

# Mehr als ein Spiegelbild

## Der Digitale Zwilling in der Praxis der Maschinenautomation

Universalität, Mobilität, Skalierbarkeit, Modularität und Kompatibilität: Dies sind die wichtigsten Faktoren für digitale Wandlungsfähigkeit. Der Digitale Zwilling ist hierbei eine der Schlüsseltechnologien, um menschenzentrierte und wandlungsfähige Konzepte durch Industrie 4.0-Technologien in die Tat umzusetzen. Denn der Mensch ist ein Augenwesen, das in Zukunft mit immer komplexeren technischen Systemen in der smarten Fertigung interagiert und bei seinen Entscheidungen mehr denn je auf intuitiv visualisierte Informationen angewiesen ist. Zur E°EXC 89 gibt es daher jetzt auch die Möglichkeit, einen **maschinennahen Digitalen Zwilling** zu nutzen. Auf der [SPS 2019](#) zeigen wir dazu eine typische Komplettlösung als Demo.

Der Nutzen des Digitalen Zwillings liegt dabei nicht in einem möglichst fotorealistischen Abbild der realen Maschine, sondern in einer zweckmäßigen Modellbildung für unterschiedliche **Einsatzszenarien in Entwicklung, Inbetriebnahme und Service**, unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus einer Maschine.

[Rex Automatisierungstechnik](#), ein Tochterunternehmen der [Eckelmann AG](#), hat hierfür mit einem webbasierten 3D Viewer und Konfigurator eine hochpraktikable Lösung geschaffen, die ein Maschinenmodell auf Basis von vorhandenen CAD-Konstruktionsdaten auf überraschend einfache Weise per MQTT-Anbindung zur Steuerung in ein **Echtzeit-Simulationsmodell** verwandelt. Das Tool ist plattformunabhängig im Browser nutzbar und lässt sich ebenso in native Bedienoberflächen sowie in Cloud-Anwendungen integrieren.

In „Coded Concepts“ beschreiben wir dieses Mal drei zentrale Use Cases für den maschinennahen Digitalen Zwilling und geben eine kurze Einführung in die zugrundeliegenden technischen Konzepte.

### 1. Service, Diagnose und Wartung mit dem Digitalen Zwilling

Ein zentrales Einsatzszenario des Viewers, sprich der Echtzeit-Visualisierung der Maschine in 3D, ist die **schnelle Lokalisierung und Analyse von Fehlern**, damit diese gezielt behoben werden können. Konkret soll der Digitale Zwilling eine schnelle Antwort darauf geben, welche Komponente gerade ein Problem hat und worin dieses besteht. Dazu können im 3D Viewer fehlerspezifische Farbdarstellungen konfiguriert werden. D.h. mit den Informationen der Steuerung, z.B. über den Status einer Achse, können bestimmte Modellsegmente dynamisch gehighlightet werden. Auch Meldungen von integrierten Machine-Vision-Systemen oder anderer Sensoren lassen sich intuitiv im Modell visualisieren. Dies ist der primäre Use Case des Digitalen Zwillings, um Service, Diagnose und Wartung zu vereinfachen.

