cross-technology trends, necessary competencies and future demands of the industry and of the Institute itself.

In Studien hat das IKV ermittelt, dass Herausforderungen in der Kunststoffindustrie vorwiegend in der Interoperabilität von Simulations- und Produktionssystemen sowie in der Befähigung heterogener Maschinenparks bestehen. Oftmals mangele es in Unternehmen an qualifiziertem Personal, das in der Lage ist, Anwendungsgebiete für neue Technologien zu identifizieren und Neuerungen umzusetzen. Der Vorteil digitaler Entwicklungen und entsprechender Assistenzsysteme werde kaum erkannt, da selbst die vielerorts entstehenden Industrie 4.0-Kompetenzzentren lediglich unspezifische Teilaspekte dieses komplexen Themengebiets betrachten würden.

In studies, IKV has established that challenges in the plastics industry exist predominantly in the interoperability of simulation and production systems and in the proficiency of heterogeneous machine pools. Companies frequently lack qualified staff capable of identifying fields of application for new technologies and implementing new developments. The advantage of digital developments and relevant assistance systems is seldom recognised because even the many Industry 4.0 competence centres that are being created look only at non-specific isolated aspects of this complex subject.

„Mit dem Leitthema Kunststoffindustrie 4.0 hat sich das IKV zum Ziel gesetzt, anwendungsorientierte Nutzungsszenarien und Fragestellungen zu informatorisch und materiell vernetzten Fertigungsumgebungen in der Kunststoffverarbeitung zu behandeln."

"With the lead topic of Plastics Industry 4.0, IKV has set itself the task of tackling application-oriented usage scenarios and issues of IT and material-networked production environments in plastics processing."

Digital Engineering

Die IKV-Strategie zur Kunststoffindustrie 4.0 beinhaltet drei zentrale Innovationsfelder. Das Feld „Digital Engineering" beschäftigt sich mit der Entwicklung virtueller Prozessmodelle sowie dem lückenlosen Datentransfer in heterogenen Simulationssystemen, um die Einsatzmöglichkeiten digitaler Methoden in der kunststoffgerechten Auslegung und Bauteilentwicklung zu schaffen und zu erweitern.

So entwickelt das IKV eine Software, mit der eine lastgerechte Auslegung additiv gefertigter Bauteile durch neuartige 3D-Infill-Strukturen erfolgt. Durch die lokale Dichteerhöhung der Infill-Strukturen lassen sich die mechanischen Eigenschaften eines Bauteils lastgerecht bei gleichzeitig minimalem Masseeinsatz einstellen. Für die Simulation einer Verformung aufgrund einer äußeren Kraft, die zum Beispiel zur Durchbiegung der zu druckenden Stabgeometrie führt, sind jedoch weiterhin manuelle Übertragungen in Programme wie Altair HyperMesh 14 oder ABAQUS nötig. Deshalb entwickeln und implementieren die Forscher derzeit geeignete Schnittstellen zu den genannten Simulationstools, welche die automatische Berechnung der notwendigen lokalen Verstärkung ermöglichen sollen.

Digital Engineering

IKV's strategy on Plastics Industry 4.0 contains three key areas of innovation. The first of these, "Digital Engineering", deals with the development of virtual process models and the complete data transfer in heterogeneous simulation systems in order to create and extend the possible applications of digital methods in plastics-related design and component development.

With this in mind, IKV is developing a software program with which a load-specific design of additively manufactured parts is carried out through innovative 3D infill structures. By locally raising the density of the infill structures, the mechanical properties of a part can be adjusted to the relevant load while ensuring minimum melt input at the same time. However, to simulate a deformation due to an external force, which leads, for example, to bending of the rod geometry being printed, manual data input in programs such as Altair HyperMesh 14 or ABAQUS is still needed. For this reason, the research team is currently developing and implementing suitable interfaces to the aforementioned simulation tools, which should allow automatic calculation of the necessary local reinforcement.

Nutzung von Augmented Reality zur Visualisierung des Füllverhaltens eines Spritzgießwerkzeugs | Grafik: IKV
Use of augmented reality to visualise the filling behaviour of an injection moulding tool | Graphics: IKV

Complex Value Chain

Das Themenfeld „Complex Value Chain" adressiert die Verarbeitungsverfahren auf Maschinenebene in den Technika des IKV. In praxisnahen Anwendungsfällen der Kunststoffverarbeitung werden die technische Vernetzung und die komplexen Wirkbeziehungen in heterogenen Maschinenparks analysiert.

Beispiel für einen solchen Anwendungsfall ist der noch immer in hohem Maße von den individuellen Fähigkeiten erfahrener Bediener abhängige Einrichtungsprozess der Spritzgießmaschine. Maschinelles Lernen ermöglicht eine autonome Optimierung hinsichtlich vordefinierter Zielgrößen. In dem interdisziplinären Projekt BRAIN (Biologically Inspired Learning Processes for Machines in Production) widmet sich das IKV daher zusammen mit den RWTH-Instituten Institute of Information Management in Mechanical Engineering (IMA), Knowledge-Based Systems Group (KBSG) und Institut für Bildsame Formgebung (IBF) der Anwendung von maschinellen Lernverfahren im Spritzgießen, um schneller zu objektiv optimalen Einstellparametern zu gelangen und so eine höhere Bauteilqualität und eine wirtschaftlich optimale Prozessführung zu erzielen. Umfangreiche Versuchspläne werden simuliert, um ein neuronales Netz vorzutrainieren und anschließend schon mit wenigen realen Testdaten optimale Einstellparameter zu identifizieren.

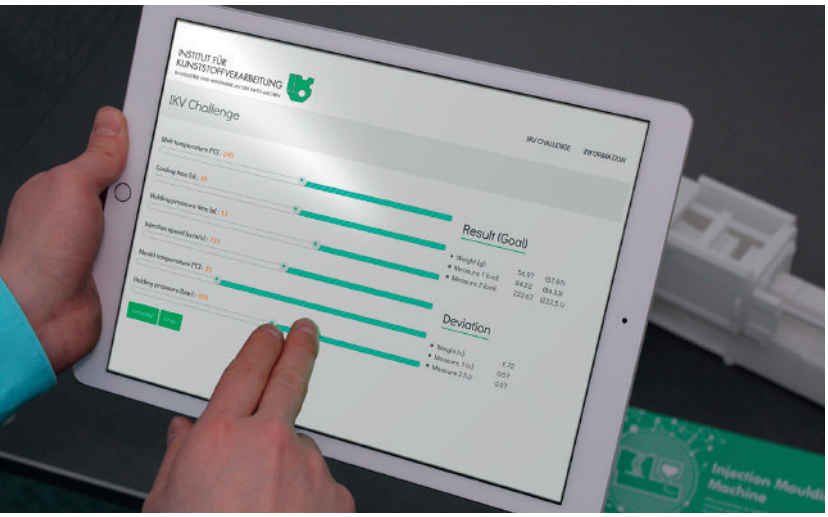
Bereits beim 29. Internationalen Kolloquium Kunststofftechnik im Frühjahr 2018 konnten sich Teilnehmer in der eigens entwickelten „IKV Challenge-App", welche nun auch Anwendung in der universitären Lehre an der RWTH Aachen finden soll, gegen ein solches neuronales Netz in der Prozesseinstellung benchmarken.

Complex Value Chain

The second area of innovation, "Complex Value Chain", addresses the processing methods at machine level in the IKV pilot plants and laboratories. In practical applications of plastics processing, the technical networking and complex interactions are analysed in heterogeneous machine pools.

One example of such an application is the setting-up process for the injection moulding machine, which is still heavily dependent on the individual skills of experienced operators. Machine learning allows autonomous optimisation with regard to predefined targets. In an interdisciplinary project called BRAIN (Biologically Inspired Learning Processes for Machines in Production), IKV, together with three RWTH Aachen University institutes, namely the Institute of Information Management in Mechanical Engineering (IMA), the Knowledge-Based Systems Group (KBSG), and the Institute of Metal Forming (IBF), is therefore focusing on the application of machine-learning processes in injection moulding in order to obtain optimum setting parameters more quickly, and thus achieve higher part quality and optimum process control from an economic point of view. Extensive designs of experiment are simulated in order to pre-train a neuronal network and subsequently, with a few real test data, identify optimum setting parameters.

At the 29th International Colloquium Plastics Technology in spring 2018, participants were able, in the "IKV Challenge" app developed specifically for the purpose – which is now to be used in lectures at RWTH Aachen University – to compete against a neuronal network in the task of setting up the process.



