

The Siemens logo is displayed in a bold, teal, sans-serif font.

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Wie sich die Komplexität und Kosten von Robotern kontrollieren lassen

Einsatz von Simulations- und Testlösungen zur beschleunigten Entwicklung hochmoderner Roboter

Kurzdarstellung

Die neu aufkommenden Technologien – 5G, Edge Computing, maschinelles Lernen (ML), künstliche Intelligenz (KI) und die Fortschritte bei der Bildverarbeitung – versetzen die Robotikbranche in die Lage, das Industrie 4.0-Versprechen einzulösen. Es ist allerdings eine Herausforderung, Roboter zu entwickeln, die autonom sind und kleinere Arbeitsaufgaben mit hoher Präzision bewältigen können, ohne dabei Kompromisse in Sachen Sicherheit einzugehen. Hersteller benötigen ein neuartiges Engineering-Konzept, mit dem man Komplexität und Kosten in den Griff bekommt. Dieses White Paper konzentriert sich auf die Anwendung von Simulations- und Testlösungen, um technische Herausforderungen zu meistern, beispielsweise die Dimensionierung eines Roboterarms für die Nutzlast, die Validierung von Steuerungslogiken mit virtuellen Inbetriebnahmeprozessen und das Erreichen anspruchsvollerer Ziele in Sachen Leistung, Zuverlässigkeit und Sicherheit.

Inhalt

Übersicht	3
Trends, die die Fertigungsindustrie verändern	3
Flexible Produktion	3
Intelligente Maschinen	3
Nachhaltigkeit	3
Agil und kostengünstig	3
Die Umsetzung von Industrie 4.0 erfordert Schnelligkeit, Flexibilität und Qualität	4
Skalierbare Auswirkungen durch den Einsatz von Robotik	5
Ein ganzheitlicher Ansatz, der die Robotik voranbringen wird.....	6
System- und Antriebsauslegung	6
Kinematik und Dynamik	6
Bewegungspräzision, Vibration und Akustik.....	7
Zuverlässigkeit (thermisch, strukturell, Kabelbaum)	8
Optimierung der betrieblichen Effizienz.....	9
Virtuelle Inbetriebnahme.....	9
Anwendungsfälle	10
Gewährleistung eines dauerhaften und sicheren Betriebs von Hochgeschwindigkeits-Bestückungsrobotern	10
Simultane Entwicklung und virtuelle Inbetriebnahme von FTF-Systemen	11
Fazit	13

Zusammenfassung

Dieses White Paper beleuchtet einen ganzheitlichen Ansatz, der Simulations- und Testlösungen nutzt, um die Robotertechnik voranzubringen. Wir erörtern einige der wichtigsten Branchentrends, welche die Verwendung von Robotern in Fertigungsunternehmen voranbringen, sowie die größten Hürden, die einem umfassenderem Einsatz im Wege stehen. Anhand von mehreren realen Anwendungsfällen, Bestückungsrobotern und fahrerlosen Transportfahrzeugen (Automated guided vehicles, AGVs/FTF) demonstrieren wir, wie der Einsatz von Simulations- und Testwerkzeugen dabei hilft, einen frühen Einblick in den effizienten Umgang mit der technischen Komplexität der Robotik zu gewinnen.

Trends, die die Fertigungsindustrie verändern

Da die Digitalisierung in den Produktionsstätten immer schneller voranschreitet, ist es unmöglich, genau vorherzusagen, was die Zukunft für Fertigungsunternehmen bereithält. Über eine Sache ist man sich in der Branche allerdings einig: Die Anzahl der Roboter und das Ausmaß der Automatisierung werden exponentiell ansteigen, da jährlich 500.000 Arbeitsplätze in der Fertigung unbesetzt bleiben, 70.000 Babyboomer wöchentlich in den Ruhestand gehen und sich Millennials für einen Einstieg in das produzierende Gewerbe nicht begeistern lassen.

Die vier wichtigsten Trends – flexible Produktion, Smartness, Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz – haben einen starken sozio-ökonomischen Einfluss und prägen die Fertigungslandschaft der Zukunft.

Flexible Produktion

Herausragende Maschinenleistung bildete schon immer die Grundlage des Erfolgs, aber sie genügt inzwischen nicht mehr. Unternehmen, die Produkte herstellen, suchen nach flexibel einsetzbaren Maschinen, die sich leicht an veränderte Kundenbedürfnisse anpassen lassen. Die Fähigkeit von Fertigungsstandorten, sich effizient an veränderte Produkte oder Prozesse anzupassen, ist für Unternehmen, die Produkte herstellen, von entscheidender Bedeutung für die Zukunft.

Intelligente Maschinen

Konnektivität, Technologie und das industrielle Internet der Dinge (IIoT) ermöglichen Einblicke in das Tagesgeschehen. Eine Funktion, die Fertigungsunternehmen sich seit langem gewünscht hatten. Datenanalysen und künstliche Intelligenz tragen dazu bei, Geschäftsentscheidungen mit quantitativen Einblicken in den laufenden Betrieb zu treffen. Eine solche Echtzeit-Interpretation von Daten sowie die Rekonstruktion von Variablen und Parametern der Anlage können zu einer schnelleren Diagnose von Problemen und Fehlerbehebung führen.

Nachhaltigkeit

Der globale Wettlauf in Richtung Netto-Null-Emissionen macht es für Unternehmen zwingend erforderlich, minimale Schadstoff- und Ressourcenanforderungen anzustreben, um die heutigen und zukünftigen Vorschriften und Kundenanforderungen zu erfüllen. Da Produkte und Funktionen immer komplexer werden, steigt zudem die Notwendigkeit, mit einem Minimum an Ressourcen die gleiche oder eine bessere Leistung zu erbringen.

Agil und kostengünstig

Die sich verändernde Landschaft von Innovationen, auf Kunden zugeschnittenen Produkten und Veränderungen im Gewerbe drücken die Gewinnmargen kleiner und mittlerer Fertigungsunternehmen. Führende Fertigungsunternehmen investieren in grundlegende digitale Fertigungsfähigkeiten, um flexibler und kostengünstiger zu werden.

Die Umsetzung von Industrie 4.0 erfordert Schnelligkeit, Flexibilität und Qualität

Die neuen Trends in der Fertigung bringen neue Herausforderungen für Hersteller und Zulieferer mit sich – wachsende Produktkomplexität bei steigenden Kosten und Verzögerungen bei der Produkteinführung.