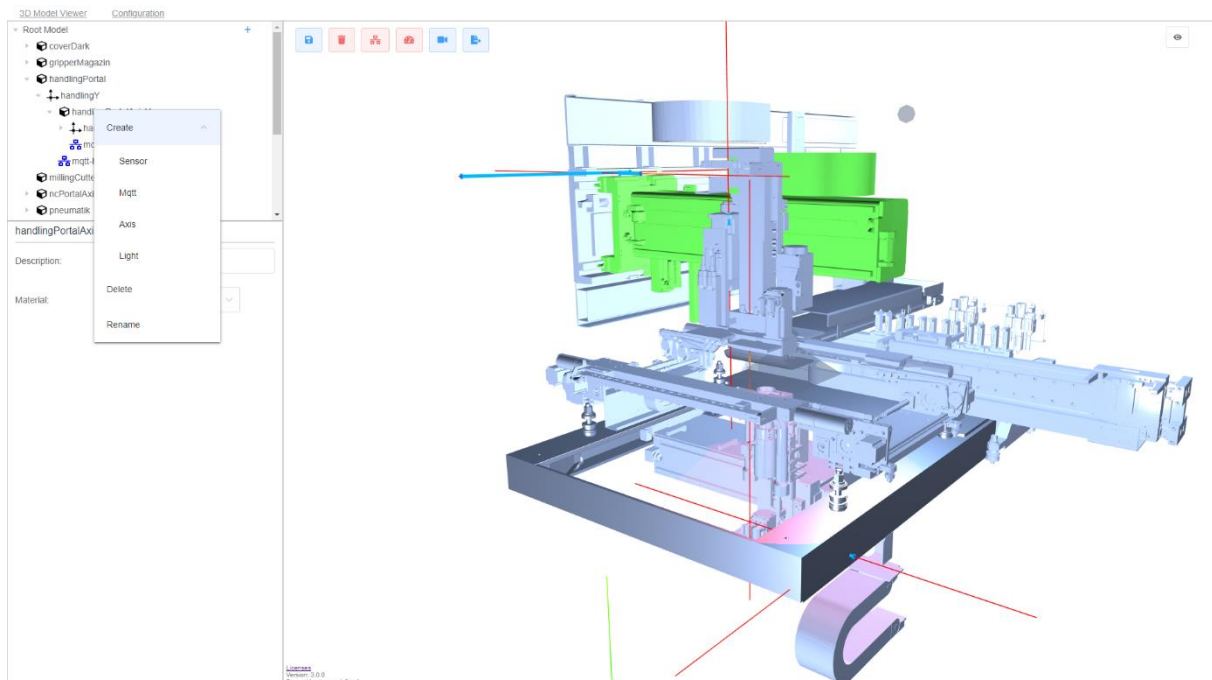


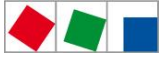
Abb. 1: 3D Konfigurator mit Tree-Ansicht der Modell-Elemente, die per Drag & Drop verschoben werden können. (Foto: ASYS Automatisierungssysteme GmbH)

## 2. Virtuelle Inbetriebnahme

Die Achsen des Modells werden entsprechend den Positionsdaten der realen Achsen verfahren. Die [E°EXC 89 Controller](#) von Eckelmann stellen diese Daten über die Standard-Funktion „Test ohne Mechanik“ dem Digitalen Zwilling bereit. Ganz gleich ob CNC-, SPS- oder Motion-Achsen, das programmierte Projekt kann so ohne physisch angeschlossene Aktuatoren von der Steuerung ausgeführt werden. Das 3D Modell empfängt die gleichen Befehle wie die echte Maschine.

Der 3D Viewer wird somit zur **vollwertigen Simulationsumgebung für die Entwicklung der Maschine und die virtuelle Inbetriebnahme**. Dies ist der zweite wichtige Use Case und bereits gelebte Praxis in der Applikations-Entwicklung für unsere Kunden. Da Hardware und Software einer Maschine meist von unterschiedlichen Entwicklerteams parallel entwickelt werden, können Maschinenkonzepte und Software-Funktionen in der Entwicklung so bereits frühzeitig an der virtuellen Maschine evaluiert, optimiert und getestet werden, was die Entwicklung beschleunigt. Da der digitale Zwilling direkt mit der Steuerung gekoppelt ist, handelt es sich um eine Echtzeitsimulation und es können sogar echtzeitkritische Anforderungen realitätsnahe durchgespielt werden.

Die Hardware-in-the-Loop-Simulation in Echtzeit basiert auf CAD-Konstruktionsdaten der Maschine, die in den 3D Viewer importiert werden, nachdem sie mithilfe des 3D Konfigurators in ein virtuelles Funktionsmodell bzw. einen digitalen Zwilling der Maschine überführt wurden. Ganz gleich, ob die Maschine mit SolidCAD, Solid Edge oder einer



anderen gängigen Produktentwicklungssoftware konstruiert wurde, der Maschinenbauer kann so nach Abschluss der mechanischen Konstruktion parallel zum mechanischen Aufbau der Maschinen schon die gesamte Applikation mit allen in der SPS programmierten Abläufen durchspielen. Dadurch reduziert sich der Testaufwand bei der späteren Inbetriebnahme der realen Maschine auf ein Minimum und die Software für die Applikation ist in der Regel schon sehr ausgereift, wenn sich das erste Mal eine echte Achse in Bewegung setzt.

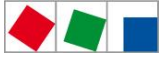
Aus den CAD-Konstruktionsdaten werden einzelne Komponenten separiert; wie z.B. alle Achsen, Kameras, Gehäuse etc. – im Prinzip also alles, was man später in seinem Funktionsmodell einzeln ansprechen möchte. Das Ergebnis ist ein modularisiertes „Abbild“ der Maschine. Diese Module können wir dann im 3D Modell einzeln ansprechen, animieren und beliebig einfärben.

Der Vorteil des Konzepts von Rex Automatisierungstechnik und Eckelmann besteht darin, dass sich alles sehr einfach über einen webbasierten Konfigurator einstellen lässt. Es ist also keinerlei Programmierung für die Animation des Modells erforderlich: Ein ausgereiftes Digital-Twin-Framework sorgt im Hintergrund dafür, dass den reinen CAD-Konstruktionsdaten „Leben eingehaucht“ wird, gemäß der Konfiguration. Dazu werden die importierten STL-Dateien einfach per Drag & Drop in eine Hierarchie gebracht, so dass die Achsen genau wie an der physischen Maschine zusammenhängen, also z.B. die X- an der Y-Achse etc. Durch diese Hierarchisierung erreichen wir, dass sich z.B. die X-Achse als Kindelement mitbewegt, wenn die Y-Achse verfahren wird. Kurz: Das Modell verhält sich 1:1 wie die reale Maschine.

