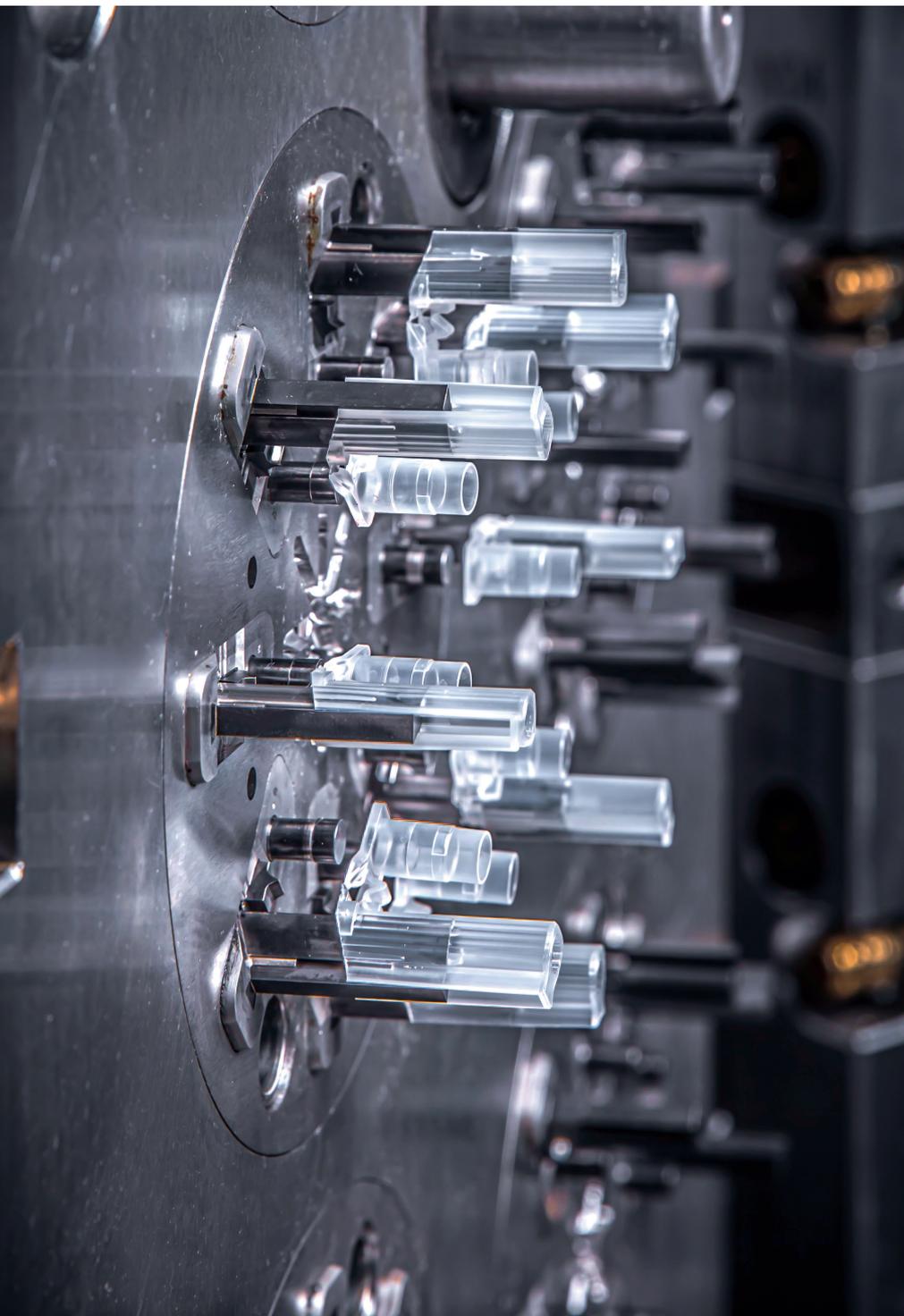


Automatisierte Auslegung der Entformungssysteme von Spritzgießwerkzeugen

Vorgriff auf eine größere Systemlandschaft

Kostenrisiken und der durch den demografischen Wandel drohende Wissensverlust bilden für die Werkzeugbaubranche ein Szenario, für das eine automatisierte Werkzeugkonstruktion ein denkbarer Ausweg sein könnte. Um dieses Feld zu bestellen, befasst sich das Forschungsprojekt AutoEnSys mit dem Einsatz eines KI-basierten Expertensystems zur automatischen Positionierung von Auswerfern im Entformungssystem. Ein selbstlernender Algorithmus soll langfristig auch weitere Teile des Entformungssystems auslegen.