„IKV Challenge"-App: Demonstration einer einfachen webbasierten Anwendung neuronaler Netze | Foto: IKV
"IKV Challenge" app: Demonstration of a simple web-based application of neuronal networks | Photo: IKV

Global Connectivity

Gegenstand des dritten Themenfelds „Global Connectivity“ sind Arbeiten über die lokale Vernetzung der Systeme und Maschinen hinaus. Im Verbund des neuen Exzellenzclusters „Internet of Production“, dessen Einrichtung Ende September beschlossen wurde (siehe S. 12), forscht das IKV an Rahmenbedingungen für technologische und systemischen Fragestellungen zur gezielten Datenerfassung und Datenanalyse in globalen Produktions- und Forschungsnetzwerken.

Auf unterster Ebene gehört dazu die technische Umsetzung einer umfassenden Prozessdatenerfassung. Hierzu arbeitet das IKV mit der Kistler Instrumente AG, Winterthur, Schweiz, zusammen, um nicht nur Auftrags- und Maschinendaten über OPC UA oder EUROMAP von den Maschinen aus dem Spritzgießtechnikum zu erfassen, sondern diese auch mit dem Kistler-eigenen Como Data Center zu verknüpfen. Durch die gemeinsame Entwicklung von Synchronisierungs- und Datenbankkonzepten soll es zukünftig möglich sein, Daten über das Prozessverhalten innerhalb eines Zyklus neben zusätzlichen Maschinen- und Betriebsdaten in einem System abzurufen.

Global Connectivity

The third area of innovation, namely ”Global Connectivity”, deals with projects that go beyond the local networking of the systems and machines. Within the new Cluster of Excellence ”Internet of Production”, for which the go-ahead was given at the end of September (see p. 12), IKV will carry out research on framework conditions on technological and systemic matters for specific data acquisition and analysis in global production and research networks.

At the lowest level is the technical implementation of a comprehensive process data acquisition. For this, IKV is cooperating with Kistler Instrumente AG, Winterthur, Switzerland, in order to document not only order and machine data on OPC UA or EUROMAP from the machines in the injection moulding pilot plant, but also to link them with Kistler's own Como Data Centre. Through the joint development of synchronisation and database concepts, it should become possible in future to call up data on the process behaviour within a cycle alongside additional machine and operating data in a system.

„Im neuen Exzellenzcluster „Internet of Production“ erforscht das IKV Rahmenbedingungen sowie Möglichkeiten zur gezielten Datenerfassung und -analyse in globalen Produktions- und Forschungsnetzwerken.“

”In the new Excellence Cluster ”Internet of Production”, IKV is carrying out research into framework conditions and possibilities for specific data acquisition and analysis in global production and research networks.”

Mit der Verfügbarkeit eines stabilen Systems und der Integration sämtlicher Technika und Labore des IKV sowie industrieller Pilotpartner treten jedoch auch neue Herausforderungen auf, um verfügbare Produktions- und Testdaten in einer serviceorientierten Informationsarchitektur zielgerichtet zu analysieren. Aus diesem Grund beschäftigen sich die Forscher auch mit notwendigen Informationsmodellen und der anwendungsorientierten Definition von Datenobjekten in kunststofftechnischen Prozessen.

With the availability of a stable system and the integration of all IKV's pilot plants and laboratories and also industrial pilot partners, however, fresh challenges also arise for specifically analysing available production and test data in a service-oriented information architecture. For this reason, the research team is also occupied with necessary information models and the application-oriented definition of data objects in plastics processes.

Der Mensch als entscheidende Instanz

Übergeordnetes Ziel der Forschungsarbeiten im Exzellenzcluster „Internet of Production" und am IKV ist es, Bediener durch geeignete Assistenzsysteme bei der Einstellung und Optimierung der Produktionsprozesse bestmöglich zu unterstützen. Die Forscher sind der festen Überzeugung, dass der Mensch in der Produktion noch lange nicht vollständig zu ersetzen ist. Insbesondere bei komplexen Verarbeitungsprozessen und Einstellungsparametern, die von einer Vielzahl von Einflüssen abhängig sind, muss es einen rationalen Entscheider als letzte Instanz geben. Er entscheidet über Annahme oder Ablehnung vorgeschlagener Lösungen, hinterfragt berechnete Lösungen mit Blick auf die jeweilige Situation kritisch und ist in der Lage, zielgerichtet in den automatisierten Prozess einzugreifen. Assistenzsysteme können an dieser Stelle helfen, ereignisbasierte Entscheidungen automatisiert zu treffen, autonome Handlungen einzuleiten oder Prozesse basierend auf vergangenen Handlungen adaptiv anzupassen.

Man as the number one authority

The prime target of the research work carried out in the Excellence Cluster "Internet of Production" and at IKV is to support operators in the best possible way through suitable assistance systems for the setting-up and optimisation of the production process. The researchers are of the firm conviction that man is still far from being replaceable in production. Especially with complex processing processes and setting-up parameters, which are dependent on a wide variety of influences, there must be a rational decision-maker as the final instance. He decides on the acceptance or refusal of proposed solutions, must critically question calculated solutions with regard to the respective situation, and must be in a position to intervene in the automated process if necessary. Assistance systems can help at this point to automatically take event-driven decisions, to initiate autonomous actions or to trigger adaptive processes based on past actions.

Anwendungsfallspezifische Datenanalyse

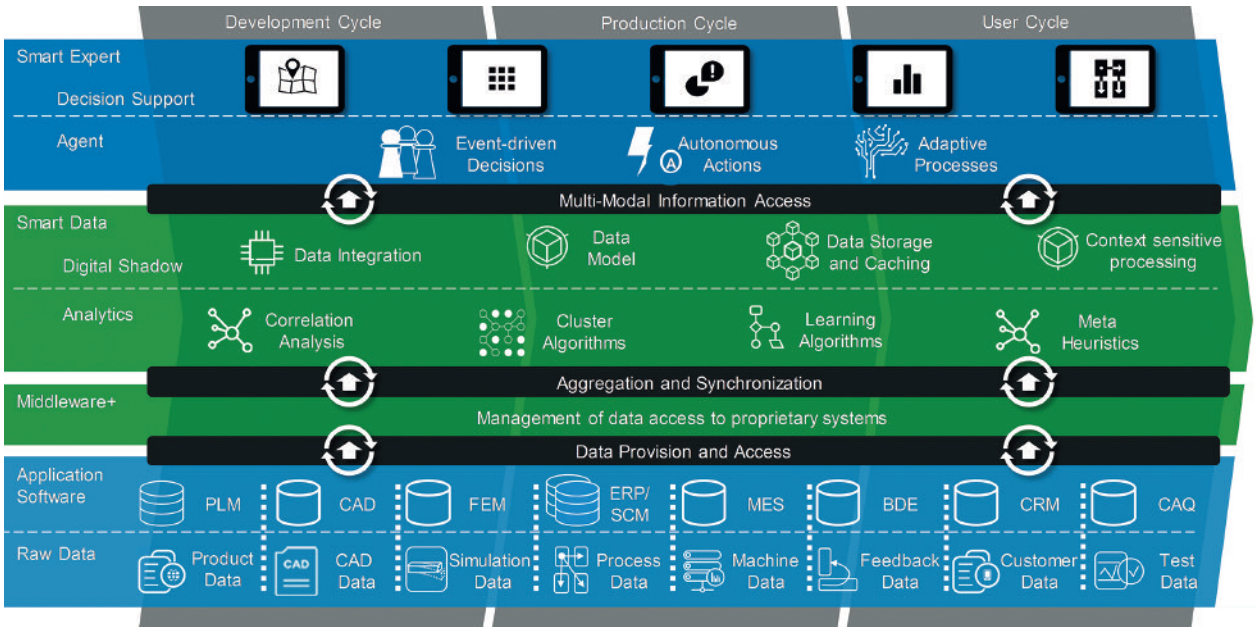
Während es einerseits darum geht, auf eine Vielzahl von Rohdaten zugreifen zu können, welche Maschinen und Sensoren, aber auch Softwaresysteme der virtuellen Bauteil- und Prozessentwicklung direkt bereitstellen, liegt der Fokus im „Internet of Production" andererseits auf der anwendungsfallspezifischen Analyse dieser Daten.

Application-specific data analysis

While, on the one hand, it is a question of being able to access a variety of raw data made directly available by machines and sensors as well as software systems for virtual part and process development, the focus in the "Internet of Production" is on the application-specific analysis of this data.

