

TRENDS BEI SPRITZGIESSWERKZEUGEN

In der Evolution liegt die Kraft

Etagenwerkzeuge kontra Tandemwerkzeuge, High-End-Mehrkavitätenwerkzeuge oder Mehrkomponentenwerkzeuge mit Drehteller- und Etagentechnik, Stahl oder Aluminium – die Entwicklung schreitet bei den Spritzgießwerkzeugen mit großen Schritten voran. Eine Standortbestimmung und ein Ausblick auf das, was kommt.

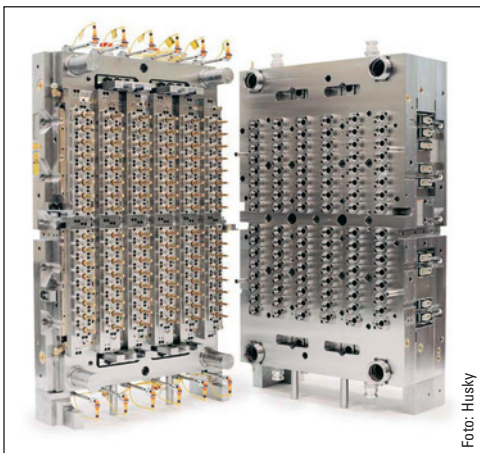


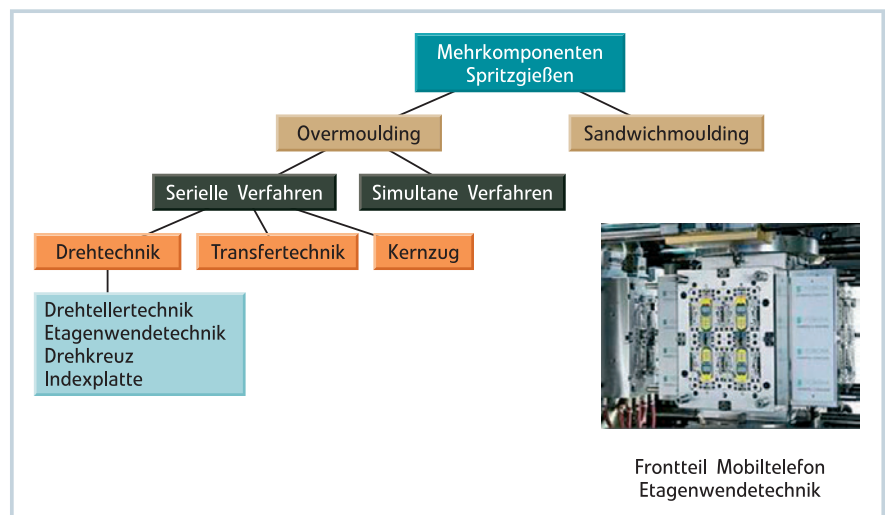
Foto: Husky

High End: Eine Anwendung der Mehrkavitäten-Werkzeugtechnik sind PET-Vorformlingsysteme – beispielsweise dieses 96fach-Zweiplattenwerkzeug. Solche Systeme zeichnen sich durch eine enorme Produktivität aus, bei der bis an die Grenze der Leistungsfähigkeit der Plastifizieraggregate gegangen wird.