Die Teilautomatisierung des Entformungssystems stellt einen wichtigen Schritt auf dem Weg zu einer vollständigen Automatisierung der Konstruktion von Spritzgießwerkzeugen dar. © Werkzeugbau Ruhla

Der deutsche Werkzeugbau sieht sich einem zunehmenden Kosten- und Zeitdruck ausgesetzt. Dieser resultiert vornehmlich aus verkürzten Produktlebenszyklen sowie einem zunehmend aggressiven Wettbewerb aus Niedriglohnländern. Deutsche Werkzeugbaubetriebe reagieren auf diesen Druck, indem sie ihre Produktivität steigern und ihre Leistung fokussieren. So können durch den Aufbau von Automatisierungslösungen in direkt wertschöpfenden Tätigkeiten Maschinenstundensätze reduziert und Fertigungskosten gesenkt werden. Wenig Automatisierung erfahren indirekt wertschöpfende Tätigkeiten, die in der industriellen Wertschöpfungskette jedoch hohe Potenziale zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung aufweisen. So entfallen im Werkzeugentstehungsprozess rund 33 % der Prozesskosten auf die Konstruktion, den Try-out, das Projekt- und Qualitätsmanagement sowie weitere indirekte Bereiche.

Die Konstruktion bindet im Prozess der Werkzeugerstellung rund 22 % der Durchlaufzeit sowie 15 % der Prozesskosten und verspricht mithin hohe Potenziale

zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit [1]. Eine Automatisierung der Konstruktion ist jedoch auch aus anderen Gründen sinnvoll. So werden 70% der Werkzeugkosten in der Produktentwicklung bestimmt. Das bedeutet zum einen das Risiko, durch Fehlplanungen höhere Kosten in der Konstruktionsphase zu verursachen. Auf der anderen Seite kann die Konstruktion die Werkzeugkosten erheblich beeinflussen [2]. Ein weiterer Grund ist die Möglichkeit, durch Automatisierung dem strukturellen Wandel im deutschen Werkzeugbau entgegenzuwirken. Wegen des demografischen Wandels und der damit einhergehenden geringeren Zahl qualifizierter Fachkräfte wird ein Erfolgsfaktor für die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Betriebe sein, Know-how-intensive Tätigkeiten wie die Werkzeugkonstruktion systemisch abzubauen und die Abhängigkeit von erfahrenen Beschäftigten zu verringern.

Um die genannten Potenziale zu heben, widmen sich das Konstruktionsbüro Hein, das Werkzeugmaschinenlabor

WZL der RWTH Aachen und die WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH seit Januar 2020 gemeinsam dem Forschungsprojekt „Automatisierte Auslegung des Entformungssystems von Spritzgießwerkzeugen auf Basis selbstlernender Algorithmen“ (Akronym: AutoEnSys, FKZ: 01IS20081A). Das übergeordnete Ziel dieses öffentlich (BMBF) geförderten Forschungsprojekts besteht darin, die Konstruktion von Spritzgießwerkzeugen vollständig zu automatisieren. Dazu forciert das Projektteam in erster Instanz durch die automatisierte Auslegung der Entformungssysteme die Teilautomatisierung der Konstruktion, um daraus resultierend die Herstellkosten und -zeit zu reduzieren sowie die Wartungsfreundlichkeit zu verbessern.