Depending on the assistance system and the analysis algorithm, a proportion of the available data previously defined as a "digital shadow" is analysed with regard to a concrete problem. One and the same data package can be viewed from different algorithms for a wide variety of applications. Although this results in greater flexibility when handling the variety of production data, this situation also gives rise to the necessity to first develop the digital shadow of a production system for different problems.

Vision der Nutzung der Bauteilsimulation zur Prozesseinstellung und -anpassung | Foto: ARBURG GmbH & Co.KG
Vision of the use of component simulation for setting up and adjusting the process | Photo: ARBURG GmbH & Co.KG



Infrastruktur des „Internet of Production" | Grafik: Antrag Exzellenzcluster
Infrastructure of the "Internet of Production" | Graphics: Proposal Excellence Cluster

Je nach Assistenzsystem und Analysealgorithmus wird dazu eine vorher als Digital Shadow definierte Teilmenge der zur Verfügung stehenden Daten in Hinblick auf eine konkrete Fragestellung analysiert. Ein und dasselbe Datenpaket lässt sich von unterschiedlichen Algorithmen für verschiedenste Anwendungen betrachten. Daraus ergibt sich zwar eine größere Flexibilität im Umgang mit der Vielzahl der Produktionsdaten, der Umstand bedingt jedoch auch die Notwendigkeit, den Digital Shadow eines Produktionssystems für unterschiedliche Fragestellungen zunächst zu entwickeln.

Partnerschaft mit Industrie ist wichtiger Bestandteil

Im Exzellenzcluster „Internet of Production" sowie in der Vielzahl bereits bestehender Forschungsprojekte im Themenkomplex Kunststoffindustrie 4.0 beschäftigt sich das IKV mit der strukturierten und umfassenden Integration digitaler Methoden in die Produktionssysteme der kunststoffverarbeitenden Industrie. In den drei Themenfeldern „Digital Engineering", „Complex Value Chain" und „Global Connectivity" werden Entwicklungssysteme, die Vernetzung im Shopfloor sowie eine nutzwertstiftende Datenanalyse gleichzeitig adressiert. Ohne die detaillierte Betrachtung realer Anwendungsfälle ist dies jedoch wenig aussagekräftig. Die Integration realer Fertigungsprozesse im Sinne eines World Wide Lab of Labs liefert eine hinreichende Datenbasis, die zur Abbildung des komplexen Verhaltens eines Produktionssystems unverzichtbar ist. Sie ermöglicht die Formulierung valider Modelle mehrstufiger Prozesse entlang der Wertschöpfungskette. Solche Modelle gestatten eine zuverlässige Entscheidungsfindung in Echtzeit und führen zu robusten, flexiblen sowie in Hinblick auf die jeweilige Aufgabenstellung und unter Berücksichtigung der individuellen Randbedingungen technisch wie wirtschaftlich optimalen Prozessen. Die Zusammenarbeit mit Industriepartnern ist dazu unerlässlich.

Partnership with industry is an important component

In the Excellence Cluster "Internet of Production" and in the wide variety of existing research projects on the subject of Plastics Industry 4.0, IKV is occupied with the structured and comprehensive integration of digital methods into the production systems of the plastics processing industry. The three areas "Digital Engineering", "Complex Value Chain" and "Global Connectivity" simultaneously address development systems, networking on the shopfloor, and a benefit-generating data analysis system. Without the detailed examination of real applications, however, this is of little use. The integration of real production processes in the sense of a World Wide Lab of Labs provides an adequate database that is indispensable for simulating the complex behaviour of a production system. It allows the formulation of valid models of multi-step processes along the value chain. Such models allow reliable decision-making in real time, and lead to robust, flexible and – with regard to the respective task and taking into account the individual boundary conditions – optimum processes from both a technical and economic viewpoint. For this, cooperation with industry partners is essential.

Information

Malte Röbig, M.Sc.
+49 241 80-93827
malte.roebig@ikv.rwth-aachen.de

Kunststoffoptik aus Aachen
Plastic optics from Aachen

Zur Herstellung hochwertiger thermoplastischer Kunststoffoptiken werden häufig Spritzprägeverfahren eingesetzt, die sich im Vergleich zum Spritzgießen durch eine höhere Maßhaltigkeit und geringere Eigenspannungen auszeichnen. Kunststoffoptiken sind häufig lokal sehr dickwandig und haben somit große Wanddickenunterschiede. Bei einer konstanten Werkzeugtemperierung erstarren dadurch dünnwandige Linsenbereiche wesentlich früher, sodass durch den Prägedruck lokal starke Spannungen in das Formteil eingebracht werden können. Diese beeinflussen die optischen Eigenschaften der hergestellten Kunststofflinsen maßgeblich.

Aus diesem Grund hat ein von der DFG gefördertes Transferprojekt des Sonderforschungsbereichs (SFB) 1120 das Ziel, eine bedarfsgerechte Werkzeugtemperierung für das Spritzprägeverfahren umzusetzen. Damit wird eine lokale Einflussnahme der Abkühlbedingungen möglich, sodass dick- und dünnwandige Formteilbereiche gleichzeitig erstarren. Für die Umsetzung wird eine neuartige Methodik zur automatischen, bedarfsgerechten Auslegung des Temperierlayouts in Spritzgießwerkzeugen adaptiert, welche im Rahmen des Sonderforschungsbereichs SFB 1120 am IKV entwickelt wurde. Die entwickelte Auslegungsroutine fokussiert sich bisher auf typische, dünnwandige Spritzgießbauteile. Diese soll nun für das Spritzprägeverfahren und dickwandige, optische Bauteile erweitert werden.

Aus der Forschung
News from research

Hochpräzise Kunststofflinsen für den Automobilbau zum Einsatz von blendfreiem Fernlicht | Foto: Hella GmbH & Co. KGaA
High-precision plastic lenses for automotive construction for use in glare-free high beam | Photo: Hella GmbH & Co. KGaA

Im Rahmen des Transferprojekts soll mithilfe der Auslegungsroutine eine bedarfsgerechte Temperierung für einen typischen Demonstrator entwickelt werden, sodass die Kunststoffschmelze gleichmäßig und spannungsarm abkühlt. Somit kann durch die Reduktion der Eigenspannungen die Qualität der Formteile erhöht werden. Beim Spritzprägen erfährt das Formteil einen beständigen Werkzeugkontakt, sodass außerdem die Zykluszeit gesenkt werden kann.

Projektpartner sind die HELLA GmbH & Co. KGaA, Lippstadt, und die gwk Gesellschaft Wärme Kältetechnik mbH, Meinerzhagen. Somit ist zum einen sichergestellt, dass die untersuchte Geometrie den Ansprüchen in der Praxis entspricht und zum anderen in diesem Projekt mit aktuellster Temperiertechnik gearbeitet werden kann.

For the production of high-quality thermoplastic optics, use is frequently made of injection compression moulding processes, which, compared with injection moulding, are noted for their higher dimensional stability and lower internal stresses. Plastic lenses frequently have areas where the wall is much thicker than the rest, resulting in considerable wall thickness differences. With constant mould temperature control, thin-walled lens areas thus solidify very much earlier, so that, through the compressive pressure, considerable stresses can be introduced locally into the moulded part. These stresses have a major influence on the optical properties of the produced plastic lenses.

For this reason, a transfer project funded by the DFG as part of Collaborative Research Centre (SFB) 1120

aims to devise a suitable mould temperature control system for the injection compression moulding process. This will make it possible to exert a local influence on the cooling conditions, with the result that thick and thin-walled areas of the moulded part solidify simultaneously. To do this, an innovative methodology for the automatic, appropriate design of the temperature control layout in injection moulding tools is being adapted. The methodology was developed at IKV as part of Collaborative Research Centre SFB 1120. The developed design routine has focused until now on typical thin-walled injection-moulded parts, but is now to be extended for the injection compression moulding process and for thick-walled optical components.

As part of the transfer project and with the help of the design routine, an appropriate temperature control system for a typical demonstrator is to be developed so that the plastic melt cools evenly and with low stress. As a result, the quality of the mouldings can be increased through the reduction of the internal stresses. In injection compression moulding, the moulding has constant mould contact, with the result that the cycle time can also be lowered.

IKV's partners in the project are HELLA GmbH & Co. KGaA, Lippstadt, and gwk Gesellschaft Wärme Kältetechnik mbH, Meinerzhagen. Their participation ensures on the one hand that the studied geometry conforms to the demands of practical application and, on the other, that state-of-the-art temperature control technology is used in this project.