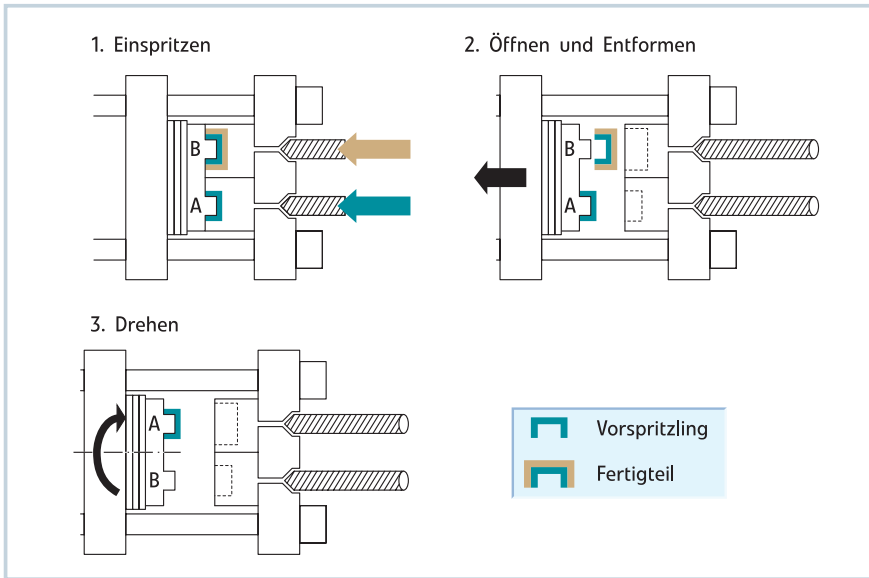
DIE BRANCHE des Werkzeug- und Formenbaus zählt in Deutschland rund 800 selbstständige Betriebe, die im Jahr 2001 zusammen einen Umsatz von 1,7 Milliarden Euro erwirtschafteten. 80 Prozent dieser Betriebe haben weniger als 50 Mitarbeiter. Diese stark klein und mittelständisch geprägte Branche zeichnet sich aus durch die Ausbildung und den Einsatz hochqualifizierter Arbeitskräfte; die

Unternehmen befinden sich oftmals in Familienhand und weisen demnach flache Hierarchien auf. Darüber hinaus gibt es in Deutschland rund 2300 Unternehmen mit integriertem Werkzeugbau. Diese relativ autarken Werkzeugbauabteilungen sind auf die Anforderungen eingestellt, die sich aus der Herstellung des Firmenproduktes ergeben. Damit bewegen sich diese Werkzeugbauer in einem sehr engen, aber dafür hochspezialisierten Um-

feld. Mit diesen Strukturen ausgestattet kann der Werkzeug- und Formenbauer – ob es sich um einen Familienbetrieb handelt oder um die Werkzeugbauabteilung eines größeren Unternehmens – agil den Bedürfnissen des Marktes folgen, Trends aufnehmen und gegebenenfalls neue Verfahren oder Vorgehensweisen etablieren. Gerade das im Werkzeug- und Formenbau übliche Geschäftsprinzip der auftragsbezogenen Einzelfertigung er-



Mehrkomponententechnik: Zur Herstellung mehrkomponentiger Kunststoffformteile bieten sich verschiedene Spritzgießverfahren an, die sich nach der Art der Komponenten-zusammensetzung einteilen lassen. Dabei spielen die drehenden Werkzeugkonzepte eine wichtige Rolle.



Drehtellertechnik: Sowohl die hier abgebildete Drehtellertechnik als auch die Etagenwendetechnik erlaubt die Herstellung mehrkomponentiger, komplexer Formteile auf einem hohen Produktivitätsniveau. Die verschiedenen Stationen liegen beim Drehteller auf einer Formplatte, so dass die Flächenausnutzung geringer ist als bei der Etagenwendetechnik.

möglicht es, neue Ideen und Technologien schnell in ein Produkt einfließen zu lassen.

Spritzgießwerkzeug – Herz im gesunden Prozess

Ohne Frage nimmt das Spritzgießwerkzeug und damit der Werkzeug- und Formenbau eine Schlüsselposition in der Fertigungskette für Kunststoffprodukte ein. Das Werkzeug als Betriebsmittel des Spritzgießverarbeiters gibt die Kontur des Formteiles vor und beeinflusst gleichzeitig die Formteilqualität, also Abmaße, Oberflächen, innere Eigenschaften sowie Herstellkosten und Verfügbarkeit.

