

Der Datentrichter, in den oben ungeordnete Zahlen und Formeln hineinfallen und nach programmgesteuerten Rechenvorgängen unten als geordnete Zahlenkolonnen für eine Prozesssteuerung herauskommen, war das Sinnbild der Zuse KG, mit dem das Unternehmen 1961 sein 25-jähriges Jubiläum feierte.

52,04	49,62	117,96	456,00	0	866,00
52,05	59,01	97,32	304,00	0	1210,86
52,06	52,46	100,56	380,00	0	623,58
52,07	71,33	90,08	152,00	0	460,33
52,08	62,75	84,24	380,00	0	533,02
52,09	59,50	102,16	418,00	0	313,41
52,10	70,14	110,80	722,00	0	526,99
52,11	55,91	106,28	760,00	0	579,66
52,12	49,69	119,60	456,00	0	902,94
59,01	98,78	132,24	851,20	718	579,66
59,02	92,07	124,28	798,00	775	902,94

Prozesssteuerung von Konrad Zuse bis heute

von Oliver Ilan Schulz

Berlin, vor 80 Jahren: Im Mai 1941 präsentierte Konrad Zuse einem kleinen Kreis den Rechner Z3, der viele Parallelen zu unseren heutigen Computern aufweist. Seither gilt er als Informatikpionier. Im selben Jahr gründete er mit seiner Firma Zuse Ingenieurbüro und Apparatebau das erste Computerunternehmen der Welt. Doch wie revolutionär war die Z3? Zuse selbst behauptete, er hätte den ersten Computer der Welt erfunden. Und wie ähnlich ist die Z3 einem heutigen Rechner tatsächlich? Legte die Z3 den Grundstein für das, was wir heute Industrialisierung 4.0 nennen? In Sachen Digitalisierung ist das Bindeglied zwischen den Pionierleistungen von gestern und den Visionen von morgen vielleicht der ganz konkrete Begriff der Prozesssteuerung. Wenn auch in unterschiedlicher Tiefe und Komplexität: Letztlich geht es doch darum, mithilfe von Technik sich wiederholende Vorgänge zu erleichtern, zu beschleunigen, zu automatisieren. Wir haben mit zwei Experten gesprochen und spannen zu diesem Thema den weiten Bogen.

Beginnen wir mit dem Blick zurück. Für eine Recherche zu Konrad Zuse und seiner Z3 ist Raúl Rojas, emeritierter Professor für Informatik an der FU Berlin, die richtige Adresse: In den Nullerjahren hat er mit seinem Team die Z3 rekonstruiert und dafür den Wolfgang-von-Kempelen-Preis für Informatikgeschichte erhalten. Rojas ist eine Koryphäe in seinem Fachgebiet. Sein Fußball-Roboter-Team FU Fighters errang 2004 und 2005 die Robocup-Weltmeisterschaft, mit dem «Spirit of Berlin» entwickelte er schon 2007 ein fahrerloses Auto. Wer seine fast druckreif vorgetragenen Antworten hört, versteht auch, warum er 2015 Hochschullehrer des Jahres wurde. Das Gespräch beginnt mit einer kleinen Überraschung.