Eigenständige Auslegung eines Expertensystems

Zunächst wird ein selbstlernender KI-Algorithmus in Form eines Expertensystems entwickelt, der zur automatisierten

Auslegung des Entformungssystems befähigen soll. Im ersten Arbeitspaket wurden im Projekt Anforderungen für die Entwicklung des KI-Algorithmus definiert. Dabei wurde zwischen rein technischen Anforderungen und Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle unterschieden. Zudem wurden niederschwellig komplexe Leitkonstruktionen konzeptioniert, die als repräsentative Konstruktionen dienen und Rund-, Flach- und Hülsenauswerfer sowie einfache gegenüberliegende Schieber umfassen. Die konzeptionierte Anwendung verarbeitet manuelle Eingaben von Konstruktionsparametern sowie hochgeladene CAD-Datensätze. Denkbar ist es zudem, Ergebnisse aus Spritzgießsimulationen einzubringen, wie eine vorher definierte Formtrennung oder ein festgelegtes Temperierkanal- und Angusslayout (Bild 1).

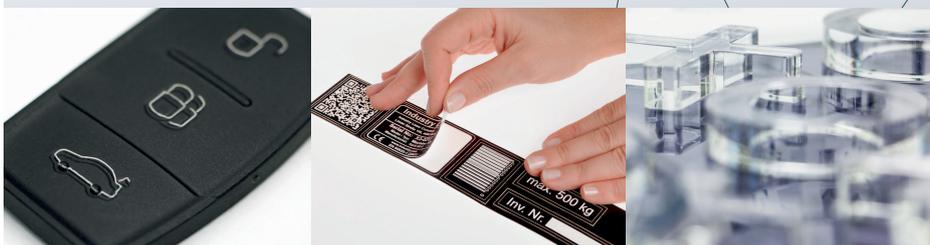
Um die eigenständige Auslegung des Expertensystems zu gewährleisten, wurde im zweiten Arbeitspaket die dem Algorithmus zugrundeliegende »

trotec

Konstante Zuverlässigkeit
beim Schneiden und
Markieren von Kunst-
stoffen und vielen
weiteren Materialien

Der Laser ermöglicht eine berührungslose
Bearbeitung einer Vielzahl von Kunststoffen –
ohne aufwendige Nachbearbeitung und
Werkzeugverschleiß.

SETTING NEW STANDARDS



Jetzt einfach kostenlos
informieren unter
www.troteclaser.com



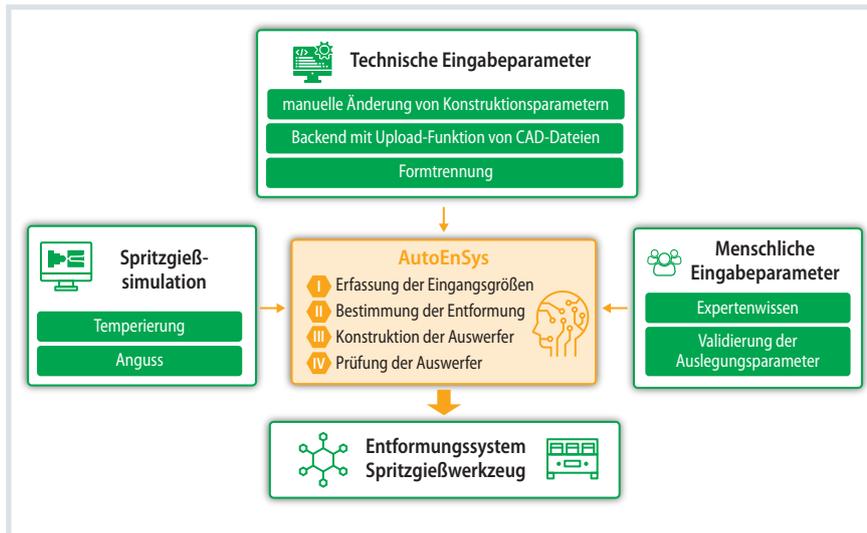


Bild 1. AutoEnSys verarbeitet heterogene Input-Faktoren, strukturiert diese und leitet ein Entformungssystem aus. Quelle: WBA; Grafik: © Hanser

