



## Dark Factory im Werkzeugbau?

Dunkle Produktionshallen, in der sich Fertigungs- und Logistiksysteme ohne menschlichen Eingriff selbst organisieren – ist das Zukunftsmusik? Nicht ganz. Mit der Nutzung von Product Lifecycle Management (PLM) Software in Kombination mit einem hohen Grad an Fertigungsautomation zeigt KAMAX Tools & Equipment, dass diese Vision zunehmend zur Realität wird. Die End-to-End-Digitalisierung von der Spezifikation des Produkts „Schraube“ bis zum fertigen Werkzeugsatz ist bereits gelungen. Die Prozesskette beinhaltet auch die automatisierte Entwicklung der Umformstrategie (Stadienplan), die Ableitung des Werkzeugsatzes, die Erstellung der Bearbeitungsprogramme sowie die Übergabe des Auftrags in das Manufacturing Execution System (MES) bis zur Produktion des Werkzeugsatzes in „Losgröße 1“

AUTOREN



**Dr.-Ing. Christian Ludwig**

ist Director Global Equipment Development bei der KAMAX Tools & Equipment GmbH & Co. KG in Homberg (Ohm)



**Dipl.-Ing. Hilmar Gensert**

ist ehemaliger Geschäftsführer der KAMAX Tools & Equipment GmbH & Co. KG in Homberg (Ohm)



**Dipl.-Ing. Damiano Klug**

ist Head of Software Engineering bei der KAMAX Tools & Equipment GmbH & Co. KG in Homberg (Ohm)

**STANDARDISIEREN UND MODULARISIEREN**

Für eine effektive Digitalisierung und Automatisierung ist die Standardisierung und Modularisierung des gesamten Prozesses entscheidend. Dies beinhaltet die technische Beschreibung der Schraube, den Studienplan und den Werkzeugaufbau, aber auch die Bearbeitungsprozesse. Bei Werkzeugsätzen sind feste Randbedingungen erforderlich, um die Funktionalität und Schnittstellen im Produktionssystem beizubehalten, wie zum Beispiel Durchmesser, Längen und formbildende Konturen. Dafür wurde ein Modulsystem aus Standardrohmaterialien definiert, aus dem beliebige Innen- und Außendurchmesser durch Kombination in Differentialbauweise abbildbar sind. Matrizen, die als aktive Umformwerkzeuge eingesetzt werden, sind aus mehreren Armierungsringen und Kernen aufgebaut. Die Matrizen werden durchschnittlich fünfmal armiert, was nicht nur der Modularisierung dient, vielmehr ergibt sich auch ein technologischer Vorteil. Die Mehrfacharmierungen erhöhen die Druckvorspannung des Kerns um das Doppelte gegenüber einfacharmierten Matrizen. Das führt besonders bei hohen Umformkräften zu einer erheblichen Steigerung der Standzeit.

Die Modularisierung der Matrizen wurde auf den gesamten Werkzeugsatz erweitert, einschließlich Hinterlagen, Verschlussstücken und Fassungshülsen (Bild 1). Dies ermöglicht theoretisch die Bereitstellung eines individuellen Produkts noch am gleichen Tag.

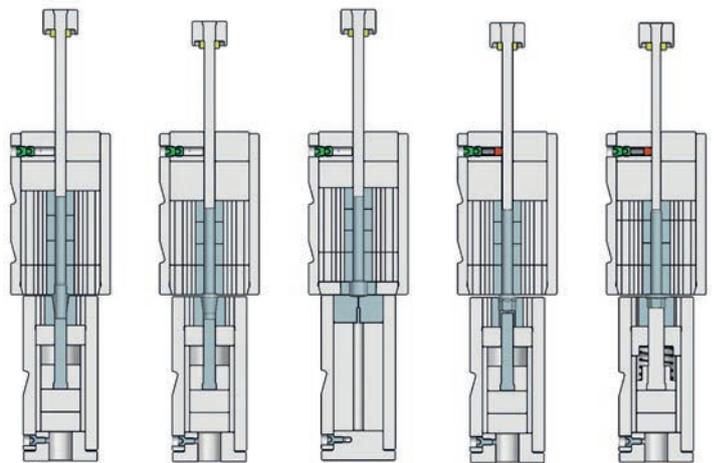


Bild 1: Schnitt durch einen modularisierten Werkzeugsatz

**AUTOMATISIERUNG DER WERKZEUGFERTIGUNG**

Die Fertigungszellen bestehen aus einem Rohmaterial-Tablarlager und spezifischen Bearbeitungsmaschinen mit Werkzeugspeichern und Wechselsystemen, das Teilehandling erfolgt robotergestützt. Im Vergleich zur herkömmlichen Matrizenfertigung entfällt durch die Lagerhaltung von bereits vergütetem Armierungs-Rohmaterial die Weichbearbeitung. Der in Bild 1 dargestellte Aufbau eines Werkzeugsatzes stellt hohe Anforder-