Die Massenproduktion begann vor über 100 Jahren und entwickelte sich von mühsamer manueller Arbeit zu hochentwickelten automatisierten Montagelinien. Automatisierung funktioniert am besten in einer festen Einrichtung, die ähnliche Produkte in großen Mengen produziert. Wenn sich das Produkt jedoch häufig ändert, beispielsweise während des Personalisierungsvorgangs, dann ist menschliches Eingreifen unvermeidlich, will man eine fehlerfreie Fertigung gewährleisten.

Gleichzeitig erhöhen sich die Investitionen in Technologien zur Fabrikautomatisierung und Digitalisierung, um Ineffizienzen in der Fertigung zu beseitigen und neue Herausforderungen zu meistern. Die Robotik scheint die einzige Möglichkeit zu sein, die monotonen, schmutzigen, gefährlichen und schwierigen Arbeiten zu bewältigen.

Ein flexibles und autonomes Produktionssystem ist der heilige Gral, der die Anforderungen künftiger Produktionen erfüllen kann. Hochentwickelte Robotik gilt als Schlüsselement, um den Anforderungen der zukünftigen Fertigungsindustrie gerecht zu werden. Während die konventionelle Robotik mit festen Arbeitsabläufen auskommen muss, bietet die hochentwickelte Robotik eine außergewöhnliche Anpassungsfähigkeit, die eine genaue und noch schnellere Neukonfiguration der Arbeitsabläufe bei einem Minimum an menschlichen Eingriffen ermöglicht.

Eine Analyse der Kommunikation aller großen Robotikunternehmen bestätigt diese Megatrends: Es gibt eine umfangreiche Unterstützung für die Anpassung, nahtlose Interaktion zwischen Mensch und Maschine, erhöhte Produktivität und Sicherheit. Indem sie sich den neuen Herausforderungen stellt, entwickelt sich die moderne Robotik schnell weiter.



Abbildung 1: Produkthersteller und Zulieferer werden mit neuen Herausforderungen konfrontiert

Skalierbare Auswirkungen durch den Einsatz von Robotik

Nach Angaben der International Federation of Robotics sollen 2021 weltweit fast 4 Millionen Industrieroboter in den Produktionsanlagen eingesetzt werden.

Die Integration von Technologien, mit denen die Versprechen einer flexiblen und zuverlässigen Fertigung mithilfe hochmoderner Robotik eingelöst werden können, ist eine vielschichtige, komplexe Aufgabe. Die folgenden Herausforderungen stehen einer umfassenderen Einführung der Robotik im Wege:

- Leistung:** Die meisten Roboter in einer Produktionsstätte sind große Maschinen, die eine einzelne oder mehrere sich wiederholende Aufgaben ausführen. Um die Positionier- und Wiederholgenauigkeit zu gewährleisten, ist der Roboterarm aus steifen und starren Materialien gefertigt. Dies kann oft zu einer Überdimensionierung führen, mit der Folge eines geringeren Leistungsgewichts, da der größte Teil der Motorleistung zum Heben der Arme verwendet wird. Bei Präzisionsaufgaben steigt die Anzahl der Sensoren und das Gewicht bei einem langlebigen Getriebe, was zu einer Abnahme der Arbeitsgeschwindigkeit von Robotern führt. Während des Roboterbetriebs ändert sich die Massenverteilung drastisch, wobei die Motoren, die dies ermöglichen, nicht so optimiert sind, dass ein reibungsloser Betrieb über den gesamten Bereich der Lastenfälle und Konfigurationen gewährleistet ist. Die Endeffektoren des Roboters, die zum Heben von Objekten verwendet werden, sind unflexibel und nicht dafür ausgelegt, verschiedene Produktformen zu halten. Die austauschbaren Greifer bieten jedoch eine Lösung, die die Kosten und das aufwändige Wechseln zwischen den Chargen steigert. Darüber hinaus müssen die Roboterhersteller energieeffiziente Automatisierungssysteme mit optimaler Leistungskonfiguration liefern. Die Flexibilität des aktuellen Status der Roboter muss weiter gesteigert werden, um kleine Chargen kundenspezifischer Produkte mit einem hohen Maß an Präzision und Geschwindigkeit zu produzieren, ohne die Sicherheit zu beeinträchtigen.

- Technologische Innovation:** Die Mehrzahl der Roboter, die in einer Fabrikhalle eingesetzt werden, sind nicht in der Lage, Entscheidungen zu treffen und können auch nicht in Echtzeit auf Veränderungen reagieren. Der Einsatz von autonomen Industrierobotern, die in unstrukturierten und dynamischen Umgebungen agieren können, ist auch weiterhin ein komplexes Forschungsthema. Technologische Innovationen sind an mehreren Fronten erforderlich, um das volle Potenzial von Robotern auszuschöpfen: Zum Beispiel, um Aufgaben autonom auszuführen und regelkonforme Steuerbefehle in kürzester Zeit zu erteilen; beispielsweise, um ultrazuverlässige Roboter mit geringer Latenz zu ermöglichen, die 5G-Netzwerke, Sensoren, künstliche Intelligenz und maschinelle Lerntechnologien nutzen.

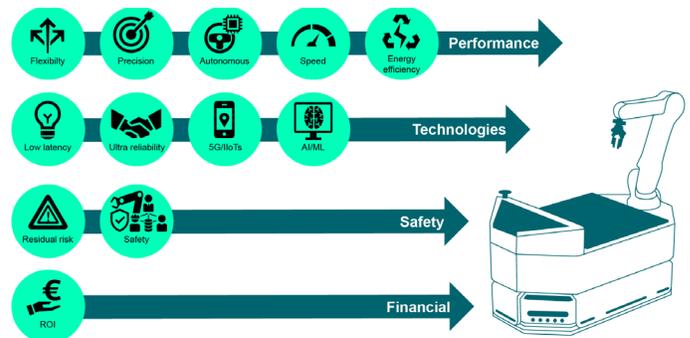


Abbildung 2: Größere Hürden bei einer umfassenderen Einführung der Robotik

- Sicherheit:** Der Einsatz von Robotern in der Fabrikhalle schafft neue Sicherheitsrisiken. Bei der Installation von Robotern auf dem Werksgelände außerhalb von Einzäunungen oder Käfigkonstruktionen ist es entscheidend, dass nur ein extrem geringes oder bestenfalls gar kein Restrisiko bestehen bleibt. Die Vorschriften für den Einsatz von Robotern und Menschen in einer Fabrikhalle sind oft unflexibel, wobei ein Fehler das Werk ein Vermögen kosten kann.
- Return on Investment:** Obwohl der Preis von Robotersystemen in den letzten Jahrzehnten stetig gesunken ist, ist der Einsatz von Robotern in der Produktion recht kapitalintensiv, so dass die Differenz zwischen den Kosten für den Einsatz hochentwickelter Roboter und dem Gewinn noch deutlich reduziert werden muss.