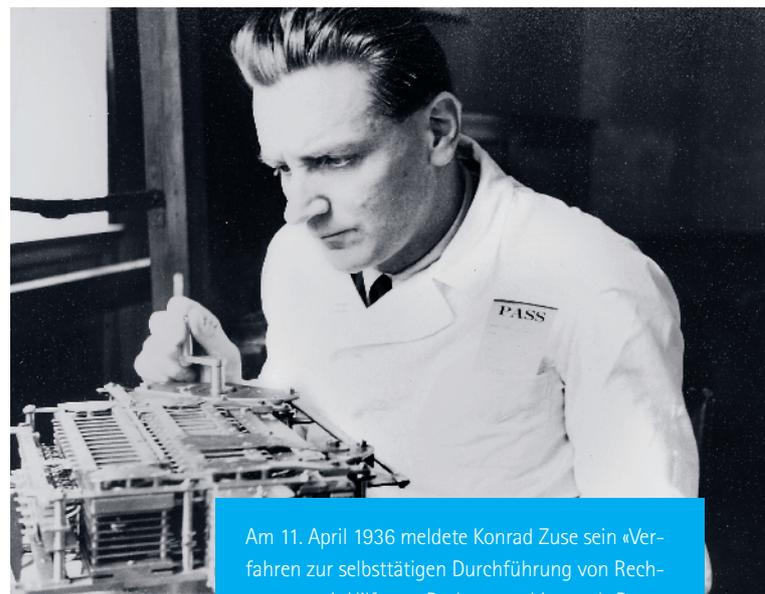
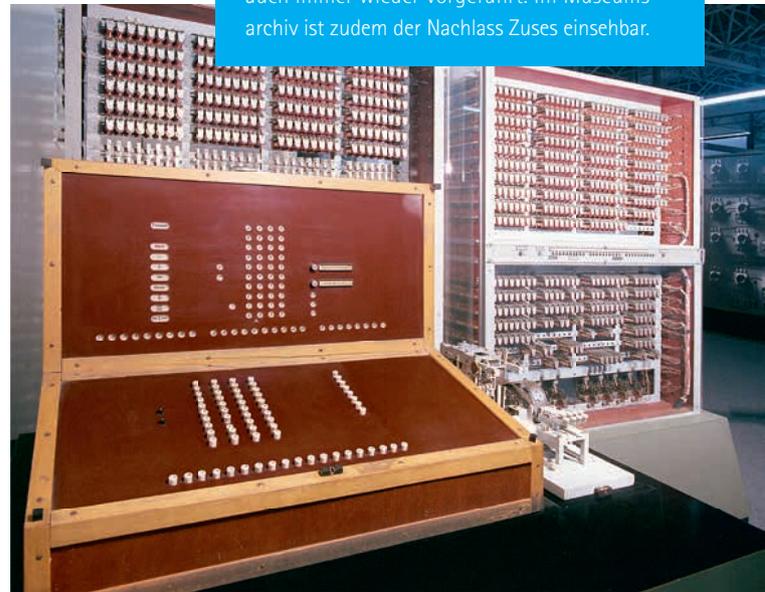
Herr Professor Rojas, wie kam es, dass Sie zu Konrad Zuse geforscht haben?

Ich habe Konrad Zuse noch kennengelernt – das war 1993 in Berlin, zwei Jahre vor seinem Tod. Damals hatte ich viel gelesen über die ersten amerikanischen, aber auch über Zuses Rechner, insbesondere die Z3. Das Problem war die fehlende Dokumentation über die Fähigkeiten der Maschine. Deshalb habe ich mir die Schaltpläne der Z3 angesehen und sie so aufbereitet, dass sich die Informatiker ein Bild von der Maschine machen konnten. Zudem haben wir an der Universität eine Simulation der Z3 entwickelt.

Sie haben nachgewiesen, dass die Z3 über Umwege sogar «Turing-mächtig» ist – das heißt, eine universelle Programmierbarkeit aufweist ...

Die Z3 kann alles Arithmetische errechnen: Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division, ja sogar Quadratwurzeln ziehen. Dieser Computer kann also alles verarbeiten, was in den Formelbüchern

Die im Krieg zerstörte Z3, die 1941 erstmals voll funktionsfähig war, gilt als erstes frei programmierbares vollautomatisches Rechengerät überhaupt. Ein funktionsfähiger Nachbau von 1962 wird in der Dauerausstellung Informatik des Deutschen Museums in München gezeigt und auch immer wieder vorgeführt. Im Museumsarchiv ist zudem der Nachlass Zuses einsehbar.



Am 11. April 1936 meldete Konrad Zuse sein «Verfahren zur selbsttätigen Durchführung von Rechnungen mit Hilfe von Rechenmaschinen» als Patent an. Es «war geplant, sämtliche Institute und Rechenbüros, in denen größere Zahlenrechnungen erforderlich sind, mit solchen Geräten auszurüsten, da [...] ohne derartige Geräte die umfangreichen Aufgaben nicht mit genügender Schnelligkeit und Sicherheit durchgeführt werden können», schrieb Konrad Zuse im Juni 1945.