# Dark Factory

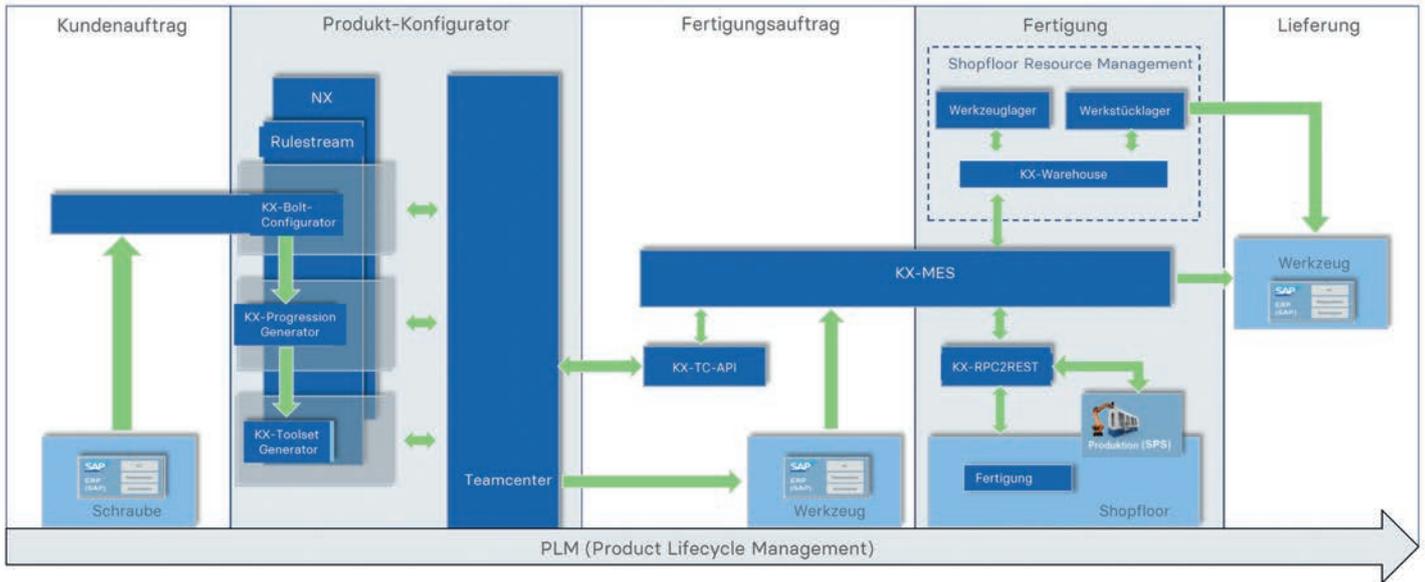


Bild 2: Systemlandschaft, Bilder: Autoren

derungen an die Toleranzkette. Die Passung zwischen Armierung und Kern ist mit einer Toleranz von  $\pm 0,01\text{mm}$  vorgegeben, was bei Einzelteilen gut funktioniert, aber bei acht Ringen und einem Kern zu Toleranzproblemen führen kann. Daher wird mit iterativen Bearbeitungsprozessen gearbeitet. Das System erfasst das Ergebnis, leitet Konsequenzen ab und kompensiert Abweichungen bei der Fertigung weiterer zur Baugruppe gehörender Einzelteile.

## INTEGRIERTE SYSTEMLANDSCHAFT

Früher gab es viele Schnittstellen zwischen verschiedenen Softwaresystemen im Produktentstehungsprozess, die manuell bedient werden mussten. Durch geschickte Systemauswahl können Unterbrechungen in der automatisierten Datenverarbeitung vermieden werden. So ermöglicht zum Beispiel die Verwendung eines einzigen Anbietersoftware-Systems den nahtlosen Datenaustausch sowie die hohe Automatisierung von CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing) und PLM. Dies spart den Aufwand, mit verschiedenen Compilern zu arbeiten, was in der Regel nicht nur zeitaufwendiger, sondern auch funktionsbeschränkend ist.

Die digitale Datenerfassung startet direkt mit dem Kundenauftrag für die Schraube, was den Beginn des Produktentstehungsprozesses markiert (Bild 2). Der verwendete "KX-Bolt-Konfigurator" ermöglicht die Spezifikation von Schrauben unter Berücksichtigung von Variantenkonfiguration, Konstruktionsregeln und technologischen Randbedingungen in wenigen Minuten. Die Informationen werden digital erfasst und im PLM-System gespeichert. Aus dem PLM-System können alle weiteren CAD- und CAM-Module angetriggert und mit den produktbeschreibenden Informationen versorgt werden. Das Ergebnis ist

ein präzises Modell beziehungsweise der digitale Zwilling der Schraube. Durch Anwendung von KI-Algorithmen werden die genannten Daten verarbeitet. Das Ergebnis ist ein automatisiert erstelltes Modell der gesamten Stadienfolge, also ein Abbild der Umformstrategie für die vorgesehene Mehrstufenpresse.

