



(Bild Sigmatek/123RF.com)

# TANZ MIT DEM DIGITALEN ZWILLING

**Durch modellbasierte Entwicklung schneller zu besseren Maschinen:** Die modellbasierte Entwicklung ermöglicht das Erstellen und Simulieren eines vollständigen Digitalen Zwillings einer Maschine oder Anlage. Damit lassen sich Tests und Optimierungen durchführen, ohne auf die echte Hardware und Mechanik warten zu müssen. Das hilft, die Entwicklungszeit zu verkürzen, das Entwicklungsrisiko zu minimieren und Nacharbeiten zu eliminieren. So können Maschinen- und Anlagenhersteller schneller bessere Maschinen entwickeln und ihre Marktposition absichern. **Von Ing. Peter Kempfner, x-technik**



**Für Maschinenbauer bringt die modellbasierte Systementwicklung** mit dem Digitalen Zwilling mehrere bedeutende Vorteile - wie Risikominimierung in der Softwareerstellung und kürzere Time-to-market. (Alle Bilder, sofern nicht anders angegeben: Sigmatek)

**M**aschinen- und Anlagenhersteller stehen vor gewaltigen und teilweise widersprüchlichen Herausforderungen. Um im harten internationalen Wettbewerb zu bestehen, müssen sie innovative Maschinen und Anlagen mit hoher Effizienz und Produktivität entwickeln. Deren Komplexität steigt, während für Entwicklung und Inbetriebnahme nicht mehr, sondern tendenziell immer weniger Zeit zur Verfügung steht.

### Methodenwechsel in der Maschinenentwicklung

Beim früher üblichen Entwicklungsablauf wurde zunächst die Mechanik konstruiert, dann folgten Auslegung und Konstruktion der Elektrotechnik und am Ende die Steuerungsprogrammierung. Das hat mehrere Nachteile: Die Gesamtdauer ist länger, wenn die einzelnen Aufgaben hintereinander statt gleichzeitig erledigt werden können. Logische Fehler und Missverständnisse treten oft erst spät im Gesamtentwicklungsprozess zutage. Das macht ihre Behebung schwierig und teuer. Zudem erfolgt die Programmierung wegen häufiger Verzögerungen in den vorangegangenen Entwicklungsphasen häufig unter

enormem Zeitdruck. Den Letzten beißen ja bekanntlich die Hunde. Dabei müssen die Programmierer oft die Absichten hinter den mit Leben zu erfüllenden Konstruktionen erraten und Unzukömmlichkeiten der Mechanik durch Software ausgleichen, was nur sehr eingeschränkt funktionieren kann.

Der Schlüssel, um unter diesen Rahmenbedingungen den Erfolg abzusichern, ist die modellbasierte Entwicklung. Dabei wird zunächst der Digitale Zwilling der Maschine oder Anlage entwickelt und simuliert. „Dieser Begriff wird leider für viele verschiedene Dinge verwendet, deshalb lohnt ein Blick auf die Natur des Digitalen Zwilling“, sagt Franz Aschl, Management Technology bei Automatisierungs-Systemhersteller Sigmatek. „Dieser ist nicht nur das 3D-Modell einer Maschine oder Anlage, sondern umfasst auch die verschiedenen Aspekte ihres Verhaltens.“