Ein weiteres wichtiges Thema im Zusammenhang mit der virtuellen Inbetriebnahme ist die Kollisionsskontrolle. Hierfür können im Modell Bereiche definiert und virtuelle Abstandssensoren im Modell konfiguriert werden.

In der **Prototypen-Entwicklung** werden die Anforderungen an den Digitalen Zwilling in enger Kooperation mit dem Kunden in einem Workshop erarbeitet. Oder der Kunde kann in einem Lehrgang selbst das erforderliche Know-how aufbauen. Die Umsetzung des Digitalen Zwillings übernimmt Rex Automatisierungstechnik optional auch als Full-Service Entwicklungsdienstleistung.

Die konsequente Modularität des CAD-Grundmodells, das aus einzelnen STL-Dateien besteht, und das flexible Konfigurator-Konzept machen nachträgliche Anpassungen des Modells besonders einfach, ob in Entwicklung oder an Serienmaschinen. So lassen sich bspw. schnell neue Fehlertypen in das Modell „einlernen“ oder STL-Files für einzelne Komponenten austauschen, wenn die Konstruktion modifiziert wurde.



### 3. Maschinen optimal betreiben mit dem Digitalen Zwilling

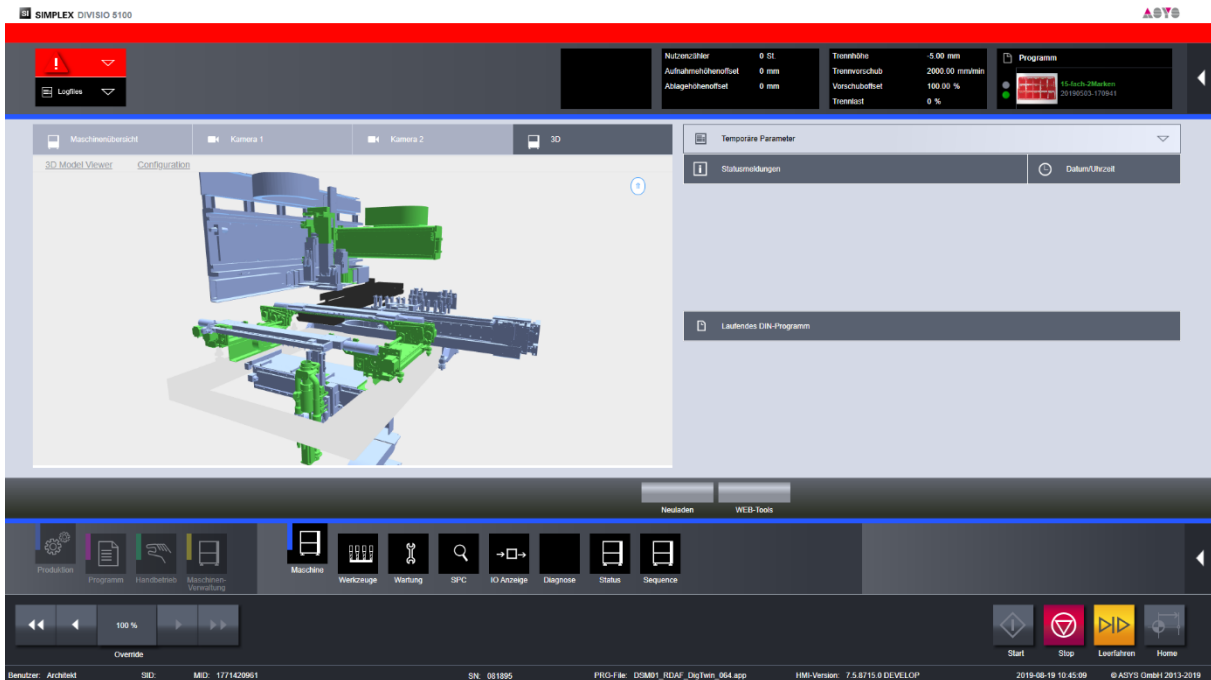
Doch damit nicht genug: Unsere Entwickler arbeiten bereits an neuen, spannenden Digital Twin-Features. Ein sehr nützlicher weiterer Use Case speziell für Endkunden ist das **Einlernen und Einmessen von Produkten**. Nehmen wir das Beispiel: Vereinzelung einer Leiterplatte mit einem Nutzentrenner. Liegen CAD Daten für das Werkstück vor, kann die Bearbeitung des Werkstücks künftig live im Modell visualisiert werden. So kann etwa der Pfad des Fräsers gemäß dem CNC-Programm entsprechend auf dem virtuellen Werkstück visualisiert werden. So lassen sich auch CNC-Programme vorab virtuell testen und optimieren. Auch hier können durch die Möglichkeit der virtuellen Kollisionskontrolle Fehler ausgeschlossen werden, die an der realen Maschine schnell kostspielig werden. Werkstücke können dank digitalem Zwilling schneller eingerichtet werden und es sind weniger Testläufe für die Feinjustage nötig.