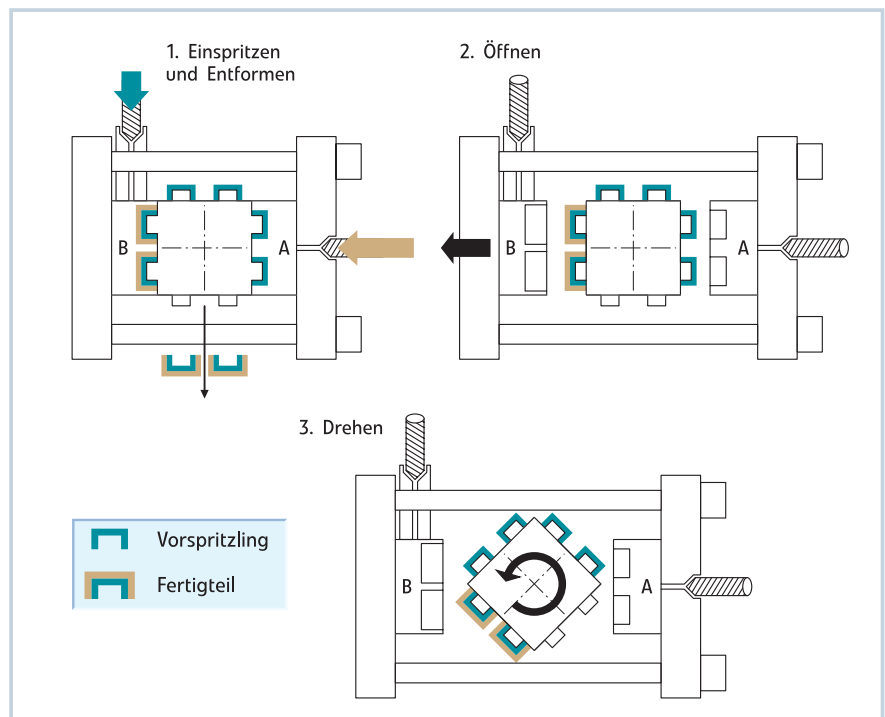
Die Anforderungen an den Formteilersteller werden von diesem direkt an den Werkzeug- und Formenbau weitergegeben. Schnellere Produktentwicklung und kürzere Produktlebensdauer erfordern eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit im Formenbau. Der weltweite Einkauf der Kunden und der Verdrängungswettbewerb betreffen auch den deutschen Formenbau. Gleichzeitig wird vom Werkzeug- und Formenbau die Herstellung immer komplexerer Formen verlangt, die im eigenen Technikum oder beim Kunden bis zur schlüsselfertigen Übergabe abgemustert werden. Insbesondere die Lieferanforderung hinsichtlich kürzerer Lieferzeiten und Termintreue können die Formenbauer selten erfüllen. Denn

im Schnitt dauert die Herstellung eines Werkzeugs drei bis vier Monate – hier besteht also noch ein großes Optimierungspotenzial.

Wie kann nun der Kunststoff verarbeitende Betrieb und der Formenbau unter diesen Rahmenbedingungen bestehen? Zur Erreichung dieser Ziele

und damit zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit bieten sich im Wesentlichen zwei Ansätze an: Der erste setzt bei der Weiter- und Neuentwicklung von Einzelprozessen von der Konstruktion (Einsatz durchgängiger 3D-Hilfsmittel) über die Fertigungsvorbereitung (innovative CAM-Systeme) bis hin zur Werkzeugfertigung (HSC-Fräsen, generativer Aufbau von Werkzeugbereichen) und bei speziellem werkzeugtechnischem Know-how an. Der zweite Ansatz beinhaltet den Aufbau und die Optimierung durchgängiger und parallelisierter Prozessketten im Sinne des Simultaneous Engineering. Darüber hinaus lässt sich eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit durch Leistungserweiterungen, wie Service-Pakete oder Finanzdienstleistungen, oder durch Know-how-Sicherungen, zum Beispiel in Form von Technologiedatenbanken, erreichen.

Mit Blick auf die oben erwähnte Neu- und Weiterentwicklung des werkzeugtechnischen Know-hows soll anhand der folgenden Beispiele das hohe technische Niveau ebenso wie die erreichbare Produktivität des Betriebsmittels Spritzgießwerkzeug



Etagenwendetechnik: Bei diesem Verfahren wird eine symmetrische Krafteinleitung gewährleistet. Während beim Drehteller die Drehachse in der Horizontalen liegt, dreht sich ein Etagenwendewerkzeug um eine vertikale Achse. Im Vergleich zu Drehwerkzeugen ist außerdem nur die halbe Schließkraft notwendig.

für unterschiedlichste Anwendungen und Bereiche dargestellt werden.