Information
Jonas Gerads, M.Sc.
jonas.gerads@ikv.rwth-aachen.de

Schließt maschinelles Lernen Lücke zwischen Simulation und Maschine?
Does machine learning close gap between simulation and machine?

Maschinellen Lernverfahren wird ein großes Potenzial zu Analyse und Optimierung in der Produktion zugesprochen. In der Kunststoffverarbeitung sind bislang jedoch wenige konkrete Anwendungen bekannt. In dem interdisziplinären Projekt BRAIN (Biologically Inspired Learning Processes for Machines in Production) widmet sich das IKV gemeinsam mit dem Institut für Informationsmanagement im Maschinenbau (IMA), dem Institut für Bildsame Formgebung (IBF) und der Knowledge-Based Systems Group (KBSG) der Anwendung von maschinellen Lernverfahren im Spritzgießen.

Die Forscher des durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Erkenntnistransferprojekts des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer" untersuchen, wie die Prozesseinrichtung im Spritzgießen durch maschinelle Lernverfahren unterstützt werden kann. Der bislang stark von Erfahrungswissen abhängige und wenig zielgerichtete Einrichtungsprozess soll durch den Einsatz von maschinellen Lernverfahren in Kombination mit Spritzgießsimulationen verbessert werden.

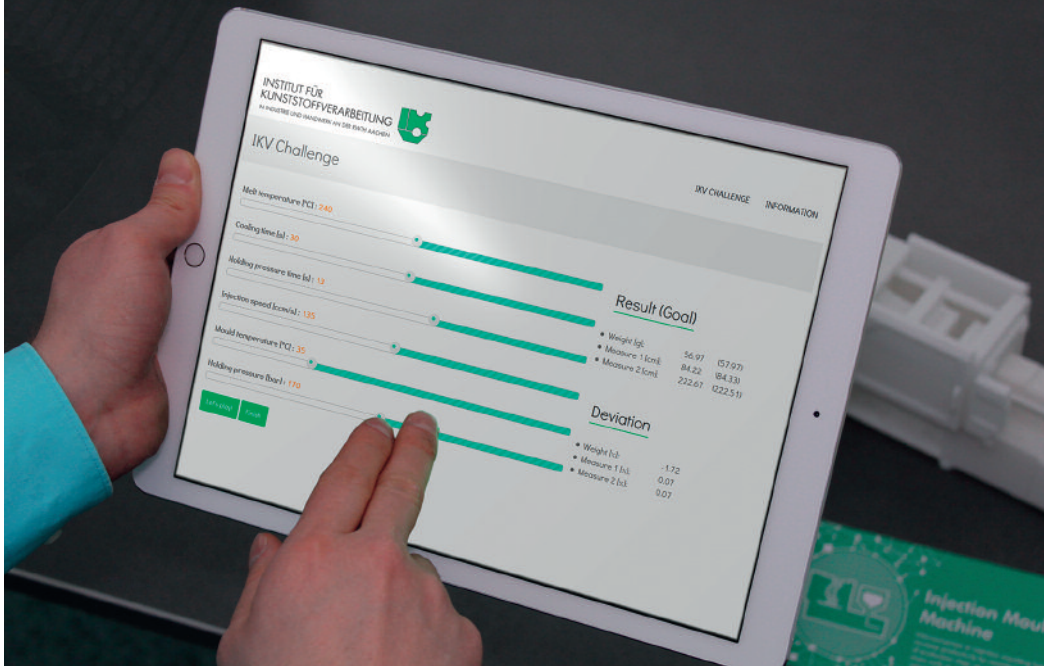
Vorteile und Herausforderungen des maschinellen Lernens

Maschinelles Lernen ermöglicht bei der Prozesseinrichtung eine autonome Optimierung hinsichtlich vordefinierter Zielgrößen. Speziell können Einstellparameter schneller gefunden und eine höhere Produktqualität erzielt werden. Somit ist das Verfahren vor allem bei technischen Bauteilen mit hohen Toleranzanforderungen, beispielsweise in der Automobilindustrie interessant. Der Einsatz von Methoden wie künstlichen neuronalen Netzen (KNN) erfordert jedoch einen Trainingsprozess, der mit aufwendigen Spritzgießversuchen verbunden ist.

Eine Lösung, um den praktischen Trainingsaufwand deutlich zu reduzieren, könnte der Einsatz von numerischen Simulationen sein. Dazu werden virtuelle Modelle in Form von Spritzgießsimulationen genutzt, um schon im Vorfeld die prinzipiellen Zusammenhänge des Prozesses abzubilden. Dies bietet sich vor allem an, da Simulationswerkzeuge für das Spritzgießen zur Verfügung stehen, die komplexe Zusammenhänge mit hoher Genauigkeit in kurzer Zeit vorhersagen können. Simulationen mit unterschiedlichen Parametereinstellungen werden vollautomatisch gestartet und durchgeführt. Ein gewisser Simulationsfehler ist aber unvermeidbar und erschwert die direkte Anwendung von auf Simulationen basierenden Modellen an der Maschine.

Ansätze des BRAIN-Projekts

Im BRAIN-Projekt werden verschiedene maschinelle Lernverfahren eingesetzt. Dabei wird untersucht, wie gut sich einzelne Verfahren eignen, um Qualitätsgrößen vorherzusagen und wie diese typischerweise für



Demonstration einer einfachen webbasierten Anwendung Neuronaler Netze | Foto: IKV
Demonstration of a simple web-based application of neuronal networks | Photo: IKV

Spritzgießdaten parametrisiert werden müssen. Es wird außerdem analysiert, welche Unterschiede zwischen dem Lernen aus Real- und Simulationsdaten bestehen und ob sich der Simulationsfehler durch maschinelle Lernverfahren vorhersagen und korrigieren lässt. Ferner werden verschiedene Verfahren zum kombinierten Lernen aus Real- und Simulationsdaten entwickelt. Schließlich soll so der Bediener unterstützt und die Prozesseinrichtung systematisiert werden. Dazu werden neben einer Systematik zur Optimierung der Prozesseinrichtung auch Visualisierungen der Lernverfahren eingesetzt, die das Prozessverhalten anschaulich in einer webbasierten Oberfläche darstellen (siehe Abbildung). Der Transfer von erlernten Zusammenhängen auf bislang unbekannte Bauteile ist ein weiterer Fokus des Projekts.

Machine learning processes are said to have enormous potential for analysis and optimisation in production. In plastics processing, however, few concrete applications have so far become known. In the interdisciplinary project BRAIN (Biologically Inspired Learning Processes for Machines in Production), IKV, together with the Institute of Information Management in Mechanical Engineering (IMA), the Institute of Metal Forming (IBF) and the Knowledge-Based Systems Group (KBSG), is studying the application of machine learning processes in injection moulding.

The research team taking part in the knowledge transfer project of the Cluster of Excellence "Integrative Production Technology for High-Wage Countries", funded by the German Research Foundation (DFG), is examining how the setting up of the process in injection moulding can be supported by machine learning processes. The objective is to improve the setting-up process – which until now has been heavily dependent on know-how gleaned from operators' experience and has not been particularly precise – by the use of machine learning processes in combination with injection moulding simulations.

Advantages and challenges of machine learning

At the process set-up stage, machine learning allows autonomous optimisation with regard to predefined target data. In particular, setting-up parameters can be found more quickly and a higher product quality can be achieved. This makes the process especially interesting for technical parts with high tolerance requirements, for example in the automotive industry. The use of methods such as artificial neuronal networks (ANN), however, requires a training process, which is connected with complicated injection moulding trials.

One way to significantly reduce the amount of practical training required could be the deployment of numerical simulations. For this, virtual models are used in the form of injection moulding simulations in order to simulate the basic interrelationships of the process in advance. This is particularly useful because simulation tools are available for injection moulding that can predict complex relationships with a high degree of accuracy within a short time. Simulations with different parameter settings are started and carried out fully automatically. A certain simulation error is, however, unavoidable and makes it more difficult to direct apply simulation-based models on the machine.