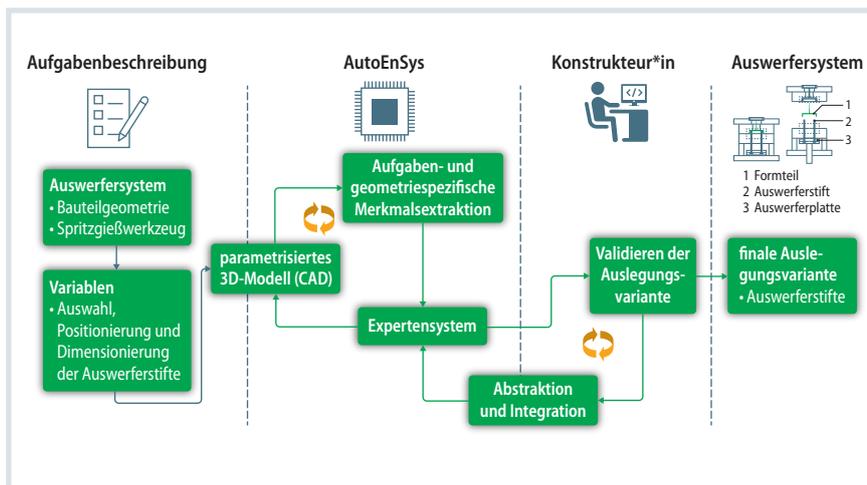


Bild 2. Das KI-System AutoEnSys extrahiert Merkmale aus einem 3D-Modell und leitet einen Auslegungsvorschlag ab, der durch einen Konstrukteur validiert wird. Quelle: WBA; Grafik: © Hanser

Datenstruktur unter Zuhilfenahme von Konstruktionswissen modelliert. Dazu wurde die Expertise der Konstrukteure im Projektkonsortium genutzt, um eine Entscheidungslogik auf Basis von Entscheidungsbäumen und UML-Diagrammen aufzubauen, die Wissen und Entscheidungen eines Konstrukteurs während der Konstruktion eines Entformungssystems abbildet. Diese Entscheidungslogik konnte in sechs Entscheidungsbäume untergliedert werden, die beispielsweise den Entscheidungsprozess zur Bestimmung von Schiebern und Auswerfern nach deren Art und Positionierung sowie Regeln zur Bestimmung der Werkzeuggröße und der Formeinsetzgröße wiedergeben.

Weiterhin wurden in Workshops insgesamt 15 Konstruktionsregeln für

eine Kasten geometrie definiert. Diese wurden zudem anhand ihres Einflusses auf die Konstruktion bewertet. Die Entscheidungslogik als Gesamtes bildet eine wichtige Grundlage für den lernenden KI-Algorithmus zur automatisierten Auslegung von Entformungssystemen.

Modellieren und Trainieren des KI-Algorithmus

Ziel des dritten Arbeitspakets ist es, den KI-Algorithmus zur automatisierten Auslegung des Entformungssystems zu modellieren und hinreichend zu trainieren. Dazu wurden in erster Instanz die reine Software-Architektur modelliert und Software-Module implementiert. Das anschließende Training des Algorithmus erfolgt durch iteratives Feedback

von Konstruktionsexperten. Die Analyse des 3D-Modells des Bauteils dient als Input für den KI-Algorithmus. Aus dem 3D-Modell werden geometriespezifische Merkmale extrahiert. Es werden zwei grundlegende Merkmalstypen unterschieden:

- punktspezifische Eigenschaften wie Materialdicke und Bauteilhöhe sowie
- geometrische Formeigenschaften wie Ecken, Kanten, Rippen, Dome und Unterschnitte.

Das Erkennen der Merkmale erfolgt auf Grundlage verschiedener Algorithmen, die teilweise auf lernbasierten ML-Verfahren (Machine Learning) und teilweise auf der Erarbeitung der Zusammenhänge grundlegender Eigenschaften basieren. Insgesamt ergibt sich damit ein Merkmalerkennungssystem, das alle relevanten Merkmale extrahiert, mit denen die Experten gemäß den Konstruktionsregeln arbeiten. Die für das Training des Algorithmus notwendigen Daten wurden auf Basis von Expertenwissen generiert. Das durchzuführende initiale Training bildet die Grundlage für die Nutzbarkeit sowie die Erprobung des Algorithmus in den nächsten Arbeitspaketen.