Streifzug durch die Welt der Spritzgießwerkzeuge

High-End-Mehrkanalitätenwerkzeuge: Eine High-End-Anwendung der Mehrkanalitätenwerkzeugtechnik sind PET-Vorformlingsysteme. Diese Systeme zeichnen sich durch eine enorme Produktivität aus. So lassen sich mit 2-Platten-Standardssystemen bis zu 144 Vorformlinge mit einem Schuss herstellen. Für einen 21 g schweren Halbliter-Preform ist zum Beispiel mit einem 144fach-Werkzeug ein Ausstoß von 52 000 Stück pro Stunde realisierbar. Bei solch enormen Ausstoßleistungen wird die Grenze der Leistungsfähigkeit der Plastifizieraggregate erreicht. Eine Lösung für dieses Problem stellt zum Beispiel die Doppelplastifizierung dar. Bei diesem Konzept werden zwei Plastifizieraggregate eingesetzt. Das ermöglicht eine äußerst schonende Aufbereitung der Schmelze bei gleichzeitig hoher Ausstoßleistung.

■ Etagenwerkzeuge: Produktivitätssteigerungen sind aber auch durch die Einführung weiterer Trennebenen innerhalb des Werkzeugs möglich, so genannte Etagenwerkzeuge. Bei gleicher Prozesszeit und Schließkraft kann mit der Anzahl der Trennebenen die Anzahl der Teile verdoppelt oder sogar vervierfacht werden. Eingesetzt werden heute Werkzeuge mit bis zu vier Etagen. Die Bewegung der Etagen findet über hydraulische Zylinder, Gelenkhebel oder Zahnstangen statt. Die Anwendung von Etagenwerkzeugen unterliegt aber auch einigen Einschränkungen. So muss das Spritzaggregat das Dosiervolumen für mehrfache Teilmengen bereitstellen. Das heißt, es sind größere Spritzeinheiten erforderlich. Zudem muss zum gleichzeitigen Öffnen der verschiedenen Trennebenen der Öffnungshub der Maschine ausreichen – unter Umständen ist also eine größere Schließeinheit erforderlich.

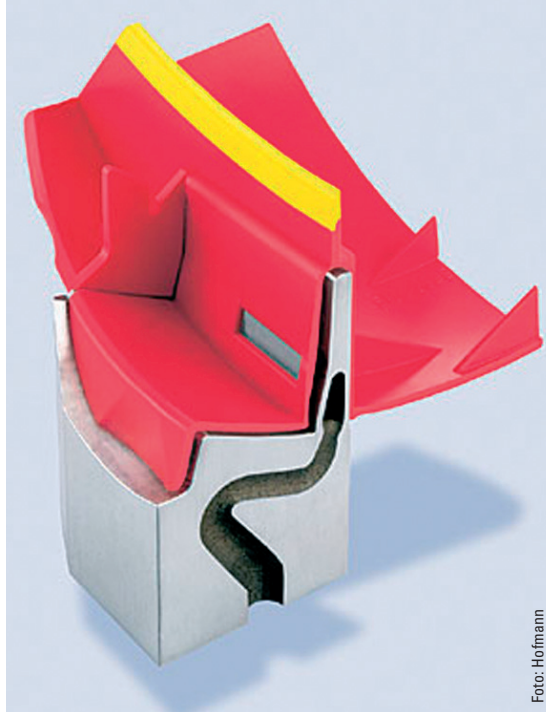


Foto: Hofmann

Cool bleiben: Bei der konturangepassten Temperierung können durch spezielle Fertigungsverfahren die Kühlkanäle nahezu beliebig komplex angeordnet und damit konturnah in die Form eingebracht werden. Das Bild zeigt einen Formeinsatz mit konturngepasstem Kühlkanal – hergestellt per ›Laser-Cusing‹ der Hofmann Innovation Group AG, Lichtenfels.

■ Tandem(werkzeug)technik: Eine Möglichkeit, diese Einschränkung zu umgehen, ist die Anwendung des Tandem-Maschinen- bzw. Werkzeugkonzeptes. Durch das zyklisch abwechselnde Öffnen der Trennebenen lassen sich die Maschinen-Totzeiten ausnutzen. Im Falle der Anwendung dieser Technik als Tandem-Maschine ergeben sich allerdings durch die zusätzlich erforderliche maschinenseitige Verriegelung höhere Kosten.