Approaches of the BRAIN project

In the BRAIN project, various machine learning processes are used. A study is made of how well individual processes are suited to predicting quality data and how they must be typically parametrised for injection moulding data. An analysis is also carried out of what differences exist between the learning from real data and from simulated data, and whether the simulation errors can be predicted and corrected through machine learning processes. Furthermore, various processes are developed for combined learning from real and simulation data. At the end of it all, the aim is to support the operator and systemise the setting-up process. For this, apart from a system for optimising the setting-up, visualisations of the learning processes are also used that illustrate the process behaviour vividly in a web-based interface (see photo). Another focus of the project is the transfer of learned relationships to previously unknown parts.

Information

Julian Heinisch, M.Sc.
julian.heinisch@ikv.rwth-aachen.de

IKV-Aktuell

IKV news

CoSiMa – Spritzgießsimulation direkt in der Produktion

CoSiMa – Injection moulding simulation directly in production

Die Simulation direkt an die Spritzgießmaschine zu bringen und Bediener in der Prozesseinstellung zu unterstützen, ist das Ziel eines aktuellen Forschungsprojektes am IKV. Zusammen mit deutschen und slowenischen Partnern soll im internationalen Forschungsprojekt CoSiMa (Connecting simulation and machine to optimize the production process of injection molded parts), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), der Einrichtungsprozess an der Spritzgießmaschine vereinfacht und unabhängiger von den individuellen Anwendungserfahrungen der Bediener gemacht werden.

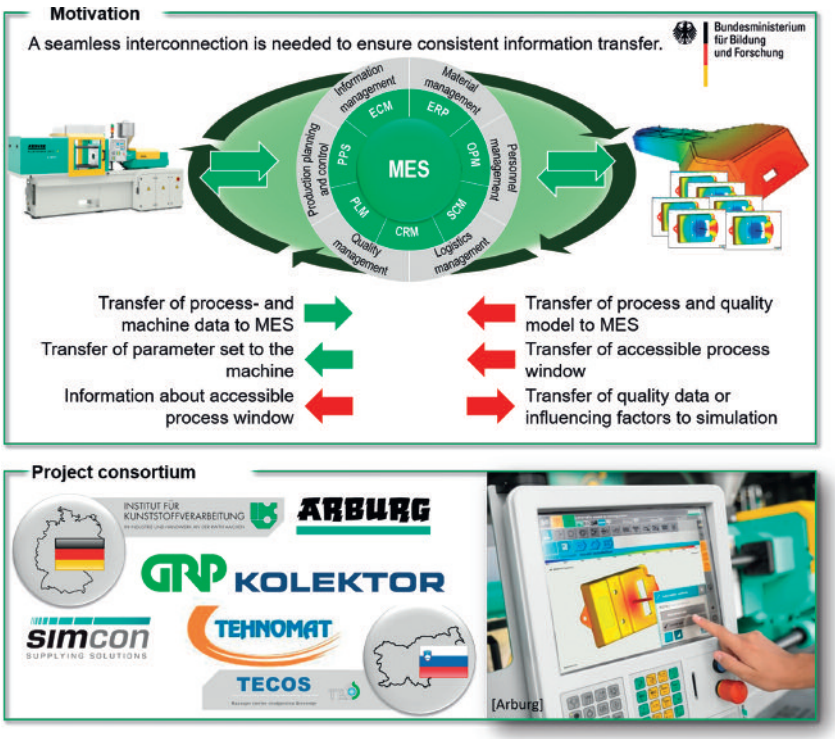
Das neue Projekt, das als Transferprojekt aus dem Internationalisierungskonzept (Internationalization of Leading-edge Clusters, Future Projects and Comparable Networks (InterSpiN)) des IKV entstand, gliedert sich perfekt in die Aktivitäten des IKV zum Leitthema Kunststoffindustrie 4.0 ein. Fokus in diesem Forschungsfeld sind unter anderem interdisziplinäre Projekte, in welchen anwendungsorientierte Nutzungsszenarien Forschungsfragen zu informatorisch und materiell vernetzten Fertigungsumgebungen behandeln.

Vernetzte Systeme auch für die Prozesseinrichtung

Ein Vorteil vernetzter Systeme zeigt sich bereits in den weitreichenden Möglichkeiten zur Kommunikation von Spritzgießmaschine und Leitrechnersystem (Manufacturing Execution System – MES). Standardisierte Kommunikationsschnittstellen wie OPC-UA und EUROMAP ermöglichen einen umfangreichen und lückenlosen Datentransfer zwischen Maschine und MES, um umfangreiche Prozess- und Maschinendaten zu erfassen und statische Einstellparameter der Maschine direkt an das MES zu übergeben.

Der Einrichtungsprozess bleibt dadurch jedoch nach wie vor zu großen Teilen abhängig von der individuellen Erfahrung eines Bedieners. Oft existieren in Betrieben explizit „Bediener" neben erfahreneren „Einrichtern", da die für einen stabilen Prozess und hochqualitative Bauteile benötigten umfangreichen Anpassungen des ursprünglich vorgeschlagenen Parametersatzes sehr viel Erfahrung erfordern. Viele für einen Bediener hilfreiche Informationen über ansteuerbare Prozessfenster entstehen bereits in der Konstruktionsphase eines Bauteils und Werkzeugs durch Simulationen, sind aufgrund der Entkopplung von Konstruktion und Produktion jedoch nicht an der Maschine abrufbar.

Aus diesen Gründen verfolgt das internationale und interdisziplinäre Forschungsvorhaben das Ziel, durch informatorisch vernetzte Systeme umfassende Informationen über mögliche Prozessfenster und -parameter an der Maschine bereitzustellen. Dazu stehen neben Entwicklungen zu Schnittstellen und Kommunikationsprotokollen insbesondere Transferfunktionen im Mittelpunkt, die es ermöglichen sollen, simulativ bestimmte Prozessparameter in Maschineneinstellgrößen umzuwandeln und über ein MES der Maschine zu übergeben. In einem Expertensystem wird es möglich sein, die zu einem passenden Prozessfenster vorgeschlagenen Einstellparameter zu prüfen, anzunehmen oder individuell anzupassen. Ein Feedback-System soll die Auswahl anschließend über das MES als zen-



Leitbild und Projektpartner im internationalen Forschungsprojekt CoSiMa | Grafik: IKV
Model and project partners in the international research project CoSiMa | Graphics: IKV

tralen Datenverwalter aufnehmen, sodass aus sonst entkoppelten und vorgelagerten Konstruktionsprozessen gewinnbringend auf die realen Prozessdaten zugegriffen werden kann.

An ongoing research project at IKV aims to enable a simulation to be carried out directly on the injection moulding machine and to support operators in the setting-up of the process. Together with German and Slovenian partners in the international research project CoSiMa (Connecting simulation and machine to optimize the production process of injection molded parts), funded by the Federal German Ministry for Education and Research (BMBF), the setting-up process on the injection moulding machine is to be simplified and made less dependent on the individual application experience of the operators.

The new project, which came about as a transfer project from IKV's internationalisation concept (Internationalization of Leading-edge Clusters, Future Projects and Comparable Networks (InterSpiN)), fits perfectly into IKV's activities on the lead topic of Plastics Industry 4.0. The focus in this area of research is, among other things, on interdisciplinary projects in which application-oriented usage scenarios deal with research issues on IT and material-networked production environments.

Networked systems also for setting up the process

One advantage of networked systems becomes evident in the far-reaching possibilities for communication between the injection moulding machine and the central computer system (Manufacturing Execution System – MES). Standardised communication interfaces such as OPC-UA and EUROMAP enable extensive and continuous data transfer between machine and MES in order to document extensive process and machine data and to transfer static setting-up parameters of the machine directly to the MES.

However, the setting-up process still remains to a large extent dependent on the individual experience of the operator. In many firms there are explicitly "operators" alongside experienced "setters-up", because making the many adjustments to the originally proposed parameter set that are needed to ensure a stable process and high-quality parts requires a great deal of experience. Much of the information on controllable process windows that could be of help to an operator is generated through simulation back at the design phase of the part and mould but, because of the decoupling of design and production, cannot be called up on the machine.

For these reasons, the aim of this international and interdisciplinary research project is, through IT-networked systems, to provide extensive information on possible process windows and parameters on the machine. Alongside developments on interfaces and communication reports, the focus is especially on transfer functions that should enable process parameters determined by simulation to be converted into machine settings and transferred to the machine via an MES. In an expert system, it will become possible to check, accept or individually adapt the set-up parameters proposed for a suitable process window. A feedback system aims to record the selection subsequently via the MES as a central data administrator, so that the real process data can be usefully accessed from the otherwise decoupled and preceding design processes.