Prof. Raúl Rojas und einer seiner autonom fußballspielenden Roboter. Der mexikanische Wissenschaftler forschte zu Zuses Arbeit und entwickelte Ende der 90er-Jahre auch eine onlinetaugliche Java-Simulation der Z3.



für Mathematik und Ingenieurwissenschaften steht. Aber die Z3 hat keinen «bedingten Sprung». Das ist die Möglichkeit einer Entscheidung, eine Verzweigung im Code, damit ich in einem Programm an einem Punkt zwei unterschiedliche Wege gehen kann: Wenn beispielsweise eine Variable positiv ist, will ich etwas Bestimmtes rechnen, wenn sie aber negativ ist, etwas anderes. Diese Eigenschaft ist heute wesentlich für Computer, sonst kann ich kein komplexes Programm schreiben. Die Programme des Z3 sind allerdings auf Lochstreifen gespeichert, diese kann man zu einer Schleife binden und das Programm vielfach wiederholen. Mit diesen Schleifen gibt es in der Informatik Tricks, Verzweigungen zu implementieren. Ich habe über diesen Umweg gezeigt, dass man mit der Z3 auch Verzweigungen schaffen kann. Das ist aber so umständlich, dass es nicht wirklich praktikabel ist. In die Z4 hat Zuse den bedingten Sprung eingebaut, als er sie 1950 an die ETH Zürich verkauft hat. Die Z4 war also ein vollständiger Computer, die Z3 nur über Umwege.

Was war noch so revolutionär an der Z3, dass wir es heute in unseren Computern finden?

Die Z3 hatte einige wichtige Eigenschaften. Erstens war sie eine binäre Maschine – sie hat also mit Nullen und Einsen gerechnet, nicht mit Dezimalzahlen wie wir Menschen. Die frühen amerikanischen Rechner Mark I und die Eniac waren noch Dezimalmaschinen und hatten Register mit Ziffern von 0 bis 9. Zweitens waren bei der Z3 erstmals Prozessor, der nur rechnet, und Speicher, der sich Zahlen merkt, getrennt. Nach diesem Konzept arbeiten heute alle Computer. Die dritte wichtige Eigenschaft war die Verwendung von Gleitkommazahlen. Das ermöglicht die heutige wissenschaftliche Notation, mit der ich sehr große oder sehr kleine Zahlen darstellen kann, beispielsweise 230000 als $2,3 \cdot 10^5$. Zuses Maschinen hatten das seit 1941, in den USA wurde der erste Computer mit Gleitkommazahlen erst 1951 gefertigt.

Konnte Zuse also zu Recht behaupten, er hätte den ersten Computer der Welt gebaut?

Es gab viele erste Computer auf der Welt – und alle diese ersten Maschinen hatten etwas, was man heute in jedem Computer findet. Die Z3 wird aber üblicherweise als erste programmierbare Rechenmaschine der Welt bezeichnet. Das heißt, ich konnte ein



Die Z3 wurde mit 600 elektromagnetischen Relais für das Rechenwerk (heute Prozessor) und 1400 für das Speicherwerk (heute Arbeitsspeicher) ausgeführt.

IKOffice MoldManager
Die Software für den Werkzeug- und Formenbau

IKOffice LivingERP
Die Software für Kunststoff-, Stanz- und Umformteile

IKOffice LivingMES
Digitalisierung & Industrie 4.0

WE WORK REMOTELY

BERATUNG, INSTALLATION, SCHULUNG UND SUPPORT – WIR HABEN DIE PASSENDE LÖSUNG!

Vom Kickoff bis hin zur produktiven Nutzung unseres Systems, wir bieten die umfassende Unterstützung, digital und kontaktlos! Profitieren Sie von unserem Know-how und unserer langjährigen Erfahrung mit Onlineprojekten.