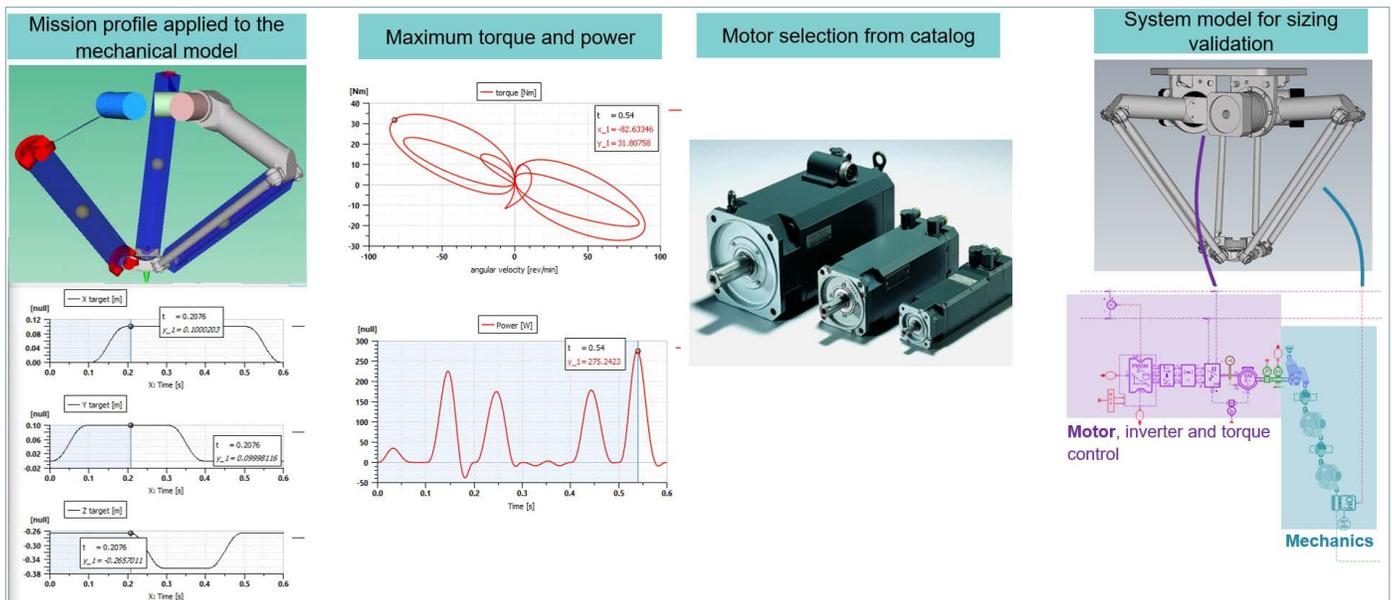


Abbildung 3: Verwendung von Simcenter Amesim zur anforderungsgerechten Dimensionierung eines Robotikaktuators

Ein ganzheitlicher Ansatz, der die Robotik voranbringen wird

Roboter werden Teil der Fabrikautomation sein, allerdings ist die Entwicklung eines intelligenten, hochflexiblen Roboters und eines Robotersystems eine kostspielige und anspruchsvolle Aufgabe. In diesem Abschnitt beleuchten wir einige Kernbereiche, die Hersteller von Robotersystemen mit Hilfe von Siemens-Lösungen beschleunigen können.

System- und Antriebsauslegung

Industrierobotersysteme entwickeln sich von einer starren Automatisierungsplattform hin zu einem flexiblen und autonomen System. Solche Systeme bestehen aus Sensoren, Aktuatoren, elektronischen Schaltkreisen und einer Rückkopplungsschleife, die eine steuerbare Bewegung ermöglicht und mehrere Freiheitsgrade (Degrees of Freedom, DOF) erlaubt. Ingenieure müssen komplexe, nichtlineare und gekoppelte Wechselwirkungen einzelner Komponenten sowie die globale Systemperformance bewerten, während sie Architekturentscheidungen treffen und die oben genannten Komponenten entwerfen.

Die Software Simcenter™ Amesim™, Teil des Xcelerator™-Portfolios, des umfassenden und integrierten Portfolios von Software und Services von Siemens Digital Industries Software, ist ein Systemsimulationswerkzeug, mit dem Konstrukteure die Systemarchitektur der Robotik mit Aktuatoren und Bewegungssteuerungssystemen vorentwerfen, Was-wäre-wenn-Analysen durchführen und die Systemleistungen unter Berücksichtigung der Geschwindigkeits- und Drehmoment- oder

Positionsanforderungen gleichzeitig abgleichen können. Eine solche konzeptionelle Evaluierung unter mehreren Lastszenarien hilft ihnen, die Extreme des Systems zu verstehen und die Aktuatoren des Roboters entsprechend zu dimensionieren.

Kinematik und Dynamik

Roboter sind ein gelenkiges System und werden durch kinematische Verknüpfung starrer und deformierbarer Strukturen mit ausgeklügelten Gelenken gebaut. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass der Zugriff auf den Arbeitsbereich des Roboters, die Tragfähigkeit und mögliche Positionen der Endeffektoren gewährleistet ist, um einen kollisionsfreien, sicheren und anpassbaren Steuerungsalgorithmus zu entwickeln. Mit der Software Simcenter 3D Motion, einem Solver für die Mehrkörperdynamik (MBD), können Konstrukteure das Hubvolumen eines Roboters prüfen und Kollisionsrisiken in der Betriebsumgebung vermeiden.

Darüber hinaus kann das MBD-Modell mithilfe von Co-Simulationsfunktionen, wie etwa dem Multiphysik-Simulationsmodell des Aktuators, gekoppelt werden, um die Auswirkungen von Betriebslasten auf das Drehmoment und die Drehzahl des Aktuators zu ermitteln. Roboterhersteller können den Mechanismus und die Dynamik des Systems auf kosteneffiziente Weise untersuchen, geeignete Stabilisierungsrückkopplungsschleifen implementieren, die Drehmoment, Beschleunigung usw. auswerten, während schwere Objekte gehoben und Lasten bewegt und freigegeben werden.