Information
Pascal Bibow, M.Sc.
pascal.bibow@ikv.rwth-aachen.de

IKV-Aktuell

IKV news

Verbesserung der Produktqualität beim Saugblasformen durch Stützlufteinbringung

Improving the product quality in suction blow moulding through the introduction of support air

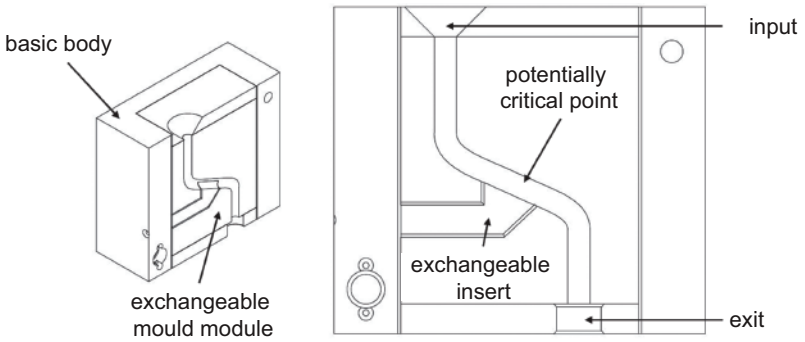
Die Verfahrenstechnik des Saugblasformens ermöglicht die wirtschaftliche Fertigung von komplizierten, dreidimensional gewundenen Leitungen, wie sie beispielsweise für Kühlungs-, Heizungs- oder Klimatisierungssysteme im Automobil zum Einsatz kommen. Dennoch gibt es noch Einschränkungen bezüglich der Artikelqualität und -komplexität: Beim Saugblasformen wird ein extrudierter Vorformling in das geschlossene Werkzeug eingesaugt. Es entsteht ein Luftstrom, der es dem Vorformling ermöglicht, in das Werkzeug hineinzugleiten und die angestrebte Form anzunehmen. Bei sehr komplexen Geometrien und engen Kurven kann dieser Luftstrom abreißen und es kommt zum verfrühten Kontakt zwischen Werkzeugoberfläche und Vorformling. Dies kann dazu führen, dass der Vorformling an der Werkzeugoberfläche anhaftet, ein Ausformen also nicht mehr möglich ist, oder dass aufgrund der einseitigen Abkühlung des Vorformlings eine Dickstelle im Bauteil entsteht.

Eine häufig genutzte Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen, ist der Einsatz von Öl als Schmiermittel, das den Vorformling besser durch das Werkzeug gleiten lässt. Allerdings lagert sich das Öl auf der Bauteiloberfläche ab, was die Nachbearbeitung erschwert.

Das Ziel des kürzlich angelaufenen Forschungsvorhabens „Saugblasformen mit Stützlufteinbringung über poröse Werkzeugeinsätze zur Verbesserung der Produktqualität", das von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gefördert wird, ist die Verbesserung der Qualität saugblasgeformter Bauteile sowie die Erhöhung der Gestaltungsfreiheit und die Verringerung des Materialeinsatzes beim Saugblasformen. Dies soll durch den Einsatz additiv gefertigter poröser Werkzeugeinsätze im Blasformwerkzeug erreicht werden. Diese Einsätze ermöglichen die gezielte Einbringung von Druckluft an Stellen enger Kurven oder komplexer Geometrien. Durch die Druckluft wird ein Luftpolster erzeugt, dass den Kontakt des Vorformlings mit der Formnestoberfläche verhindert.

Im Projektverlauf sollen zunächst die kritischen Stellen in der Bauteilgeometrie ermittelt werden, an denen es zu einem Kontakt zwischen Formnestoberfläche und Vorformling kommt. An den identifizierten Stellen werden die porösen Einsätze verwendet, um Luftpolster zu erzeugen. Die Entstehung des Luftpolsters und dessen Tragfähigkeit werden sowohl in praktischen Untersuchungen als auch simulativ betrachtet, um einen gezielten Einsatz zu ermöglichen. Anschließend ermitteln die Wissenschaftler des IKV, welche Oberflächenstruktur für den Werkzeugeinsatz am besten geeignet ist. Dazu werden Oberflächen mit unterschiedlich feinen Strukturen hergestellt und ihr Einfluss auf den Prozess analysiert. Weiterhin wird untersucht, bis zu welchem Grad die Komplexität der Bauteilgeometrie unter Einsatz der Luftpolster gesteigert werden kann. Die ermittelten Ergebnisse geben Aufschluss über die Möglichkeiten und Grenzen des entwickelten Verfahrens.

Werkzeugkonzept | Grafik: IKV
Mould concept | Graphics: IKV



The technology of the suction blow moulding technology allows the economic manufacture of complex, three-dimensionally twisted piping as is used, for example, for cooling, heating and air-conditioning systems. Nevertheless, there are still restrictions with regard to the quality and complexity of the article: In suction blow moulding, an extruded parison is sucked in to the closed mould. This results in an air current that enables the parison to slide into the mould and assume the desired shape. With very complex geometries and narrow curves, this flow of air may be interrupted, resulting in premature contact between the mould surface and the parison. This can lead to a situation in which the parison adheres to the surface of the mould, thus preventing proper form-

Aus der Forschung
News from research

ing or, because of the one-sided cooling of the parison, can create a thicker area in the part.

A frequently used method of countering this problem is to use oil as a lubricant, which allows the parison to slip better through the mould. The only problem is that the oil becomes deposited on the surface of the part, which makes post-finishing more difficult.

The aim of the recently launched research project "Suction blow moulding with the introduction of support air via porous mould inserts to improve product quality", which is funded by the Confederation of Industrial Research Associations (AiF), is to improve the quality of suction blow-moulded parts and to increase the design freedom and reduce the material consumption in suction blow moulding. This is to be achieved through the use of additively manufactured porous mould inserts in the blow moulding tool. These inserts enable the specific introduction of compressed air at points of tight curves or complex geometries. Through the compressed air, an air cushion is created that prevents contact between the parison and the cavity surface.

During the course of the project, the critical points in the geometry of the part will first be determined to identify where there is contact between the cavity surface and the parison. At these points, the porous inserts are used in order to create air cushions. The formation of the air cushion and its load-carrying capacity are examined both in practical trials and by simulation in order to enable a specific application. Subsequently, the IKV scientists will establish which surface structure is best suited for the mould insert. For this, surfaces with differently fine structures will be manufactured and their influence on the process analysed. Apart from that, a study will be carried out to establish up to what level the complexity of the part geometry can be increased using the air cushion. The established results will provide valuable information on the possibilities and limitations of the developed process.

Information
Dominik Foerges, M.Sc.
dominik.foerges@ikv.rwth-aachen.de

Intelligente und einheitliche Qualitätssicherung am Beispiel Keramikschaumfilter
Intelligent and consistent quality assurance based on the example of ceramic foam filters

Keramikschaumfilter, die beispielsweise im Alustrangguss eingesetzt werden, unterliegen strengen Qualitätsanforderungen, weshalb eine ganzheitliche Qualitätssicherung der Wertschöpfungskette erforderlich ist. Aktuell bestehen aber genau an diesem Punkt erhebliche Defizite: Aufgrund örtlicher Trennung, fehlender Vernetzung der Produktionsstätten und unterschiedlicher, teils subjektiver Prüfsysteme, entstehen zusätzliche Kosten in Form von Reklamationen und Zeitverlust. Diese Defizite finden sich nicht nur bei der Herstellung von Keramikschaumfiltern, sondern spiegeln einen Großteil der Lücken in der Qualitätssicherung anderer Wertschöpfungsketten wider.