SAVE THE DATE!
KUTENO vom 07. bis 09.09.2021
formnext vom 16. bis 19.11.2021

Programm mit arithmetischen Operationen auf einem Lochstreifen unterbringen und diese konnten von der Maschine vollautomatisch ausgeführt werden. Andere Merkmale fehlten hingegen: Die Z3 war nicht wie andere Rechenanlagen-Entwicklungen der Zeit und wie heute üblich elektronisch, sondern elektromechanisch und sie operierte auch nur mit Lochstreifen, nicht mit internem Programmspeicher.

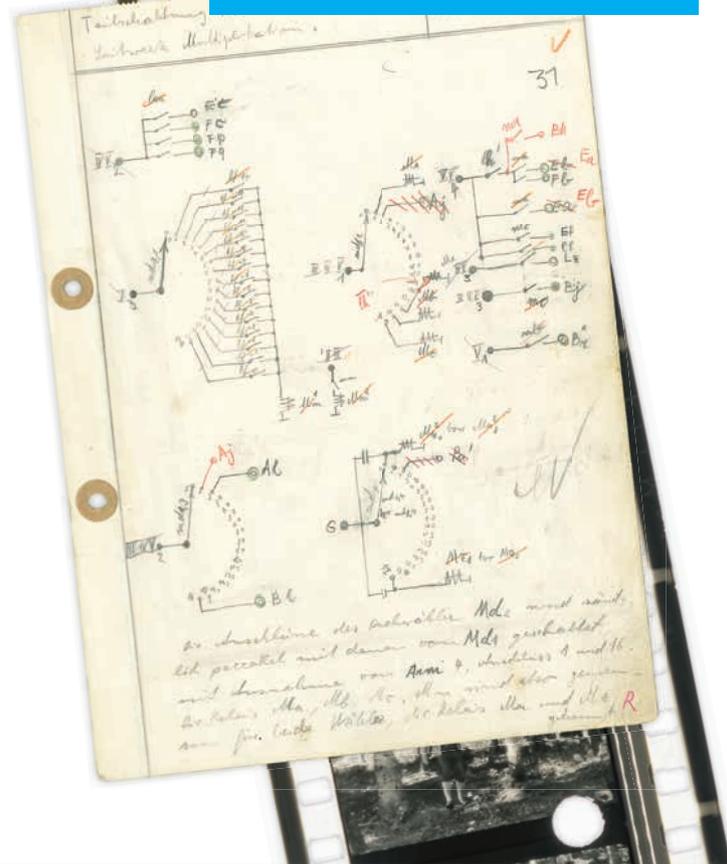
Wie Zuse selbst seine Rechner in die Fertigung eingebracht hat, ist eine Geschichte aus dem Zweiten Weltkrieg. Zuse wurde zweimal einberufen, aber Bekannte an der heutigen TU Berlin und in den Henschel Flugzeugwerken – wo er nach seinem Bauingenieursdiplom 1935 bereits als Statiker angestellt gewesen war – erreichten, dass er freigestellt wurde. Dafür musste er allerdings wieder in der Kriegsproduktion des Flugzeugbauers mitarbeiten und konnte sich nur noch in Teilzeit seiner Computerfirma widmen. Seine Expertise brachte er bei Henschel ein, auch um sich die Arbeit zu erleichtern.

Bei Henschel in Berlin-Schönefeld hat Zuse die Tragflächen von Flugzeugen und später von Gleitbomben berechnet. Für die Produktion von Flügeln hat Zuse zwei Maschinen gebaut, die sogenannten Spezialrechner S1 und S2. Sie waren eine abgespeckte Version der Z3. Bei der Produktion mussten Flügelprofile überprüft und ggf. nachgearbeitet werden. Wenn man die Messungen bestimmter Punkte eingegeben hat, haben die Maschinen die Korrekturwerte berechnet. Die S1 und S2 waren fest programmiert und konnten nichts anderes. Deshalb würde man sie heute als «Prozessrechenmaschinen» bezeichnen. Bei der S1 musste ein Operator die Messwerte über eine Tastatur eingeben. Bei der S2 gab es eine direkte Verbindung zum mechanischen Messgerät: Es hat das Profil des Flügels gemessen und die Werte direkt an den Rechner weitergegeben.