### Beschleunigung durch Parallelisierung

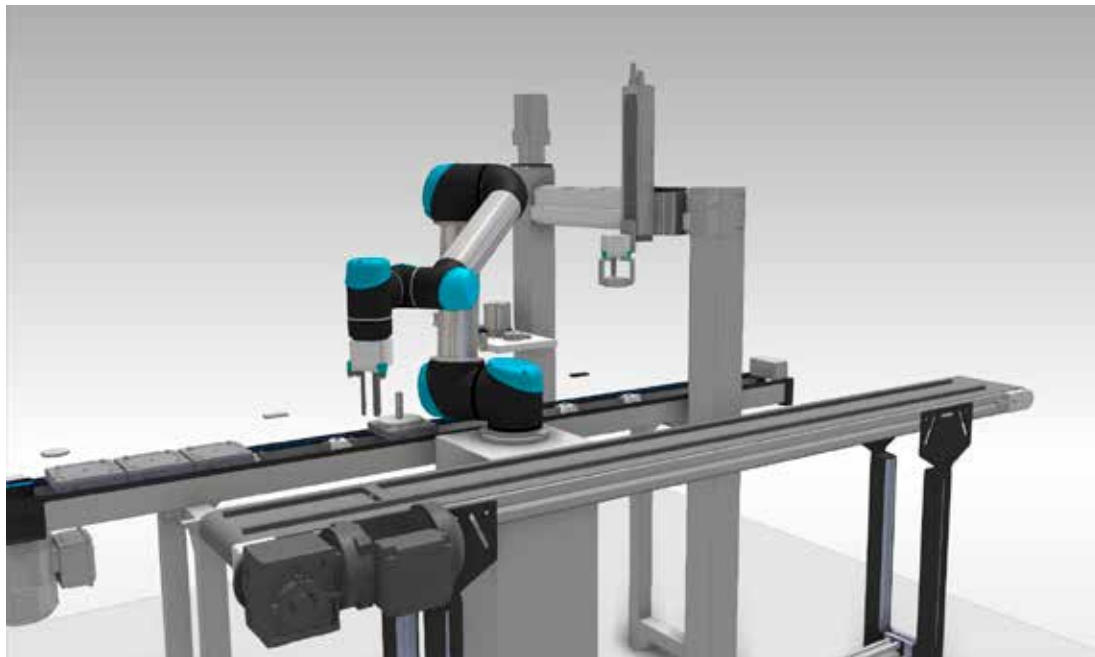
Dieses Verhaltensmodell ist im Grunde nichts anderes als ein weiter ausformuliertes Anforderungsprofil der >>



Die Stundenanzahl für die eigentliche Entwicklungsarbeit bleibt in etwa gleich. Durch die Möglichkeit, miteinander statt hintereinander zu arbeiten, verkürzt sich dennoch die Gesamt-Entwicklungszeit erheblich.

**Franz Aschl, Management Technology bei Sigmatek**

**Bei der modellbasierten Entwicklung** wird zunächst mit Softwareprodukten für die physikbasierte 3D-Simulation der Digitale Zwilling der Maschine oder Anlage entwickelt und simuliert. Das ermöglicht umfangreiche Tests und Optimierungen vor der Fertigstellung von Mechanik und Hardware. (Bild: machineering)



Maschine und Anlage. Gemeinsam mit 3D-Modellen der Mechanik lässt sich daraus mit Softwareprodukten für die physikbasierte 3D-Simulation ein vollständiger Digitaler Zwilling erstellen. Dieser bildet eine valide Grundlage für die detaillierte Softwareentwicklung, Elektroplanung und Konstruktion. Ein wesentlicher Vorteil der modellbasierten Entwicklung mit dem Digitalen Zwilling ist die Möglichkeit, die Entwicklung zu parallelisieren und damit zu beschleunigen. Im Gegensatz zum früher üblichen Entwicklungsablauf kann – und muss – die Entwicklung in den verschiedenen Disziplinen gleichzeitig beginnen, indem die jeweiligen Spezialisten ihren Teil zum Digitalen Zwilling beitragen.

Dabei hilft der Digitale Zwilling die Sprachbarriere zwischen den verschiedenen technischen Disziplinen zu überwinden. Durch die plastische 3D-Darstellung fällt es Entwicklern leichter, ihre Aktivitäten aufeinander abzustimmen sowie Anforderungen und Bedürfnisse der jeweils anderen Spezialgebiete zu berücksichtigen. „Erfahrungsgemäß bleibt die Stundenanzahl für die Softwareentwicklung in etwa gleich, einiges an Aufwand verlagert sich von der Ausprogrammierung in die frühe Phase der Erstellung des Digitalen Zwillings“, erläutert Aschl. „Durch die Möglichkeit, miteinander statt hinter-

einander zu arbeiten, verkürzt sich dennoch die Gesamt-Entwicklungszeit erheblich.“

### Sicher zum Entwicklungsergebnis

Wesentlich zur Beschleunigung der Entwicklung trägt dabei die Tatsache bei, dass mit Abstimmungen und Tests nicht erst auf das Vorliegen der echten Mechanik und Hardware gewartet werden muss. Nicht nur die Entwickler aller Disziplinen, sondern auch die Produktion und sogar Kunden können sehr frühzeitig eingebunden werden. So lassen sich etwa Missverständnisse bei der Anforderungsdefinition nicht erst in der Prototypenphase aufdecken, sondern zu einem Zeitpunkt, an dem Korrekturen noch mit geringem Aufwand und ohne große zeitliche Verzögerung möglich sind.