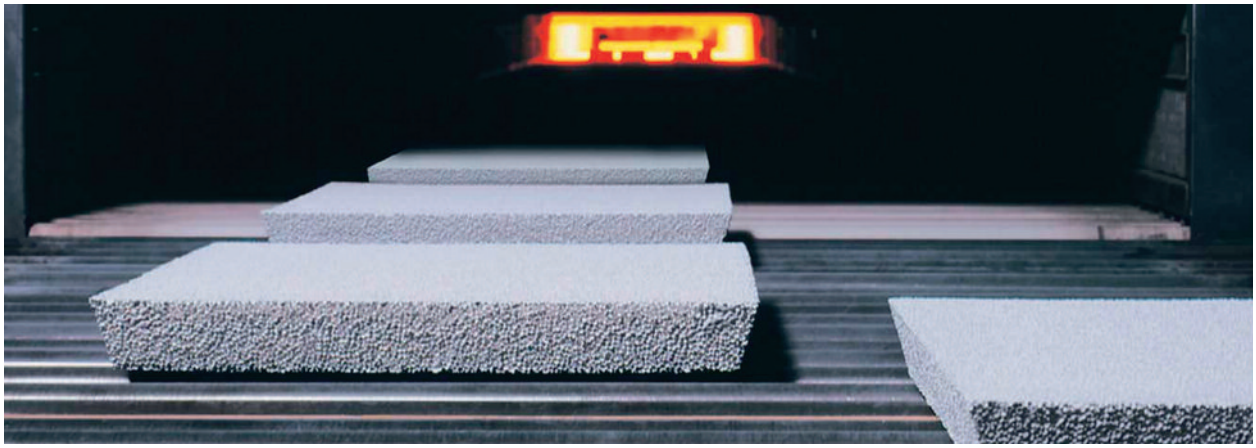
Selbstlernender Algorithmus bietet Lösungen

An dieser Stelle setzt ein Grundgedanke von Industrie 4.0 an, in deren Fokus intelligente Systeme stehen, die eine Zusammenarbeit von Mensch, Maschine und Logistik ermöglichen. Das Ziel des BMBF-Projektes „Intelli-OptCPQS", das am IKV vor kurzem startete, ist die Entwicklung eines intelligenten und einheitlichen Qualitätssystems am Beispiel der Wertschöpfungskette eines Schaumfilters zur Erreichung einer Qualitätsgarantie. Es werden Prozess- und Erfahrungsdatenbanken genutzt, um selbstlernende Bildverarbeitungsalgorithmen so zu trainieren, dass sie den vorliegenden Fertigungsprozess erkennen. Der lernende Algorithmus ist in der Lage, selbstständig Qualitätsmerkmale zu erfassen und zu beurteilen. Die Kombination aus derartigen Algorithmen, Erfahrungs- und Prozessdatenbanken fördert die Mensch-Maschine-Algorithmus-Interaktion, die wesentlicher Bestandteil eines cyberphysischen Systems ist. In zusätzlicher Interaktion mit einem inlinefähigen optischen Prüfsystem wird die Entwicklung eines cyberphysischen Qualitätssystems ermöglicht, dessen allgemeines Vorgehen den erfolgreichen Einsatz in zahlreichen unterschiedlichen Anwendungsbereichen verspricht.

Die Projektpartner Reisgies Schaumstoffe GmbH, EMW filtertechnik

IKV-Aktuell

IKV news



Keramikschaumfilter | Foto: Drache Umwelttechnik GmbH
Ceramic foam filters | Photo: Drache Umwelttechnik GmbH

GmbH sowie Drache Umwelttechnik GmbH bilden die Wertschöpfungskette des Keramikschaumfilters, in dem das System angewendet werden soll. Zur Analyse realisiert die aiXtrusion GmbH die Integration der Kameratechnik sowie die Beleuchtung und stellt ein Framework bereit, in das die vom IKV entwickelten selbstlernenden Algorithmen integriert werden können.

Ceramic foam filters, which are used in such applications as aluminium continuous casting, are subject to very strict quality requirements, so that a holistic quality assurance of the whole value-added chain is particularly important. At present, however, there are a number of shortcomings in this respect: Because the machines or production sites are geographically separate and there is often a lack of networking between them, and because use is often made of different, in some cases subjective testing systems, additional costs arise in the form of complaints and lost time. These shortcomings can be found not only in the production of ceramic foam filters, but are also seen in the large number of gaps in the quality assurance of other value chains.

Self-learning algorithm offers a solution

This is where one of the basic concepts of Industry 4.0 starts, at the focus of which are intelligent systems that enable collaboration between man, machine and logistics. The aim of a BMBF project called "Intelli-OptCPQS", which was recently launched at IKV, is to develop an intelligent and consistent quality system based on the example of the value-added chain of a foam filter to achieve guaranteed quality. Use is made of process databases and knowledge databases to train self-learning image processing algorithms in such a way that they can recognise the relevant production process.

The learning algorithm is able to autonomously document and evaluate quality characteristics. The combination of such algorithms with empirical and process databases encourages the man-machine-algorithm interaction, which is an important part of a cyber-physical system. An additional interaction with an inline optical testing system makes it possible to develop a cyber-physical quality system, the general approach of which promises its successful use in numerous different fields of application.

The project partners, Reisgies Schaumstoffe GmbH, EMW filtertechnik GmbH and Drache Umwelttechnik GmbH, form the value-added chain of the ceramic foam filter in which the system is to be applied. For the analysis, the firm aiXtrusion GmbH will implement the integration of the camera technology and the lighting and provide a framework into which the self-learning algorithms developed by IKV can be integrated.

Aus der Forschung
News from research

Information

Jens Wipperfürth, M.Sc.
jens.wipperfuerth@ikv.rwth-aachen.de

Porendominierter Stofftransport durch PECVD-beschichtete Kunststoffe

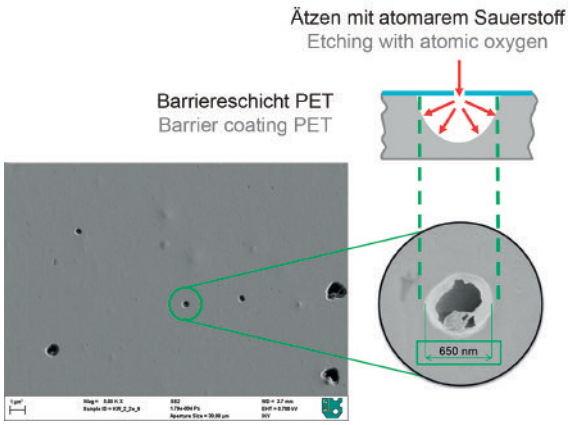
Pore-dominated material transport through PECVD-coated plastics

Kunststoffe bieten aufgrund ihrer molekularen Struktur nur eine geringe Barrierewirkung gegenüber Gasen und Aromen. Insbesondere in der Lebensmittelindustrie werden bevorzugt kostenreduzierte gasdurchlässige Kunststoffe wie beispielsweise Polypropylen (PP) oder Polyethylenterephthalat (PET) eingesetzt, sodass Verpackungen häufig mit einer Barriereschicht versehen werden müssen. Derartige Schichten sind gasundurchlässig, extrem dünn (< 100 nm) und somit recyclingfähig. Allerdings besitzen sie aufgrund ihres Aufwachsverhaltens kleine Poren, sogenannte Pinholes, welche einen maßgeblichen Einfluss auf den Stofftransport ausüben.

Da der Stofftransport durch diese Porenstrukturen mit den heutigen Modellen und Hypothesen bisher nicht ausreichend erklärt werden kann, werden im durch die DFG geförderten Projekt „Multiskalensimulationen zur Aufklärung des Stofftransports durch Kunststoffe mit PECVD-Beschichtung" grundlegende Vorgänge und Mechanismen bei der Diffusion durch PECVD-Beschichtungen untersucht. Das Projekt gehört zum Sonderforschungsbereich (SFB) TR 87 „Gepulste Hochleistungsplasmen zur Synthese nanostrukturierter Funktionsschichten", in dem das IKV bereits seit 2010 mit Partnern Forschung zur Plasmatechnologie betreibt.

In Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis „Dynamics of Condensed Matter" der Universität Paderborn soll nun eine Multiskalensimulationsmethode etabliert werden, um den Anteil des porendominierten Stofftransports durch Kunststoffe mit PECVD-Schichten aufzuklären und insbesondere zu quantifizieren. Dabei wird das System zunächst in Barriereschicht und Kunststoff separiert, um die Transportphänomene isoliert untersuchen zu können. Der Transport durch den Kunststoff wird mithilfe kontinuumsmechanischer Ansätze beschrieben, während der Transport durch die Barriereschicht, abhängig vom Porendurchmesser, atomistisch-quantenmechanisch und atomistisch-klassisch modelliert wird. Weiterhin werden die Poren in der zumeist transparenten Barriereschicht mit einem Sauerstoffätzverfahren (siehe Abbildung) sichtbar gemacht und anschließend automatisiert mit digitaler Bildverarbeitung vermessen.

Das Ziel in den kommenden vier Projektjahren ist es, die Wechselwirkung von Gasen mit unterschiedlichen Kunststoffen und Barriereschichten in solchen System zu verstehen. Mit diesen Erkenntnissen kann der resultierende Stofftransport berechnet und bis hin zu einer Vorhersage der Permeation erweitert werden.