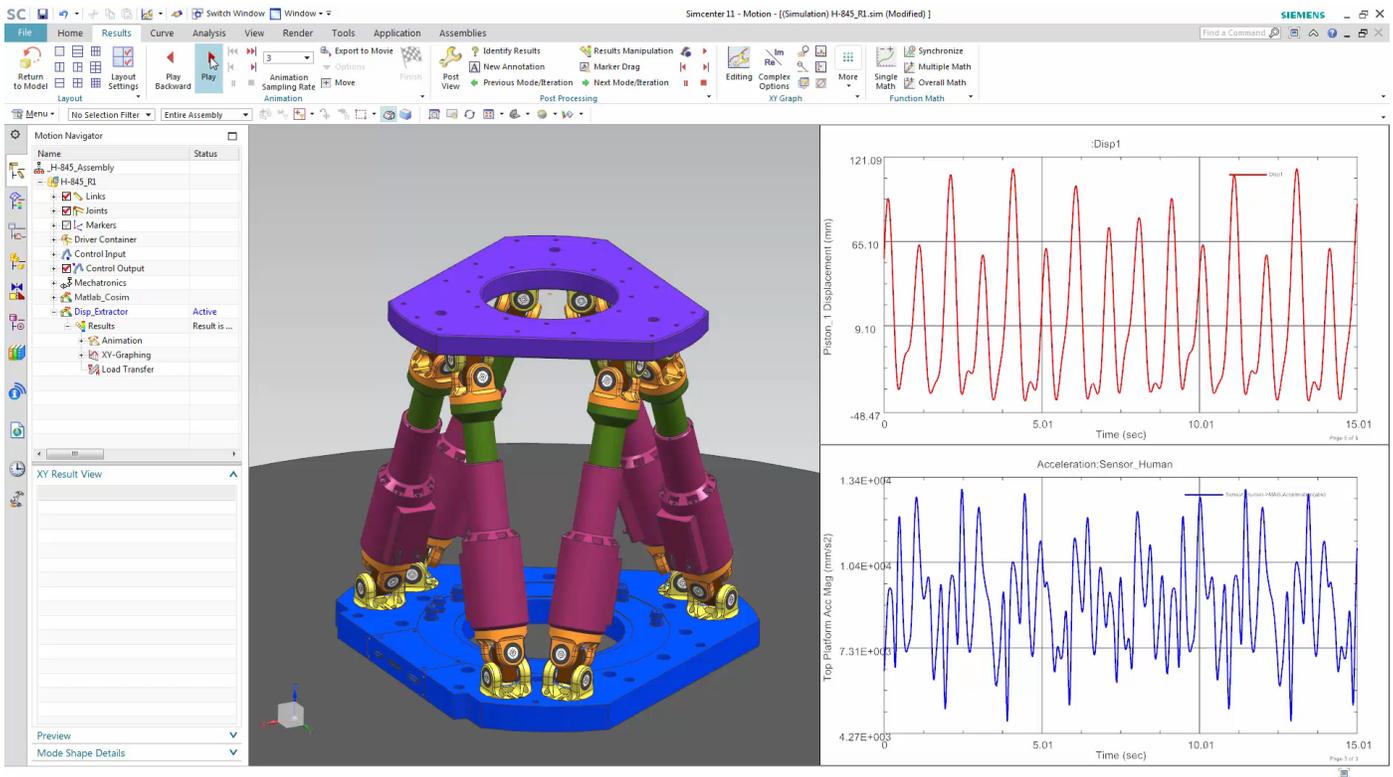


Abbildung 4: Verwendung von Simcenter 3D Motion zur Bewertung der Mechanikdynamik

Bewegungspräzision, Vibration und Akustik

Unabhängig von den leistungsstarken Komponenten, die für Roboter verwendet werden, können Systemintegratoren während der Montage auf eine Situation stoßen, in der die Position des Endeffektors und die Kurve des Bewegungspfads der Arme nicht innerhalb der erwarteten Toleranzwerte für gegebene Lastbedingungen liegen. Angesichts der Komplexität moderner Robotik ist ein einfacher Trial-and-Error-Ansatz für solche Probleme ineffizient und führt möglicherweise nicht zur gewünschten Lösung.

Durch den Einsatz der intelligenten Testlösungen von Simcenter ist es außerdem möglich, jene Komponente, welche die Abweichungen verursacht, durch Echtzeitmessungen zu identifizieren. Mit einem umfassenden Testkonzept können Ingenieure unerwünschte Resonanzen in Roboterarmen mithilfe der Modalanalyse charakterisieren, Dehnungsmessstreifen zur Messung von Kräften und Drehmomenten einsetzen und die dynamische Interaktion mit dem Fundament des Roboters untersuchen.

Bei einer bestehenden Anlage ist die Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit entscheidend, um die Produktivität ohne zusätzliche Investitionen zu steigern. Aber die Produktionsgeschwindigkeit und die Produktqualität stehen oft in einem umgekehrten Verhältnis. Die Methode „Quelle-Übertragung-Empfänger“ von Siemens liefert eine übersichtliche Darstellung, wie die Schwingung von Aktuatoren oder Gelenken die Bewegung von Endeffektoren beeinflusst.

Roboter, die in Krankenhaus- oder Laborumgebungen eingesetzt werden, müssen sowohl den Schwingungs- als auch den Geräuschanforderungen genügen. Die Simcenter-Testlösungen können auch zur Lösung akustischer Probleme eingesetzt werden. Die Verwendung des Simcenter Sound Camera™-Systems zur schnellen akustischen Fehlersuche ermöglicht die Visualisierung von Ort und Frequenz der Hauptschallquellen in Echtzeit.