Herr Professor Rojas, können wir Zuse also zumindest die Erfindung der Prozesssteuerung zuschreiben?

Auch damit wäre ich vorsichtig. Sie können vieles erfinden. Seine Anlage bei Henschel war sicherlich einer der ersten Analog-Digital-Wandler. Zuses Problem ist aber, dass das alles während des Krieges geschah und nur ein paar Leute um ihn herum davon wussten. Nach dem Krieg war es auch nicht besser.

Entwurf für das Z3-Leitwerk der Multiplikationsteilschaltung. Die Programme für anstehende Kalkulationen wurden in Form von gelochten – z.T. zweitverwerteten – 35-mm-Filmstreifen in die Z3 eingelesen, die zu verarbeitenden Daten selbst über eine numerische Tastatur eingegeben. Nachdem der Lochstreifen getaktet durch die Maschine lief und die entsprechenden Relais schalteten, wurde über ein Lampenfeld das Ergebnis auf vier Dezimalstellen genau angezeigt.



VON DER IDEE ZUM PRODUKT

KOMPETENZ IN KUNSTSTOFF

Höchste Qualität & umfassender Service – mehrfach ausgezeichnet!

- | Entwicklung, Konstruktion, Simulation | Rapid Prototyping | Reverse Engineering
- | Werkzeugprojektierung | Werkzeugbemusterung | Bauteilvermessung
- | Prozessoptimierung allgemein – Spritzgussprozesse speziell

PARTNER DES FORMENBAUS

UNTERNEHMERPREIS 2015
OLDENBURGER MÜNSTERLAND

PREIS DES INNOVATIONS NETZWERKS NIEDERSACHSEN 2016

www.merkutec.de

MERKUTEC GmbH & Co. KG | Holdorfer Straße 71 | 49413 Dinklage

MERKUTEC
Kompetenz in Kunststoff

Nach der noch auf Relais-technik basierenden Z11 wurde auch Zuses erster elektronischer Rechner, die Z22, ein wirtschaftlicher Erfolg. 1959 entwickelte der Bauingenieur dann mit dem Graphomat Z64 den ersten Plotter. Der Weg des Unternehmens ist aber auch von wirtschaftlichen Irrwegen gezeichnet, etwa vom gescheiterten Versuch, einen preiswerten Kleincomputer (Z31) zu bauen oder von der nicht finanzierbaren Entwicklung eines unter dem Namen Z70 laufenden Fertigungsüberwachungssystems.



Erst als Zuse 1969 seine Memoiren und andere Papiere veröffentlicht hat, kamen seine Leistungen allmählich ans Licht ...

Es ist auch eine philosophische Frage: Gilt etwas als Erfindung, wenn der Rest der Welt nichts davon wusste? Die Z3 und die Z4 gehören unbestritten zu den ersten Computern und das ist ein bisschen Zuses persönliches Drama: Er hatte einige Sachen erfunden, aber vor allem die amerikanische Literatur hat es nicht richtig anerkannt. Das hat an ihm genagt.

Als Konrad Zuse 1949 in Neukirchen die Zuse KG gründete, waren seine neuen Computer nicht speziell für den Produktionsprozess ausgelegt, sondern als Universalrechner konzipiert. Sie wurden im Dienstleistungssektor etwa bei Banken, in der Verwaltung von großen Firmen oder bei Behörden eingesetzt. An vielen Hochschulen dienten sie der Ausbildung. Ausnahmen bildeten Entwicklungen wie die Z11 von 1954 (48 gebaute Exemplare), die als erster seriengefertigter Rechner Zuses für Feld- bzw. Stadtvermessung und in der optischen Industrie eingesetzt wurde oder 1957 Deutschlands erster Röhrenrechner Z22, zu dessen ersten Abnehmern auch die Firma Zeiss gehörte, die damit ihre optischen Systeme berechnet hat. Zuses Zielsetzung war nie, Großcomputer zu konstruieren. «Zuse wollte Rechenmaschinen in großen Stückzahlen bauen», sagt Raúl Rojas, «die dann allen Ingenieuren zur Verfügung stehen sollten.» Bis 1969 stellte die Zuse KG 251 Rechner her, ehe sie von der Siemens AG übernommen und der Firmenname 1971 gelöscht wurde.