Sauerstoffätzverfahren zur Visualisierung von Poren in einer Barriereschicht auf PET | Foto/Grafik: IKV
Oxygen etching process to visualise pores in a barrier coating on PET | Photo/Graphics: IKV

Because of their molecular structure, plastics have only a minor barrier effect against gases and aromas. Especially in the food industry, low-cost gas-permeable plastics such as polypropylene (PP) or polyethylene terephthalate (PET) are preferred, which means that packaging frequently has to be provided with a barrier coat. Such coatings are gas-impermeable, extremely thin (< 100 nm) and thus recyclable. On the other hand, because of their growing behaviour, they have small pores – so-called pinholes – which exert a major influence on material transport.

Since the material transport through these pore structures has not been sufficiently well explained before now with the present models and hypotheses, the fundamental processes and mechanisms taking place during diffusion through PECVD coatings are being studied in a project entitled "Multi-scale simulations to explain the material transport through plastics with a PECVD coating", which is funded by the DFG. The project is part of Collaborative Research Centre (SFB) TR 87 "Pulsed high-power plasmas for the synthesis of nano-structured functional layers", in which IKV has been carrying out research on the plasma technology with partners since 2010.

In cooperation with the working group "Dynamics of Condensed Matter" at the University of Paderborn, a multi-scale simulation method is now to be established to clarify the proportion of the pore-dominated material transport through plastics with PECVD coats and, in particular, to quantify it. For this, the system is first separated into barrier coat and plastic in order to be able to examine the transport phenomena in isolation. The transport through the plastic is described with the help of continuum-mechanical approaches, while the transport through the barrier coat is modelled, in relation to the pore diameter, with an atomistic quantum mechanical and an atomistic classical simulation. Furthermore, the pores are made visible in the mostly transparent barrier coat with an oxygen etching process (see photo), and subsequently measured automatically by digital image processing.

The aim in the coming four years of the project is to understand the interaction of gases with different plastics and barrier coats in such systems. With these findings, the resultant material transport can be calculated and, in the end, should enable a prediction of the permeation.

Information

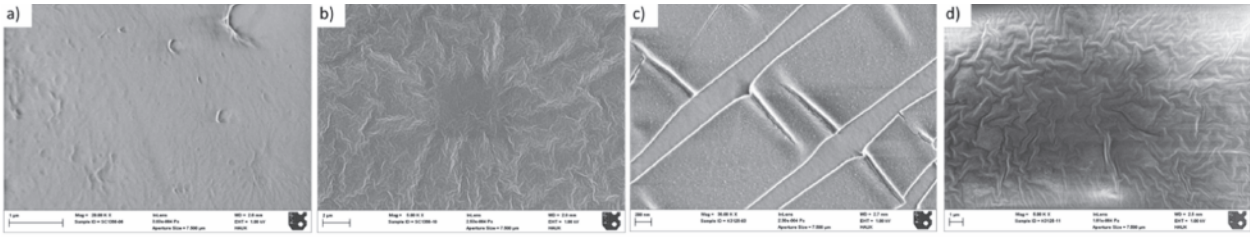
Stefan Wilski, M.Sc.
stefan.wilski@ikv.rwth-aachen.de

IKV-Aktuell

IKV news

PECVD-Gasbarrierebeschichtung von PET-Mehrwegflaschen

The PECVD gas barrier coating of returnable PET bottles



FESEM-Bilder von a) unbehandelter PET-Oberfläche, b) einer NaOH-gewaschenen Oberfläche, c) einer beschichteten PET-Oberfläche, mechanisch beansprucht, um die Beschichtung sichtbar zu machen, und d) einer beschichteten und anschließend mit NaOH-Lösung gewaschenen Oberfläche | Fotos: IKV
FESEM images of a) an untreated PET surface, b) a surface washed with NaOH, c) a coated PET surface, mechanically treated to make the coating visible, and d) a coated surface subsequently washed with NaOH solution | Photos: IKV

Um Getränke wie Bier, Wein, Saft oder kohlensäurehaltige Getränke in Kunststoffflaschen zu vertreiben und dabei deren Qualität zu erhalten, ist es oft notwendig, die Barriereeigenschaften des Verpackungsmaterials zu verbessern. Für diesen Zweck hat sich die Barriereausrüstung von PET-Einwegflaschen mittels Plasmatechnologie großindustriell etabliert. Mithilfe der applizierten Barriereschichten, meist bestehend aus Siliziumoxid (SiOx), kann beispielsweise die Haltbarkeit von kalt aseptisch abgefülltem Fruchtsaft von drei Monaten in einer unbeschichteten PET-Einwegflasche auf zwölf Monate in einer beschichteten PET-Einwegflasche erhöht werden.

Bei PET-Mehrwegflaschen lässt sich eine vergleichbare Entwicklung bisher nicht beschreiben. SiOx-Beschichtungen halten dem Reinigungsprozess mit Natronlauge (NaOH) im Wiederverwendungsprozess nicht stand und werden dadurch ganz oder teilweise entfernt. Darüber hinaus greift die NaOH-Lösung das PET chemisch an, was bereits nach einem einzigen Waschvorgang zu einer deutlich aufgerauten Oberfläche und damit zu einer verminderten Barrierefähigkeit von nachträglich aufgebrachten Barriereschichten führt. In der Abbildung sind diese unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheiten klar zu unterscheiden.

Aus der Forschung
News from research

Ziel des durch die DFG geförderten Projekts „PECVD-Gasbarrierebeschichtung von PET-Mehrwegflaschen", das als Transferprojekt im Sonderforschungsbereich (SFB) TR 87 vor Kurzem startete, ist daher, Mehrschichtsysteme zu entwickeln, die neben der bereits bewährten hohen Barrierewirkung gegen Gase auch eine gute Beständigkeit gegen Natronlauge aufweisen.

Die Architektur der zu entwickelnden Beschichtungssysteme muss so gestaltet werden, dass sie mit einem marktfähigen Plasmasystem realisiert werden können. Dabei kommt es dem Projekt zugute, dass ein Großteil der Forschungsarbeiten des SFB TR 87 mit dem Werkstoff PET erfolgt ist. Die im SFB entwickelten und verwendeten Plasma- und Prozessdiagnostikmethoden stellen eine hervorragende Basis für die Herausforderungen des Projekts dar.

Projektpartner sind die Ruhr-Universität Bochum (RUB) und die KHS Corpoplast GmbH, ein Unternehmen, das auf Streckblasformen, Barrieretechnologien und die Entwicklung neuer Arten von Kunststoffflaschen spezialisiert ist. Beide Partner bringen viel Erfahrung in der Plasmatechnologie für PET-Flaschen und der Plasmadiagnostik in das Projekt ein.

To market beverages such as beer, wine, juice or carbonated drinks in plastic bottles and retain their quality at the same time, it is often necessary to improve the barrier properties of the bottle. It has therefore become widely established in industry to provide returnable PET bottles with a barrier coat using plasma technology. Such coatings – usually consisting of silicon oxide (SiOx) – can extend the durability of cold aseptically filled fruit juice, for example, from three months in an uncoated single-use PET bottle to twelve months in a coated one.

Before now, it has not been possible to describe a comparable development for returnable PET bottles. SiOx coatings are unable to withstand the

Kontakte Contacts

Oberingenieur Chief Engineer
+49 241 80-93823
oberingenieur@ikv.rwth-aachen.de

Spritzgießen Injection Moulding
+49 241 80-93827
sg@ikv.rwth-aachen.de

Extrusion und Kautschuktechnologie Extrusion and Rubber Technology
+49 241 80-28372
ext@ikv.rwth-aachen.de

Formteilauslegung und Werkstofftechnik Part Design and Materials Technology
+49 241 80-28359
fawt@ikv.rwth-aachen.de

Faserverstärkte Kunststoffe und Polyurethane Composites and Polyurethane Technology
+49 241 80-23884
fvk@ikv.rwth-aachen.de

Kunststoffanalyse und -prüfung (KAP) Analysis and Testing of Plastics
+49 241 80-25928
kap@ikv.rwth-aachen.de

Aus- und Weiterbildung Training and Further Education
+49 241 80-93812
ausbildung@ikv.rwth-aachen.de

Zentrale Office
+49 241 80-93806
zentrale@ikv.rwth-aachen.de

Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV)
in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen
Institute for Plastics Processing in Industry and Craft
at RWTH Aachen University

Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann

www.ikv-aachen.de www.ikv-aachen.com