Als weiteren wesentlichen Schritt dazu, bessere Maschinen schneller zu entwickeln, bietet die modellbasierte Entwicklung mit dem Digitalen Zwilling darüber hinaus die Möglichkeit einer virtuellen Inbetriebnahme. Dabei ersetzt er die reale Maschine oder Anlage. Diese wird zunächst noch komplett als Computermodell mit „Software in the Loop“ simuliert. In den nächsten Schritten erfolgt die Portierung der Programme auf die echte Steuerungshardware, die als „Hardware in the Loop“ unter

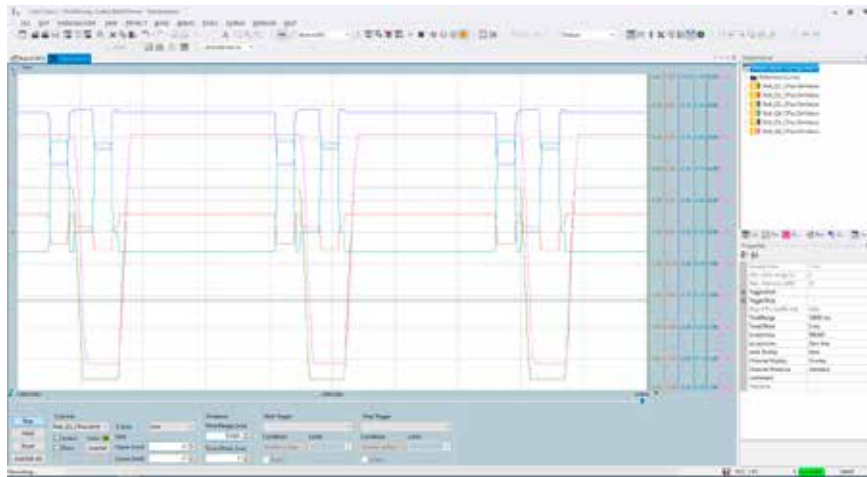


» In der Softwareentwicklung liegt die Kunst meist nicht im Programmieren der normalen Abläufe, sondern im Bewältigen unerwartet eintretender Sondersituationen. Am Digitalen Zwilling lassen sich alle möglichen Fehlerzustände simulieren und austesten, bis zum plötzlichen Spannungsausfall.

**Daniel Schachl, Softwareentwickler bei Sigmatek**



**Im Diagnosetool der Entwicklungs-umgebung LASAL** lassen sich die Achspositionen (z. B. des Roboters) exakt nachvollziehen und Abweichungen feststellen.



Einschluss von mehr und mehr echter Komponenten die weiterhin simulierte Kinematik ansteuert. Das schafft die Möglichkeit, neben der Maschinenlogik auch einen großen Teil des Zeitverhaltens in die Tests einzubeziehen. Damit lassen sich viele Mängel und Probleme bereits im Entwicklerbüro aufdecken und beheben, die mit den traditionellen Methoden erst bei der Inbetriebnahme der echten Maschine oder Anlage zutage treten. Diese erfolgt oft erst vor Ort beim Kunden. Die virtuelle Inbetriebnahme kann in der gewohnten Büroumgebung erledigt werden, auch in Zusammenarbeit zwischen Mitarbeitern, die an verschiedenen Standorten tätig sind. Bereits das kann die teure Anwesenheit von Programmierern samt Ausrüstung am Installationsort stark verkürzen. Damit gelingt eine Annäherung an das Ziel von „Plug-&-produce“, also von Maschinen und Anlagen, die ab dem Einschalten sofort produktiv arbeiten und beginnen, sich zu refinanzieren.

**Volle Integration ins Entwicklungstool**

Als Hersteller von Steuerungs- und Automatisierungssystemen sieht Sigmatek seine Aufgabe darin, Maschinenbauer und Automatisierer in die Lage zu versetzen, einfach, schnell und wirtschaftlich zukunftsgerichtete, modulare und flexible Maschinen und Anlagen zu entwickeln und herzustellen. Dazu gehört auch die Standardisierung und Automatisierung der Softwareentwicklung. Zur Unterstützung der modellbasierten Entwicklung und der virtuellen Inbetriebnahme überarbeitete der Salzburger Hersteller seine Software-Entwicklungsumgebung LASAL. Dabei wurden alle nach außen gerichteten I/O-Objektklassen erheblich erweitert. Diese advanced I/Os brauchen an ihrem „äußeren“ Ende nicht mehr notwendigerweise echte Verbindungen, sondern können in verschiedenen Modi mit vorgegebenen, simulierten oder im Digitalen Zwilling entstehenden Werten arbeiten.