Um dies zu umgehen, wurde die Tan-

dem-Technik als reines Werkzeugkonzept entwickelt. Realisiert wird das zyklisch abwechselnde Öffnen mit Hilfe eines speziellen Bayonett-Verschusses, mit dem die Verriegelung und Entriegelung der beiden Trennebenen gekoppelt wird. Vorteile im Vergleich zur Etagen-Technik: Es lassen sich kleine Spritzgießmaschinen nutzen, es sind kleinere Dosiervolumen erforderlich und die Kühlzeit wird ausgenutzt. Die Tandemwerkzeugtechnik hat ihren Weg inzwischen auch in das Mehrkomponenten-Spritzgießen gefunden.

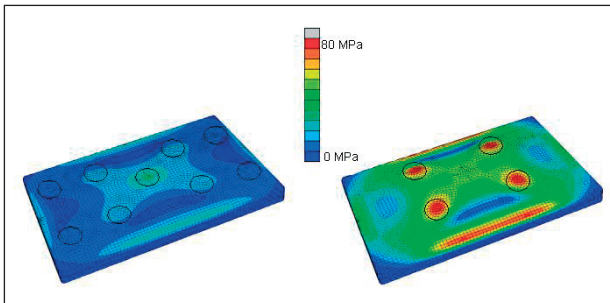
■ Mehrkomponenten-Werkzeugtechnik: Zur Herstellung mehrkomponentiger Kunststoffformteile bieten sich verschiedene Spritzgießverfahren an, die sich nach der Art der Komponentenzusammensetzung einteilen lassen (siehe Grafik). Dabei spielen die drehenden Werkzeugkonzepte eine wichtige Rolle. Sowohl die Drehtellertechnik als auch die Etagenwendetechnik erlauben die Herstellung mehrkomponentiger, komplexer Formteile auf einem hohen Produktivitätsniveau. Während beim Drehteller die Drehachse in der Horizontalen liegt, dreht sich ein Etagenwendewerkzeug um eine vertikale Achse. Die verschiedenen Stationen liegen beim Drehteller auf einer Formplatte, so dass die Flächenausnutzung geringer ist als bei der Etagenwendetechnik. Die dezentrale Lage der Stationen erfordert zudem eine Überdimensionierung der SGM. Die 90°-Wendetechnik erlaubt simultane Operationen, wie Entnahme oder Kühlen. Dadurch lassen sich kürzere Zykluszeiten realisieren. Allerdings sind mit der 90°-Wendetechnik höhere Werkzeugkosten durch die vier

identischen Kernseiten verbunden. Für den wirtschaftlichen Einsatz dieser Techniken ist die Berücksichtigung der genannten Aspekte ohne Frage relevant.

■ **Temperierkonzepte:** Die Temperierung hat bekanntermaßen Einfluss auf die Qualitätsmerkmale eines Formteils, wie Schwindung, Eigenspannung und Maßhaltigkeit, wie auch auf die Wirtschaftlichkeit des Herstellungsprozesses. Angestrebt wird also eine möglichst homogene Temperierung der gesamten Kavität bei genauer Einhaltung einer mittleren Formnesttemperatur sowie eine möglichst kurze Kühlzeit. Bei Einsatz der konventionellen Rohrkühlung ist eine homogene Temperaturverteilung nicht immer gewährleistet. Da die Kühlkanäle spanend – durch Bohren – in das Werkzeug eingebracht werden, ist die Zugänglichkeit

insbesondere in Kernen, Ecken und Kavitätseinsätzen begrenzt. Hier bieten werkzeugtechnische Konzepte wie die konturangepasste Temperierung, der Einsatz von Materialien zur besseren Wärmeableitung, die Nadelkühlung mit Wasser, Kältemittel oder CO₂ und so genannte Wärmeleitrohre Alternativen. Hinsichtlich der konturangepassten Temperierung sind beispielsweise das Contura-Verfahren und das Selectiv-Laser-Melting oder auch Laser-Cusing zu nennen. Zu beachten ist hier, dass der Miniaturisierung herkömmlicher Flüssigkeitstemperierung durch Druckverlust, Verstopfungsgefahr und ungenügende Kühlleistung Grenzen gesetzt sind. Hier bieten hochwärmeleitende Materialien wie Aluminiumlegierung, Kupferlegierung und Werkstoffverbunde – beispielsweise Mecobond – wirkungsvolle Alternativen.