Acoustic troubleshooting using Simcenter Sound Camera



Localizing sound sources and vibration of an industrial robot

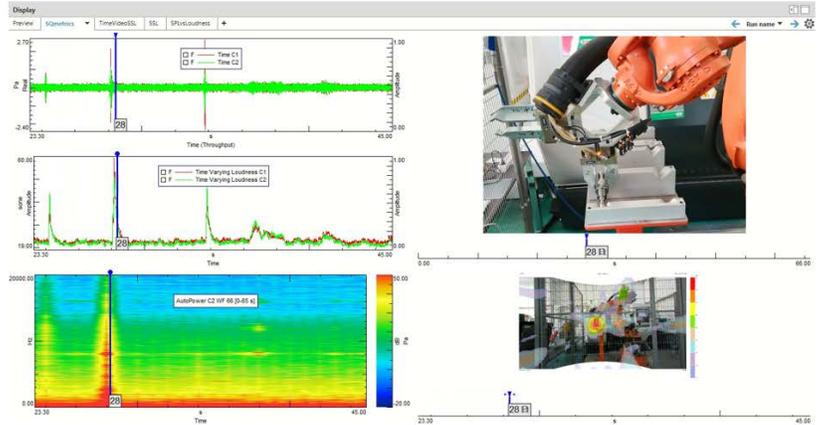


Abbildung 5: Einsatz von Simcenter-Testlösungen zur schnellen Schwingungs- und Akustikfehlersuche

Zuverlässigkeit (thermisch, strukturell, Kabelbaum)

Sobald ein Industrieroboter bereitgestellt wurde, wird erwartet, dass er sieben Tage in der Woche, 24 Stunden am Tag und über ein paar Jahrzehnte oder länger verschleißfrei bei minimalem Wartungsaufwand und null Störungen funktioniert. Der Dauerbetrieb von Aktuatoren und Servomotoren kann die thermische Belastung und die Ausfallrate erhöhen. Außerdem kann ein Elektromotor einen Lichtbogen erzeugen oder Funken schlagen, was die Gefahr von Brandunfällen erhöht.

Mit der Simcenter 3D-Software können Hersteller thermische, strukturelle und ermüdungsbedingte Probleme von Roboterarmen unter realistischen Belastungsbedingungen zuverlässig vorhersagen. Das reduziert die Garantiekosten, verbessert die Wartungsfähigkeit des Produkts und bindet zufriedene Kunden.

Das Wärmemanagement von Hochleistungsmodulen in der modernen Robotik, zu denen Bewegungssteuerungen, Wechselstromantriebe und Schalter gehören, stellt ein erhebliches Problem für die Zuverlässigkeit dar. Mit den Lösungen von Simcenter können Robotik-Ingenieure mit hocheffizienten und ausgefeilten Mess- und Simulationsmethoden thermische Ausfälle vermeiden und die Leistungsqualität von Leistungselektronikgeräten verbessern. Die niederfrequente elektromagnetische Simulation hilft bei der Leistungsverbesserung von Aktuatoren, die einen Elektromotor beinhalten.

Kabel, welche die Roboter umgeben, ermöglichen die Strom- und Signalübertragung. Solche Kabel sind permanent übermäßigen Kräften (Biegen, Dehnen und Verdrehen) ausgesetzt und können vorzeitig ausfallen. Die Entwicklung noch schnellerer und sichererer Prozesse in der Entwicklung elektrischer Kabel und Kabelbäume ist entscheidend für die Vermeidung von Pannen. Mit Simcenter können die Ingenieure präzise nichtlineare Simulationen von Kabeln durchführen, um Montageprobleme zu vermeiden und Produktionskosten (Optimierung der Anzahl von Anschlüssen, Minimierung der Kabellänge) sowie Aftersales-Kosten durch Begrenzung von Produktrückrufen zu senken.

Darüber hinaus fordert die Gesetzgebung die Kompatibilität zwischen der Anlagenausrüstung und IIoT-Sensoren/Aktuatoren. Mit der elektromagnetischen Hochfrequenzsimulation von Simcenter kann man effizient simulieren und die Herausforderungen der elektromagnetischen Verträglichkeit und Interferenz (EMC/EMI) von elektrischen und elektronischen Systemen bewältigen.

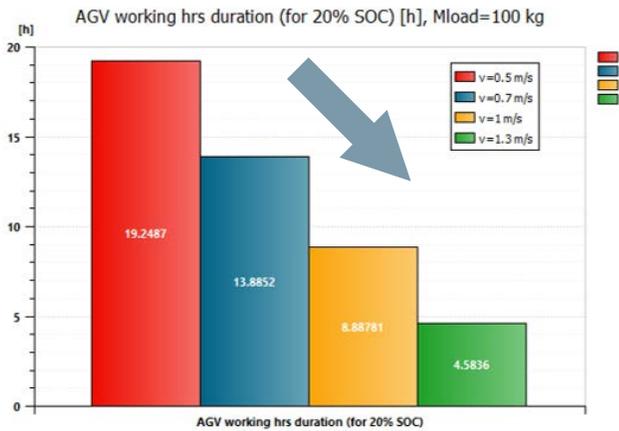


Abbildung 6: Simulation der Akkureichweite mobiler Roboter bei variierender Geschwindigkeit und Last

Optimierung der betrieblichen Effizienz

Die Bewertung der Betriebsleistung und der Energieeffizienz von Robotern vor dem Bau eines Prototyps räumt jegliche Diskrepanz hinsichtlich der Leistungserwartungen aus. Durch den Einsatz von Simulations- und Testlösungen, mit denen sich ein realistischer und umfassender digitaler Zwilling eines solchen Robotersystems erstellen lässt, können Ingenieure Kompromissstudien durchführen und das Leistungsverhalten und den Energieverbrauch für viele Betriebszenarien bewerten.

Sobald die Roboter in der Fertigung bereitgestellt werden, lässt sich die Betriebsleistung jedes Roboters überwachen, indem sein Sensorfeedback mit dem digitalen Zwillingsmodell synchronisiert wird. Das Koppeln von Daten, angereichert durch analytische Erkenntnisse mit ML/KI-Funktionen, ermöglicht eine optimale Wartung unter Berücksichtigung des physischen Zustands der Roboter.

Virtuelle Inbetriebnahme

Steuerungslogik und Softwarealgorithmen sind die Basis für Logik, Intelligenz, Kommunikation und Netzwerkfähigkeit von Industrierobotern. Das Funktionieren autonomer Roboter hängt von den ausgeklügelten Steuerungsalgorithmen, Sensoren und Softwarecodes für die Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human-Machine Interface, HMI) ab.