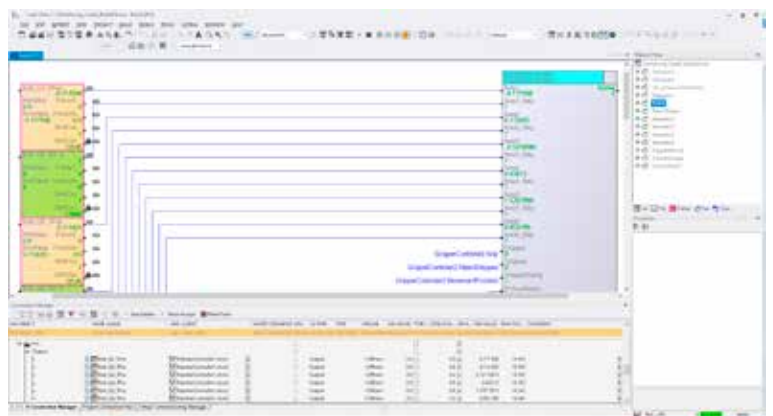
Die Umschaltung zwischen diesen Betriebsmodi erfolgt Klasse für Klasse oder pauschal für das gesamte Projekt durch Setzen eines Parameters im Virtual Commissioning Manager. „Ohne die Entwicklungsumgebung zu verlas-

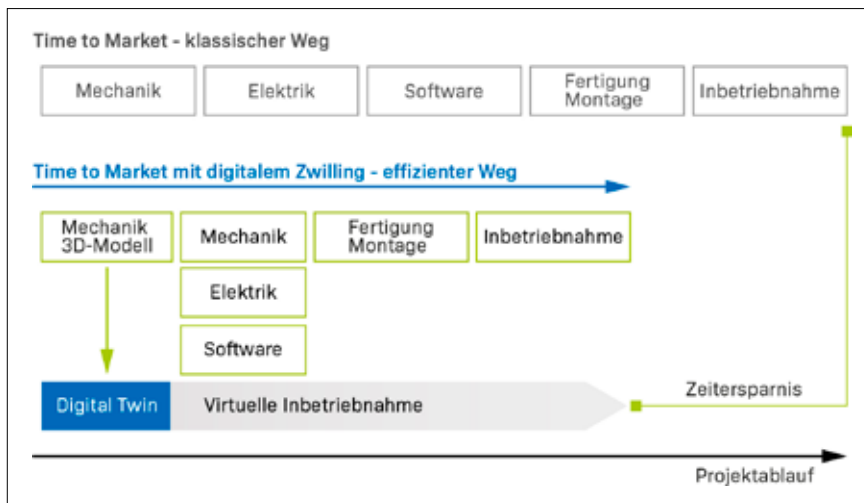
sen, können Softwareentwickler ihre Programme damit zunächst in der Simulation und später am Digitalen Zwilling testen und optimieren und eine virtuelle Inbetriebnahme durchführen“, erklärt Daniel Schachl, Softwareentwickler bei Sigmatek. „Auch für die Inbetriebnahme der Programme an der realen Maschine brauchen sie nur die entsprechenden Parameter umzustellen.“

**Die Objektorientierung macht's möglich**

Bei dieser Weiterentwicklung von LASAL stellte es sich als Vorteil heraus, dass Sigmatek bereits seit über 20 Jahren auf die objektorientierte Programmierung setzt. Dadurch gestaltete sich das Anpassen von Basistechnologie, um physikbasierte 3D-Simulationssoftware anzubinden, recht einfach. Der größte Teil des Aufwandes floss in Tests zur uneingeschränkten Interoperabilität. Das System muss ja auch weiterhin mit vielen spezialisierten I/Os funktionieren, mit der gesamten Antriebstechnik und Sicherheitstechnik, um nur einige Gebiete zu nennen. Als erstes derartiges System wurde iPhysics vom Münchener Softwarehersteller machineering GmbH & Co. KG angebunden. Durch die einfache Modifizierbarkeit der Objektklassen in LASAL kann Sigmatek bei Bedarf sehr schnell die Möglichkeit schaffen, auch andere, ähnliche Systeme zu nutzen. >>

**Zur Unterstützung der modellbasierten Entwicklung** und der virtuellen Inbetriebnahme überarbeitete Sigmatek die Software-Entwicklungsumgebung LASAL durch Erweiterung aller nach außen gerichteter I/O-Objektklassen.