■ **Parallelisierung:** Im Rahmen eines EU-Projektes wurde die Prozesskette im Werkzeugbau – insbesondere in Hinblick auf ihr Zeiteinsparungspotenzial – durch Nutzung von Software-gestützten Simulationsverfahren untersucht. Dabei wurde nachgewiesen, dass bei deren konsequenter Nutzung eine Einsparung in der Durchlaufzeit eines Werkzeugprojektes um 30 Prozent möglich ist. So ist beispielsweise die Fließsimulation ein gutes Hilfsmittel, mit der die Lage der Angüsse, aber auch der gesamte thermische Haushalt eines Werkzeuges sowie seine mechanische Beanspruchung im Vorfeld berechnet werden können. Dies führt zu einer höheren Auslegungsqualität während der Werkzeugentwicklung und vermeidet Nacharbeiten. Außerdem stehen abgesicherte Informationen des Konstruktionsprozesses zu früheren Zeitpunkten zur Verfügung und können schneller an andere Prozesse weitergegeben werden, was die Parallelbearbeitung zusätzlich unterstützt.



Entformungssimulation: Per FEM wird eine analytisch abgeschätzte Auswerferkraft auf das Bauteil aufgeprägt. Hier der Vergleich von Mises-Spannungen bei neun Auswerfern (links) und vier Auswerfern (rechts).

Vorhersage von Entformungsproblemen

Am Institut für Kunststoffverarbeitung IKV der RWTH Aachen (www.ikv.rwth-aachen.de) wurde ein Berechnungskonzept erarbeitet, mit dem eine qualitative Betrachtung der Belastungen im Formteil während des Entformungsvorgangs möglich ist. Damit wird einerseits eine funktionsgerechte Gestaltung des Entformungssystems ermöglicht und andererseits eine Möglichkeit geschaffen, das Erfahrungswissen des Werkzeugbauers bei der Konstruktion von Spritzgießwerkzeugen abzusichern.

Die Entformungskräfte hängen wesentlich von der Formteilschwindung, der Größe der Entformungsschrägen sowie den Reibverhältnissen zwischen Formteil und Werkzeug ab. Durch ein ungünstiges Entformungssystem können mechanische Beanspruchungen im Formteil erzeugt werden, die eine Vorschädigung oder sogar Beschädigung des Formteils zur Folge haben. Um dies zu vermeiden, sollten die Belastungsbedingungen im Formteil beim Entformungsvorgang bereits in der Werkzeugkonstruktion Berücksichtigung finden. Vor diesem Hintergrund wurde in Aachen ein Berechnungskonzept entwickelt, das eine qualitative Bewertung alternativer Entformungssystem-Varianten ermöglicht und das während der Entformung die gleichmäßige Beanspruchung des Formteils berücksichtigt. Unter Nutzung der Finiten-Elemente-Methode wird dabei eine analytisch abgeschätzte Auswerferkraft über eine Anzahl Auswerferstifte auf das Bauteil aufgeprägt. Je nach Anzahl und Positionierung der Auswerferstifte ist eine Aussage über die Spannungsverteilung im Bauteil möglich. Somit können in einem frühen Stadium der Produktentwicklung noch rechtzeitig Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Fazit

Abschließend lässt sich feststellen, dass die dargestellte Auswahl an Innovationen die stetige Entwicklung in allen Bereichen des Werkzeug- und Formenbaus repräsentiert. Dazu gehört sowohl der technische Bereich als auch die betriebliche Organisation. Durch die fortschreitende technische Entwicklung wird die Realisierung von Ideen und Konzepten, die zum Teil älteren Ursprungs sind, erst möglich. Klar wird auch, dass die sprunghafte – also revolutionäre – Entwicklung im Bereich des Formenbaus eher die Ausnahme darstellt, da es sich hier vielmehr um einen stetigen – evolutionären – Innovationsprozess handelt. ■

WALTER MICHAELI
HENDRIK WEHR
ANDREAS HEROLD
IKV Aachen

Dieser Beitrag basiert unter anderem auf Forschungsergebnissen, die durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) mit der Fördernummer 13448N finanziell gefördert werden. Dem BMWA und der AiF gilt der Dank der Autoren.