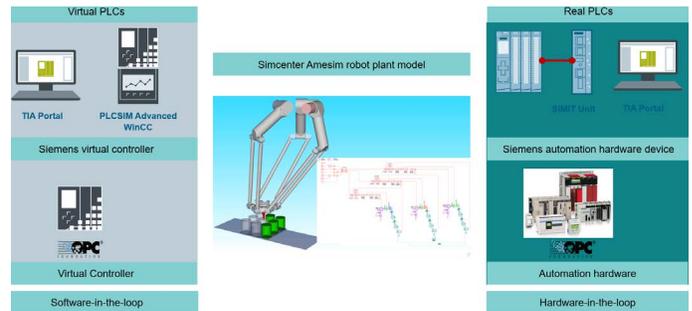


Abbildung 7: Virtuelle Inbetriebnahme – Steuerungsentwicklung und Validierung mit SiL/HiL

Mithilfe virtueller Inbetriebnahmemethoden können Automatisierungsingenieure einen umfassenden digitalen Zwilling der Roboter erstellen – eine multiphysikalische Nachbildung des Systems mit all seinen Komponenten und Verbindungen. Je nach Anforderung und Verfügbarkeit der Hardware kann dazu eine reale oder virtuelle Steuerung verwendet werden. Das mit der Steuerung verknüpfte digitale Modell nimmt den Roboter virtuell in Betrieb und hilft bei der Analyse verschiedener SPS-Steuerungsparameter und des zugehörigen Komponentenverhaltens (Schwingungen, Druckverlust, Temperatur, Zykluszeit, Energieverbrauch, Was-wäre-wenn-Szenarien usw.).

Anwendungsfälle

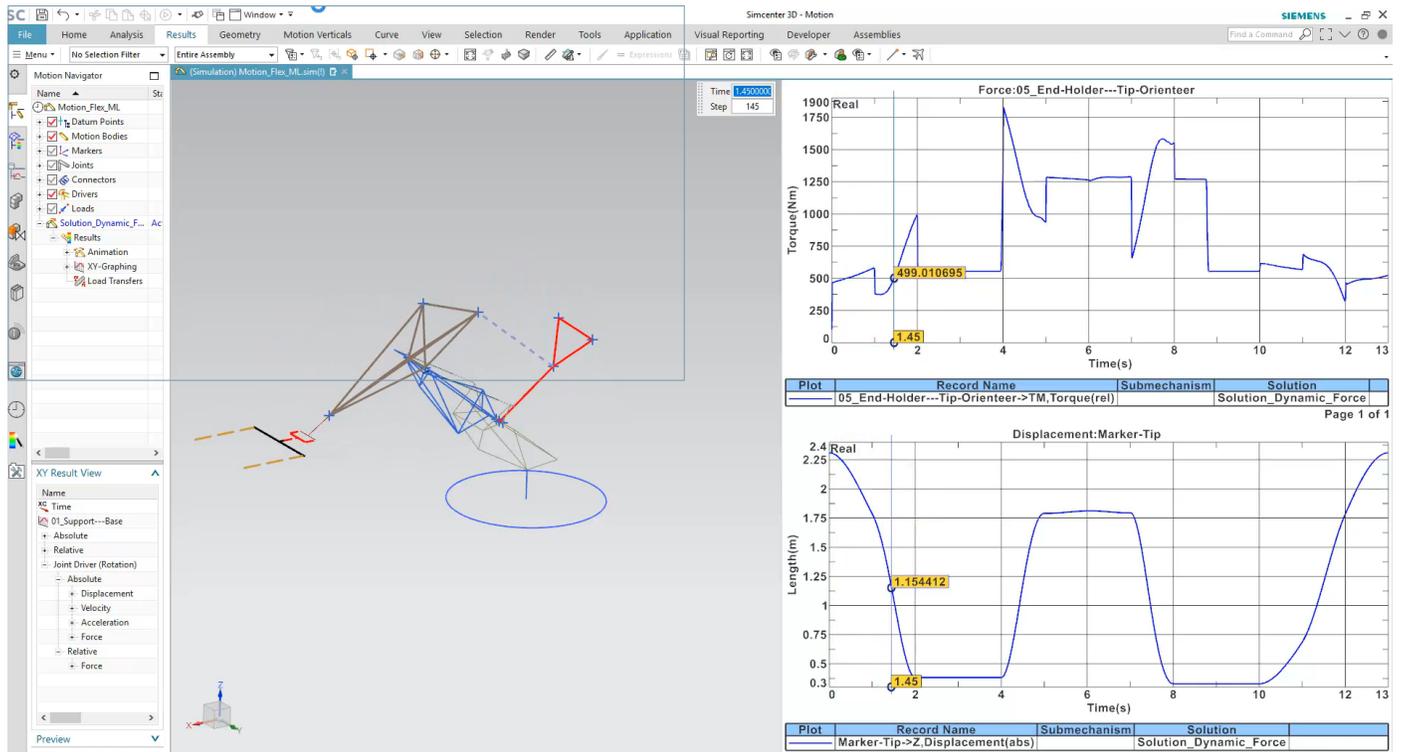


Abbildung 8: Die Entwicklung von Bestückungsrobotern – Dimensionierung mechanischer Komponenten

Gewährleistung eines dauerhaften und sicheren Betriebs von Hochgeschwindigkeits-Bestückungsrobotern

Die Konstruktion und der Einsatz von Hochgeschwindigkeits-Bestückungsrobotern ist eine kapitalintensive Aufgabe. Jede Minute, die während des Betriebs in der Produktionshalle eingespart wird, wirkt sich direkt auf die Kosten- und Return-on-Investment-Kennzahlen (ROI) der Fabrikautomatensysteme aus. Die Gewährleistung des Hochgeschwindigkeitsbetriebs von Bestückungsrobotern hängt von Entscheidungen ab, die während der Konstruktions- und Entwicklungsphase getroffen werden.

Die Vermeidung von Über- oder Unterauslegung struktureller Komponenten trägt dazu bei, zuverlässige Roboter zu liefern, die funktionale Anforderungen bei minimalen Kosten erfüllen. Über die computergestützte Konstruktion (CAD), die mit Simcenter 3D Motion verknüpft ist, kann der Anwender eine konzeptionelle Studie zur Kinematik- und Dynamikanalyse von Gelenkrobotern durchführen, wobei Trägheit, Verbindungsstellen und Einschränkungen berücksichtigt werden.

Die Integration der Mehrkörperanalyse während des Vorentwurfs gibt wertvolle Einblicke in das Hubvolumen, die Kollisionserkennung sowie die Lasten und Kräfte, die auf jede Komponente einwirken. Solche Analyseerkenntnisse tragen dazu bei, die Struktur zu optimieren und Kosten zu sparen, während gleichzeitig die Nachhaltigkeit gewährleistet wird. Mit einer ersten Einschätzung des kinematischen Verhaltens gewinnen die Ingenieure ein konkretes Verständnis für die mechanischen Grenzen und können diese konzeptionelle Simulation zusammen mit dem Konstruktionsprozess sequenziell verbessern, indem sie weitere Komponenten entwickeln, bis die endgültigen Abmessungen festgelegt sind.