TECNORM

**NORM-, PRÄZISIONS-
UND ZEICHNUNGSTEILE
FÜR DEN WERKZEUGBAU**

AUF 40 JAHRE ERFAHRUNG
IST VERLASS



+49 23 95 / 212 61 0



WWW.TECNORM.DE

Mitte der 80er-Jahre, gut 40 Jahre nach der Vorstellung der Z3, hatten sich die Voraussetzungen in der IT-Branche grundsätzlich verändert. Apple, Commodore und IBM brachten die ersten erschwinglichen Personal Computer auf den Markt. Rechner wurden zum Massenprodukt, damit kam die digitale Revolution in eine Vielzahl von Haushalten. Doch wie sah es in den Betrieben aus?

Bernhard Rindfleisch und Jens Hagen ließen sich von der damals in der technischen Welt herrschenden Aufbruchsstimmung anstecken. Im Münchner Vorort Moosach gründeten sie 1984 in der Wohnung des frischgebackenen Maschinenbau-Ingenieurs Rindfleisch eine Firma, aus der kurze Zeit später die Technische Entwicklung Beratung und Individuelle Software hervorging – Tebis war geboren. Die Geschäftsidee war nicht weit von Zuses «Ein Rechner für alle Ingenieure» entfernt: Die Entwicklung eines CAD/CAM-Systems für die bezahlbaren PCs, damit auch kleine Firmen ohne teure Rechenanlagen von einer digitalen Prozesssteuerung profitieren können. Das Ganze kombiniert mit einer einfachen Bedienung, die einen Handwerks- oder Werkzeug- und Formenbau-Betrieb nicht überfordert. Zum Brainstorming für den ersten Prototyp reisten die Jungunternehmer übrigens erst einmal für einige Tage an die italienische Riviera, im Gepäck: diverse CAD-Handbücher. «Beim Grübeln über die Berechnung von Flächen und Kurven haben das mediterrane Essen und das eine oder andere Glas Rotwein sicher einen guten Beitrag geleistet», erzählt Bernhard Rindfleisch.



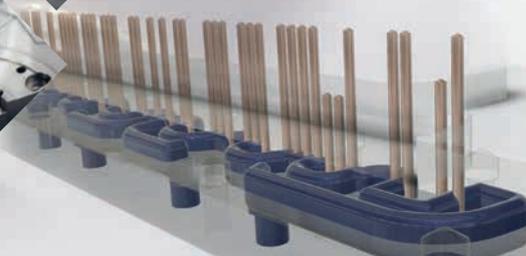
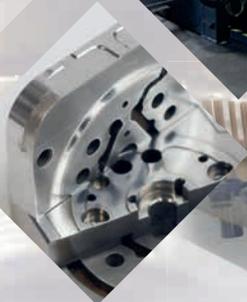
Tebis-Gründer Bernhard Rindfleisch: «Die große Herausforderung heute ist die Digitalisierung der Prozessabläufe in der Produktion von Einzelteilen.»

VAKUUMLÖTEN AUF HÖCHSTEM NIVEAU

Wir ergänzen das Know-how der Werkzeugtemperierer und Formenbauer durch unsere Kernkompetenz, das Vakuumlöten und Vergüten von Formeinsätzen.

UNSERE LEISTUNGEN

- ◆ Beratung hinsichtlich lötgerechter Konstruktion
- ◆ Unterstützung bei der Werkstoffauswahl
- ◆ Einlöten von Kupferstiften zur Optimierung der Temperierung
- ◆ Vakuumlöten und Vergüten der Formeinsätze
- ◆ Härteprüfung
- ◆ Dichtheitsprüfung



VLT
VAKUUMLÖTTECHNIK

VLT Vakuumlöttechnik GmbH

Am Hofe 10 · 58640 Iserlohn
+49 (0)2371 3510 210
info@vlt-vakuumloettechnik.de





1986 brachte Tebis mit der Version 1.0 das weltweit erste 3D-CAD/CAM-System auf MS-DOS-Basis auf den Markt. Die Steuerung erfolgte über ein Grafiktablett, auf dem als «Benutzeroberfläche» ein Papier mit den aufzurufenden Funktionen angebracht war. In der aktuellen Version 4.1 wurde MES-Technologie voll in die Anwendung mit parametrisch-assoziativer Systembasis integriert, um in der Einzelteilfertigung standardisierte Abläufe zu realisieren.