Ebenfalls mithilfe von KI-Algorithmen und Software wie Siemens Rulestream wird der Werkzeugsatz automatisch aus dem Umformstrategiemodell und den Klassifizierungsinformationen abgeleitet. Mehr als 70 Einzelteile werden im CAD-CAM-System erstellt. Außerdem erkennt die KI vorhandene Werkzeugkomponenten und importiert sie aus dem PLM-System, um Duplikationen zu vermeiden.

Mit den nun als CAD-Modell zur Verfügung stehenden Werkzeugkomponenten kann schließlich die Bearbeitung im CAM simuliert werden. Auch hier findet KI-Anwendung: Sie erkennt eine einmal definierte Bearbeitungsstrategie für ein bestimmtes Formelement im Modell und leitet daraus automatisiert Werkzeuge, Verfahrswege und Bearbeitungsparameter ab.

Die maschinenspezifischen NC-Bearbeitungsprogramme werden im PLM-System gespeichert, dort stehen sie bereit, bei Fertigungsstart des Auftrags auf die Maschine übertragen zu werden. Produktdaten werden nicht auf den Maschinen gespeichert, da die Fertigung für „Losgröße 1“ ausgelegt ist.

## OHNE MENSCHEN GEHT ES NICHT!

Die implementierten Informationssysteme und Prozessautomatationen verdeutlichen das disruptive Potenzial zur Reduzierung der Lieferzeiten und Steigerung der Effizienz. Die Prozessdurchlaufzeit von Produktspezifikation bis Werkzeugsatz-

verfügbarkeit kann theoretisch auf wenige Stunden verkürzt werden. Besonders große Vorteile bietet dies beim Produktionsstart neuer Produkte und Entwicklungen, bei denen die Werkzeugkonstruktion oft in iterativen Schleifen optimiert wird. Mit einer kurzen Lieferzeit lassen sich, im Sinne einer Just-in-Time Lieferung, auch Werkzeuglagerbestände minimieren, was zu einer Verringerung des gebundenen Kapitals führt. Kosteneinsparungen entstehen nicht nur am Werkzeug selbst, sondern entlang des gesamten Entstehungsprozesses. Last but not least führt die Mehrfacharmierung durch den modularen Aufbau zu einer enormen Standzeiterhöhung.

Aus Sicht der Autoren bleibt die Dark Factory im Werkzeugbau allerdings weiterhin eine Vision. Automatisierte Systeme sind abhängig von Expertenwissen. Auch das Beheben von möglichen Fehlerzuständen bei komplexen Produktionssystemen bedarf nach wie vor der Kreativität und Flexibilität des Menschen. Bei Abweichungen vom Standard, der Weiterentwicklung und Optimierung trifft das ebenfalls zu. Dennoch, gerade im Hinblick auf den anstehenden Fachkräftemangel räumt die hochautomatisierte Abwicklung – insbesondere von Standardprodukten – den Experten mehr Zeit für die „kreativen“ Prozesse ein. Die höhere Produktivität und schnelle Werkzeugverfügbarkeit nimmt den Druck, den personalintensiven Werkzeugbau in Niedriglohnländer zu verlagern.



[1] Gensert, H.; Ludwig, C.: Smart factory. Tagungsband 33. VDI-Jahrestreffen der Kaltmassivumformer 2018

[2] Gensert, H.; Ludwig, C.: Smart factory. Tagungsband Umformtechnisches Kolloquium Darmstadt 2018

[3] Ludwig, C.; Gensert, H.; Farrenkopf, T.; Panske, T.: Smart Factory im Werkzeugbau, Umformtechnik Massiv+Leichtbau, Ausgabe 1/2021, Meisenbach Verlag, Bamberg

[4] Ludwig, C.; Gensert, H.; Farrenkopf, T.; Panske, T.: Smart Factory im Werkzeugbau bei KAMAX – Reduzierung der Durchlaufzeit um 90%  
DOI: 10.30844/I40M\_21-4\_S29 – 33; Industrie 4.0 Management 37 (2021)



KAMAX Tools & Equipment GmbH  
Dr.-Rudolf-Kellermann-Str. 2  
35315 Homberg (Ohm)  
Telefon: +49 6633 79-0  
E-Mail: [communications@kamax.com](mailto:communications@kamax.com)  
Internet: [www.kamax.com](http://www.kamax.com)