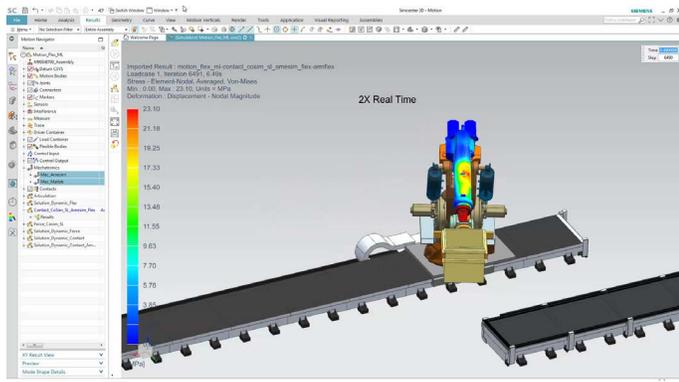


Abbildung 9: Vorhersage der dynamischen Verformung eines Roboterarms im laufenden Betrieb

Die Schwingungen aus dem repetitiven Betrieb können zu einer Ermüdung der Komponenten führen und auch die Positioniergenauigkeit des Roboters beeinträchtigen. Eine Kombination einer modellbasierten Definition (Model-based Definition, MBD) mit der Elastizität von Komponenten (basierend auf Finite-Elemente-Simulationen) kann dabei helfen, dynamische Verformungen während des Betriebs vorherzusagen.

Welche Kräfte auf die Komponenten einwirken, hängt davon ab, wie schnell die Bewegung ausgeführt wird. Dies wird durch die Beschränkungen des Aktuatorsystems und dessen Steuerlogik definiert. Die Analyse des Betriebszustands deckt die zu vermeidenden Fallstricke auf – Auswirkung des Aktuators, des Reglers und des Regelkreismechanismus auf die dynamische Verstärkung der Strukturverformung.

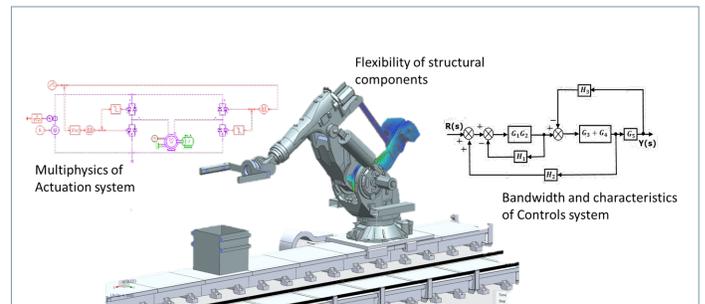


Abbildung 10: Simulation von Dynamik, Ansteuerung und Regelung in einem geschlossenen Regelkreis

Mithilfe der Co-Simulation kann der MBD-Solver Informationen mit einem kontrollierten Multiphysik-Modell des Aktuatorbetriebs austauschen. Der MDB-Solver gibt Positionen und Beschleunigungen an die Steuerung bzw. den Aktuator weiter, während der Multiphysik-Solver mit entsprechenden Kräften reagiert, die auf den Mechanismus einwirken. Durch die Kombination von Kinematik, Steuerung und dynamischer Flexibilität in einer ganzheitlichen Simulation werden die potenziellen Grenzen des Systems in Sachen Sicherheit ausgeschöpft, indem das reale Verhalten simuliert wird.

Concurrent Engineering und virtuelle Inbetriebnahme von FTF-Systemen

Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) sind das Rückgrat der digitalen Fabrik, sie optimieren den Produktionsprozess und maximieren die Flexibilität. Die Bereiche Design, Entwicklung und Einsatz von FTF, die in Lager- und Fabrikumgebungen eingesetzt werden, müssen mehrere komplexe Herausforderungen bewältigen:

- Mechanische Anforderungen – Die Fähigkeit, die Nutzlast aufzunehmen und unter Berücksichtigung von Abmessungen, Masse und Form usw. zu transportieren
- Charakterisierung von Elektronik, integrierten Schaltungen und Prozessoren – Sicherstellung der strukturellen und thermischen Integrität sensibler interner Bauteile
- Anforderungen an elektrische Antriebe – Gewährleistung des erforderlichen Drehmoments und Leistungsbedarfs für alle Arbeitsszenarien, ohne thermische Schäden zu verursachen
- Akkuentwicklung und -integration – Das Gewicht des Akkus, die Ladezeit und die zwischen den Ladezyklen erbrachte Arbeitsleistung
- Validierung von Steuerungen – Die Möglichkeit, eine Ladung auf vordefinierten Routen zu transportieren, Hindernisse zu umgehen und auf mögliche Sicherheitsprobleme zu reagieren