**Die modellbasierte Entwicklung** mit dem Digitalen Zwilling einer Maschine oder Anlage hilft, das Entwicklungsrisiko zu minimieren, Nacharbeiten zu eliminieren und die Entwicklungszeit insgesamt zu verkürzen.

### Entwicklungsrisiko reduzieren

Für Maschinenbauer bringt die Umkehrung der Entwicklungsreihenfolge hin zur modellbasierten Systementwicklung mit dem Digitalen Zwilling mehrere bedeutende Vorteile. Der wichtigste ist sicherlich die Minimierung des Entwicklungsrisikos. Da die Software die Beschreibung des Maschinenverhaltens darstellt, kann sie als Ausgangsbasis und Referenz für alles andere dienen. Bereits in der Angebotsphase kann die Programmierung der Grundfunktionalität erfolgen. Diese mit dem Kunden abzustimmen hilft, Kommunikationsmängel, Erwartungsdiskrepanzen und Missverständnisse zu vermeiden. Die Auslegung und physikalische Anordnung von Sensoren und Aktoren lässt sich bereits ohne Vorliegen von Hardware und/oder Mechanik vornehmen. Die Überprüfung großer Teile des Zeitverhaltens bereits vor einem Prototypenbau bringt eine enorme Zeitersparnis und eine größere Sicherheit bei der Komponentenauslegung. Die virtuelle Inbetriebnahme gestattet das Beheben von Problemen und das Optimieren der Maschinenprogramme bereits im Vorfeld. Für die physikalische Inbetriebnahme auf der echten Mechanik mit ihrem realen Trägheitsverhalten steht ein fertig getestetes, fehlerfreies Programm zur Verfügung. Das reduziert die Zeit, die Softwaretechniker auf der „Baustelle“ verbringen müssen, erheblich. Wenn viele Optimierungen bereits am Digitalen Zwilling erfolgen, entfällt natürlich auch ein Großteil der bisher oft erforderlichen Nacharbeit.

Im Serienmaschinenbau bringt das den Vorteil, dass ein Baukasten aus fertig getesteten, bekannt guten Modulen vorbereitet werden kann. Den Aufwand der Erstellung des Digitalen Zwillings nur für abweichende Optionen zu treiben, vereinfacht und beschleunigt die Variantenentwicklung beträchtlich. Außerdem lässt sich der Digitale Zwilling der Maschine in Verbindung mit den realen HMI-Geräten bereits für die Schulung von Bedien- und Instandhaltungspersonal nutzen.

### Inbetriebnahme ist nicht das Ende

Auch die Qualität der Software lässt sich mittels modellbasierter Entwicklung am Digitalen Zwilling deutlich erhöhen. „In der Softwareentwicklung liegt die Kunst meist nicht im Programmieren der normalen Abläufe, sondern im Bewältigen unerwartet eintretender Sondersituationen“, weiß Schachl. „Am Digitalen Zwilling lassen sich alle möglichen Fehlerzustände simulieren und austesten, bis zum plötzlichen Spannungsausfall.“ Am realen Prototyp hätten diese oft die Produktion von Ausschuss zur Folge, nicht selten sogar die Zerstörung der Maschine.

Da es sich lediglich um eine Anpassung einiger Objektklassen handelt, ist der Umgang mit LASAL im Zusammenspiel mit physikalischer Simulationssoftware leicht zu lernen. Parameter wie z. B. Laufzeiten, Schaltzeiten und Motorcurven können von individuell erstellten Objektklassen bereitgestellt werden. Sie können aber auch in iPhysics eingegeben bzw. aus echten Messwerten dorthin zurückgespielt werden. Unterschiedliche Situationen lassen sich in der Simulationssoftware recht einfach durch Scripts nachstellen.

Mit der Inbetriebnahme sind die Anwendungsmöglichkeiten des Digitalen Zwillings allerdings noch lange nicht erschöpft. Dieser kann im Betrieb mitlaufen, um Abweichungen aufzudecken und entsprechend gegenzusteuern. Das vergrößert weiter die Fehlertoleranz und Lebensdauer der Maschine und ermöglicht eine vorausschauende Wartung. „Den Digitalen Zwilling für die modellbasierte Entwicklung im Maschinen- und Anlagenbau zu nutzen, hat eindeutig Potenzial“, schließt Schachl. „Durch die Integration in LASAL haben Nutzer von Sigmatek-Steuerungen einen deutlichen Startvorteil auf dem Weg durch die digitale Transformation.“

[www.sigmatek-automation.com](http://www.sigmatek-automation.com)