Der Mensch inmitten einer technologischen Welt: Selbstbildnis Zuses als 16-Jähriger. Rund 10 Jahre später sagte der Ingenieur, dass er sich mit der Idee eines «mechanischen Gehirns» beschäftigte.



Bei der Z3 lag die Frequenz bei 5,3 Hertz, also bei etwa fünf Schaltvorgängen in einer Sekunde. 1985 schafften die ersten Intel-80386-Prozessoren eine Taktzahl von 12 Millionen. Ein moderner Rechner schaltet in der gleichen Zeit drei Milliarden Mal. Tebis-Gründer Bernhard Rindfleisch erklärt uns, welche Möglichkeiten sich daraus für Prozessabläufe heute und in der Zukunft ergeben.

Herr Rindfleisch, welche Rolle spielen computergestützte Prozesse für produzierende Unternehmen heute – insbesondere im Werkzeug- und Formenbau?

Die größte Herausforderung ist die Digitalisierung der Prozessabläufe in der Produktion. Früher wurde diese Vorgabe für die Serienfertigung diskutiert. Heute sollte das auch bei Einzelteilen funktionieren. Damit können wir kürzere Durchlaufzeiten und niedrigere Produktionskosten erreichen.

Ist das zurzeit das vorrangige Ziel in der Branche?

Das Drama am Standort Deutschland ist ja die Verlagerung der Fertigung in Billiglohnländer, hinzu kommt jetzt noch Corona. Was können wir also tun, um wieder wettbewerbsfähig zu werden? Das beste Mittel ist, über vernetzte Prozesse und Digitalisierung einen modernen Ablauf zu implementieren. So können wir die dringend benötigte Effizienzsteigerung schaffen. Dafür gilt es, in den kleinen und mittelständisch geprägten Unternehmen jeden Prozessschritt zu betrachten und zu automatisieren – vom Auftragseingang über die Konstruktion bis hin zur Fertigung.

Tebis sieht sich als Prozesslieferant, der Plug-and-Play-Lösungen anbietet. Der Grundgedanke ist ein Baukastensystem: Jeder Prozess kann in einzelne Komponenten zerlegt werden. Wenn diese standardisiert sind und über kompatible Schnittstellen verfügen, können die Anforderungen der Kunden sehr flexibel umgesetzt werden. Für die KMU bleibt damit die Möglichkeit erhalten, ihre Abläufe individuell zu gestalten. Tebis liefert für diesen Vorgang schlüsselfertige Prozesskomponenten, die aus Hard- und Software-Bestandteilen und Dienstleistungen bestehen.

Doch wenn immer mehr Handlungen digitalisiert werden, Komplexität und Vernetzung ständig zunimmt, müssen auch die Interfaces so weiterentwickelt werden, dass Maschinen für Otto-Normal-User zugänglich bleiben. Die digitale Revolution ging einher mit Revolutionen in der Bedienung der jeweiligen Endgeräte. Bei der Z3 knipsten eigens geschulte Stanzer die Löcher für die Operationen in den Streifen. Die Z4 verfügte immerhin schon über eine Tastatur für die Bearbeitung der Lochstreifen. Bei der Tebis-Version 1.0 waren zur Bedienung zwei Bildschirme notwendig: Auf dem einen wurden die aktuellen Befehle dargestellt und auf dem anderen die Geometrien in einem 4-Tafelbild. 1989 hatte Tebis dann mit seiner Version 2.0 erstmalig eine grafische Benutzeroberfläche. Anstoß weiterer Umwälzungen bei der Computerbedienung war – spätestens mit dem ersten iPhone von 2009 – die massenhafte Verbreitung von Touchscreens.