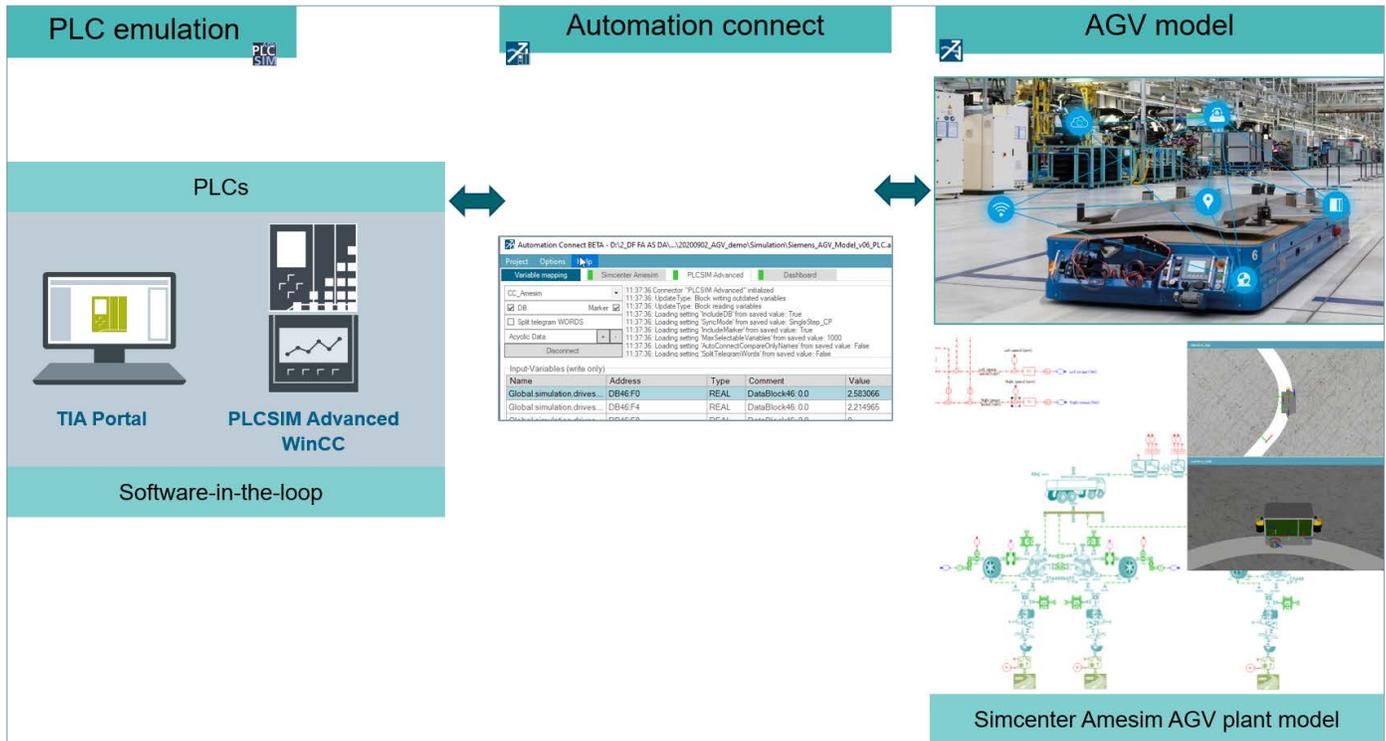


Abbildung 11: Virtuelle Inbetriebnahme

Die Validierung und Inbetriebnahme von Steuerungen ist eine kritische Phase in Fabrikautomatisierungsprojekten. Normalerweise müssen die Konstrukteure von Steuerungen auf die Verfügbarkeit des Prototyps warten, um den Steuerungsalgorithmus zu validieren und Softwarefehler zu beheben. Angesichts kürzerer Markteinführungszeiten und sinkender Gewinnmargen beschäftigen sich Roboterhersteller auf der ganzen Welt mit der Frage, wie sie Steuerungsalgorithmen am besten schon in der frühen Entwicklungsphase evaluieren und die Leistung von Multiphysiksystemen optimieren können, bevor sie sich auf einen Prototyp festlegen.

Die Verwendung von Simcenter Amesim und PLCSIM Advanced bietet Möglichkeiten der virtuellen Inbetriebnahme, die eine Umgebung für die Ingenieure der Automatisierungssteuerung schaffen, um Steuerungslogiken zu emulieren, multiphysikalische Systeme zu dimensionieren und ihre SPS-Kontaktplanlogik und MMS-Dateien zu validieren. Die virtuelle Inbetriebnahme ermöglicht einen parallelen Mechanik-, Software-, Elektrik- und Elektronik (E/E)-Hardware-Designprozess mit frühzeitiger digitaler Auswertung.

Zur Validierung der FTF-Steuerungslogik wird in einem ersten Schritt das Multiphysiksystem mit seinen Komponenten und Verbindungen auf einem digitalen Modell nachgebildet. Als Nächstes parametrieren Sie die einzelnen Komponenten und definieren die Automatisierungsschnittstelle. Der Ein-/Ausgang des virtuellen Modells muss mit dem SPS-Programm verbunden werden. Je nach Anforderung und Verfügbarkeit der Hardware kann dazu ein realer oder virtueller Controller verwendet werden. Das mit der Steuerung verknüpfte digitale Modell nimmt die reale Maschine virtuell in Betrieb und unterstützt bei der Analyse von Multiphysik- und SPS-Steuerungsparametern des FTF und seiner Leistung bei verschiedenen Szenarien wie Trajektorienform, Fahrzeuglasten, Höhe usw.

Die virtuelle Inbetriebnahme eines digitalen FTF-Modells hilft, das Know-how in einer risikofreien Umgebung zu erhöhen. Das digitale Modell lässt sich, wenn es mit den Eingaben von einem realen Sensor gekoppelt wird, zur FTF-Überwachung einsetzen, um vorausschauende Wartungsaufgaben auszuführen. Die in den Lösungen von Simcenter verfügbare virtuelle Inbetriebnahmetechnik erlaubt es den Herstellern, einen parallelen Konstruktionsprozess für Mechanik, Software und E/E-Hardware einzuführen und teure und zeitaufwändige physische Tests durch eine frühzeitige virtuelle Bewertung zu ersetzen.

Fazit

Simcenter-Lösungen bieten eine einzigartige Reihe von Möglichkeiten zur Dimensionierung von Aktuatoren, zur Eliminierung von Schwingungen, für Präzisionsverbesserungen am Roboter, zur Steigerung der Zuverlässigkeit des Roboterarms bei thermischer und mechanischer Beanspruchung und, was vielleicht am wichtigsten ist, zur Nutzung der virtuellen Inbetriebnahme für die Validierung der Steuerungslogik vor dem Prototyping. Durch den Einsatz von Simulations- und Testlösungen wurden mehrere industriell relevante Ergebnisse vorgestellt und erörtert, die zeigen, wie man Roboter effizient weiterentwickeln kann.

Siemens Digital Industries Software

Hauptsitz

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

Nord-, Mittel- und Südamerika

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

Europa

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

Asien-Pazifik

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hongkong
+852 2230 3333

Über Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software fördert die Transformation von Unternehmen auf ihrem Weg in Richtung „Digital Enterprise“, in dem Engineering, Fertigung und Elektronikdesign bereits heute den Anforderungen der Zukunft entsprechen. Mit Xcelerator, dem umfassenden, integrierten Portfolio aus Software und Services von Siemens Digital Industries Software unterstützen wir Unternehmen jeder Größe bei der Entwicklung digitaler Zwillinge, die ihnen neue Einblicke, Möglichkeiten und Automatisierungsgrade bieten, um Innovationen voranzutreiben. Weitere Informationen über die Produkte und Leistungen von Siemens Digital Industries Software finden Sie unter [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) oder folgen Sie uns über [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) und [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2021 Siemens. Eine Liste wichtiger Warenzeichen von Siemens findet sich [hier](#). Alle anderen Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

83525-C7-DE 4/21 LOC