Bewertung der Praxistauglichkeit

Nach erfolgreichem Training wird das einsatzbereite, KI-basierte Expertensystem derzeit im vierten Arbeitspaket erprobt und optimiert (Bild 2). Dazu wurden zuerst Möglichkeiten der Feedback-Rückführung, zum Beispiel durch Bewertungsbögen, erarbeitet. Unter Laborbedingungen und Einbeziehung von Konstrukteuren des Konsortiums wird der Algorithmus getestet. Die Konstrukteure bewerten die automatisiert konstruierten Entformungssysteme anhand mehrerer Kriterien – darunter Größe, Bauteilgesamt- und Oberflächenqualität, Zykluszeit, Möglichkeit zur Temperierung sowie geometrische Lage – und führen das Feedback an das Programmiererteam zurück.

Der erprobte und optimierte Algorithmus wird abschließend im fünften Arbeitspaket praxisnah pilotiert und validiert. Die Praxistauglichkeit stellt eine maßgebliche Anforderung an das Forschungsprojekt dar, weshalb auf diesem Arbeitspaket ein besonderer Fokus liegt. Die Praxistauglichkeit wird anhand von

Fragebögen der Anwender bewertet. Die anwendenden Unternehmen im Forschungskonsortium werden dazu die entwickelte Softwarelösung in aktuellen Konstruktionsprojekten einsetzen. Anschließend ist die Nutzung durch weitere Partner aus dem Partnernetzwerk der WBA geplant, um eine stetige Optimierung der Anwendung im Feedbackverfahren zu gewährleisten.

Ausblick

Die bisherigen Bemühungen innerhalb des Forschungsprojekts AutoEnSys gelten einer einzelnen Lösung, die als zentraler Baustein weitere Projekte zur vollständigen Automatisierung der Konstruktion von Spritzgießwerkzeugen befähigen soll. Das im Projekt entwickelte Expertensystem soll Teil einer größeren Systemlandschaft werden. Daher ist es weitergehend notwendig, Schnittstellen zu CAD-, Spritzgießsimulations- und FEM-Systemen zu entwickeln. Das Auto-

EnSys-Expertensystem soll ein allgemeingültiges und offenes System darstellen, das über individuell angepasste Schnittstellen eine Vielzahl von Systemen in sich bündelt.

Um die Entwicklung der beschriebenen Anwendung zu forcieren, strebt das Projektkonsortium bereits Folgeprojekte an. So wurde im Lauf des Projekts festgestellt, dass es die Funktionalität verbessert, wenn man FEM-Simulationen berücksichtigt. Durch Schnittstellen zu FEM-Systemen sollen die Positionierung und die gewählte Auswerferart unter Einbeziehung der Entformungskräfte optimiert werden. Zudem ist geplant, durch Einbindung von Spritzgießsimulationsergebnissen Spritzdrücke, Schwindungen sowie Angussysteme bei der Auslegung zu berücksichtigen. Ein weiterer Entwicklungsschwerpunkt wird auf der iterativen Auswahl von Auslegungsvarianten aus dem entwickelten KI-Algorithmus im Kontext der Mensch-Maschine-Interaktion liegen. ■

Info

Text

Prof. Wolfgang Boos MBA ist Geschäftsführer der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH, Aachen.

Jan Wiese M. Sc. ist Leiter Digitale Lösungen & Innovation bei der WBA.

Björn Härtel M. Eng. ist Innovationsmanager bei der WBA.

Tim Ochel M. Sc. ist Projektleiter bei der WBA.

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

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

WE DRIVE THE CIRCULAR ECONOMY.



CHOOSE THE NUMBER ONE.

www.erema.com

EREMA®
PLASTIC RECYCLING SYSTEMS

Ob Inhouse-, Postconsumer, Bottle- oder chemisches Recycling: Nur wenn Maschinen perfekt auf die jeweilige Anforderung abgestimmt sind, gelingt es Kreisläufe präzise und profitabel zu schließen. Vertrauen Sie dabei auf die Nummer 1-Technologie von EREMA: Über 6500 unserer Maschinen und Systeme produzieren so jährlich rund 14,5 Mio. Tonnen hochwertiges Granulat – hocheffizient und energiesparend.