Herr Rindfleisch, wie wird die Schnittstelle Mensch-Maschine in der Fertigung zukünftig aussehen?

In der Kommunikation steht für uns zunächst das «intelligente Bauteil» im Zentrum. Das heißt, ein Bauteil, z. B. eine Spritzgussform, verfügt über alle Daten, um sich selbst herzustellen. Geometrie, Planung, Identifikatoren, zusätzliches Wissen zum Bauteil – es ist alles gekapselt in diesem digitalen Objekt. Das Bauteil braucht nur noch eine vernetzte Fabrikanlage, wo es Maschinen und Logistik gibt, mit denen es kommunizieren kann. Es begrüßt die einzelnen Komponenten, dann steuert es sich selbst durch die Produktionsanlagen. Auf der anderen Seite braucht das Bauteil auch Kommunikationsinterfaces in Richtung Mensch. Diese werden mit modernen Techniken gestaltet: Am wichtigsten ist eine Sprachschnittstelle, aber auch Gestensteuerung und Augmented Reality spielen eine große Rolle. Diese Kommunikation soll sich so weit wie möglich der Interaktion mit einem anderen Menschen annähern. Damit man mit dem Bauteil diskutieren kann, was wichtig ist, wie etwas funktionieren soll etc.

Mit dem Ziel der mannlosen Fertigung?

So eine Produktionsanlage soll nicht den Menschen abschaffen, sondern ein Hilfsmittel für ihn werden. Mit diesem Instrumentarium kann er seine kreativen Ideen sehr flexibel und einfach in relativ kurzer Zeit in reale Produkte umsetzen. Das ist die Vision.

Bernhard Rindfleisch sieht hinter diesen Ansätzen, die auch immer mehr eingebettete Systeme bedingen, das «Megathema» der Zukunft und einen riesigen, sich schnell entwickelnden Markt. Was heute noch Science Fiction ist, wird morgen bereits die Realität in der Fertigung sein. Denn Industrie 4.0 fußt auf diesen cyberbasierten Systemen. Das Konzept besteht aus der Kombination von mechanischen und elektronischen Komponenten, mit denen sich bestimmte Anwendungen perfekt durchführen lassen. Hinzu kommen die Elemente Kommunikation und Vernetzung: Eingebettete Systeme würden dann z. B. über Verschleißmessungen im Werkzeug den Kundenservice auslösen, oder eben auch Produktspezifikationen oder Fertigungsparameter automatisch und standortbezogen an die Spritzgießmaschine übermitteln.

«Seit etwa einem Jahr beschäftige ich mich mit dem Gedanken des mechanischen Gehirns», schrieb Konrad Zuse 1937 in sein Tagebuch. Begonnen hatte Zuse mit der Z1 drei Jahre vorher – der «eigenen Faulheit wegen», weil er nicht immer wieder ähnliche und langwierige Berechnungen durchführen wollte. Diese Annäherung an Automation und Standardisierung von Prozessen als ganz selbstverständliche Abläufe in Unternehmen treibt bis heute die Akteure der Branche an. Nur das sie bald nicht mehr auf kleine Schritte, sondern auf ganze Fertigungsketten übertragen werden können. Und Bernhard Rindfleisch verweist hier auf einen versteckten, aber sehr wesentlichen Aspekt: Egal ob heute oder vor 80 Jahren – mit der neuesten Technik zu arbeiten ist für den Nachwuchs attraktiv und ein guter Weg, um Mitarbeiter zu motivieren. | Oliver Ilan Schulz, München

50 Jahre



HASCO Temperiersystem



Das Original

- **HASCO –
Der Standard für effiziente
Temperierung im Formenbau**
- **Engste Fertigungstoleranzen
garantieren weltweite
Kompatibilität**
- **Höchste Produktvielfalt für
alle Applikationen**

**Mehr als 100.000 standardisierte
Qualitätsnormen machen HASCO
zum zuverlässigsten Vollsortimenter
für den modernen Formenbau.**

Einfach - Online - Bestellen

www.hasco.com

HASCO®