#### Technische Umsetzung

Der 3D Viewer ist als webbasierte Anwendung realisiert und damit plattformunabhängig. Der 3D Viewer kann auch als Cloud-Anwendung benutzt werden. Die Anwendung rendert die STL Dateien des Modells als **Canvas-Elemente (HTML5)**.

Der 3D Konfigurator ist eine vom 3D Viewer unabhängige Webapplikation, mit der die Modelle für den 3D Viewer erstellt werden.

Die Kommunikation zwischen Maschine bzw. Steuerung und 3D Viewer erfolgt via **MQTT**. Das verbreitete IoT-Protokoll ist leichtgewichtig und ein sehr performantes Protokoll, weshalb es sich besonders für die M2M-Kommunikation eignet. Information werden ohne großen Overhead übertragen und können ohne viel Aufwand in jeder Applikation verarbeitet werden.



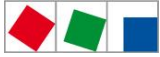
**Abb. 2: Der Digitale Zwilling kann einfach als Browser-Control in die Bedienoberfläche eingebunden werden. (Foto: ASYS Automatisierungssysteme GmbH)**

Der webbasierte 3D Viewer mit dem Digitale Zwilling lässt sich auch einfach in die Bedienoberfläche der Maschine einbetten. Ob auf dem Tablet, im Browser oder eingebettet in die Touch-Bedienoberfläche, Benutzer können mit dem Modell intuitiv per Gestensteuerung interagieren.

Um die Performance der Visualisierung zu optimieren, sollten der Detaillierungsgrad der CAD-Daten nicht zu hoch sein, was man einfach durch Defeaturing beim Export als STL Dateien erreicht. Denn ein **maschinenorientierter digitaler Zwilling** soll ja kein möglichst detailgetreues Abbild der realen Maschine sein, sondern ein **funktionales Modell der Anwendung** bereitstellen. Und für Modelle gilt bekanntlich, sie sollen so einfach wie möglich und so genau wie nötig aufgebaut sein. Wie man bei der Modellbildung vorgeht, entscheidet der konkrete Anwendungsfall.

Für die Modellbildung werden daher folgende Prinzipien angewendet:

- Beschränkung auf relevante Objekte
- Reduktion: Keine Objektdetails, wie z.B. Schrauben etc.
- Abstraktion: Vereinfachung von Objekten
- Dekomposition: Zerlegung von Objekten in Segmente
- Aggregation: Verbindung von Objekten, wie z.B. X- und Y-Achse



Die Leistungsfähigkeit eines digitalen Zwillings steht und fällt mit der Intelligenz der Modellbildung. Und dank modernen HTML5 Canvas-Elementen laufen die Visualisierungen auf aktuellen IPC-Architekturen oder auch als Cloud-Anwendung flüssig, ohne dass eine Grafikkarte benötigt wird. Je nach Komplexität des Modells empfiehlt sich jedoch der Einsatz einer dedizierten Grafikkarte für eine flüssige Darstellung.

Auch ältere Steuerungen mit proprietären Protokollen können alternativ über MQTT-Gateways angebunden werden.

**Autor:**

David Schmitt, Rex Automatisierungstechnik

Dieser Beitrag ist im Newsletter der Eckelmann AG erschienen, anlässlich der **SPS – Smart Production Solutions 2019**

Unseren **Newsletter für Maschinenautomation** können Sie hier abonnieren:

<https://www.eckelmann.de/presse/newsletter/enews/>

**Eckelmann Gruppe @ SPS 2019**

**Automation Unlimited – Komponenten. Maschinen. Fabriken.  
Halle 7, Stand 314**

[www.eckelmann.de/sps19](http://www.eckelmann.de/sps19)

Eckelmann AG  
Berliner Straße 161  
65205 Wiesbaden  
Deutschland

Tel.: +49 611 7103-0  
Fax: +49 611 7103-133

E-Mail: [info@eckelmann.de](mailto:info@eckelmann.de)  
Internet: [www.eckelmann.de](http://www.eckelmann.de)

Rex Automatisierungstechnik GmbH  
Fichtenweg 36  
99098 Erfurt  
Deutschland

Tel.: +49 36203 9591-0  
Fax: +49 36203 9591-10

E-Mail: [info@rex-at.de](mailto:info@rex-at.de)  
Internet: [www.rex-at.de](http://www.rex-at.de)