

14.0 – Totale Vernetzung von der Klemme bis zur Cloud

Neue Impulse für die Steuerungstechnik durch Cloudtechnologie

Jan Schlechtendahl, Felix Kretschmer und Armin Lechler, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW), Universität Stuttgart

Industry 4.0 – Complete Connection between I/O-Device and Cloud Instance

Current control systems are limited from a technical viewpoint in areas such as scalability, reconfiguration time and computational complexity for algorithms. These limitations call for a new concept for control systems to address current and future requirements. One idea is that the physical location of the control system has to be moved of the machine to a cloud. In this way, the control system becomes scalable and can handle highly complex computational tasks while keeping the process expertise in the bay.

Keywords:

control engineering, cloud technology, production control

Heute existierende Maschinen- und Anlagensteuerungen stoßen vom technischen Standpunkt aus in einigen Bereichen an ihre Grenzen. Gerade wenn Anforderungen wie Skalierbarkeit, schnelle Rekonfiguration der Anlage und steigende Komplexität der Algorithmen (und damit verbundener Berechnungsaufwand) relevant werden, können heutige Steuerungen diesen nicht mehr genügen. Die Anforderungen benötigen ein neues Steuerungskonzept. Das in dieser Veröffentlichung vorgestellte Konzept „Steuerung aus der Cloud“ ist so ein Steuerungskonzept, welches diese Anforderungen erfüllen kann.

Konventionelle vs. cloud-basierte Steuerungen

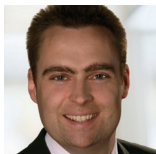
Die kostengünstige Produktion in Hochlohnländern ist heute nur mit einem großen Automatisierungsgrad möglich. Zur Automatisierung von Maschinen und Anlagen werden dazu Steuerungssysteme unterschiedlicher Ausprägung und verschiedener Hersteller eingesetzt. Diese Steuerungssysteme tragen entscheidend dazu bei, effizient und qualitativ hochwertig zu produzieren. Zur Steigerung der Produktivität und Fertigungsqualität sowie zur Beherrschung komplexer Maschinen und Anlagen wurden die Steuerungssysteme über die Jahre hinweg weiterentwickelt. Diese Steuerungssysteme stellen damit heute ein leistungsstarkes, aber auch sehr komplexes System dar [1].

Für den Anwender hat diese Entwicklung eine positive und eine negative Seite. Einerseits kann er dadurch für seine Fertigung auf hochtechnologische Maschinen und Anlagen zurückgreifen und, je nach Anwendungsfall, das am besten geeignete System wählen. Zudem können Maschinenhersteller eigenes Prozess-Know-how in die Steuerungen integrieren, um dem Anwender ein Optimum der jeweiligen Anlage zur Verfügung zu stellen [2]. Andererseits stellt der Betrieb dieser Maschinen für den Anwender auch eine große Heraus-

forderung dar. Während der Maschinenhersteller oftmals Steuerungssysteme eines einzigen Herstellers einsetzt und hierfür die notwendigen Experten im Unternehmen hat, muss der Anlagenbetreiber einen ganzen Maschinenpark mit unterschiedlichen Steuerungssystemen in Betrieb halten. Treten Probleme auf, muss er Experten für die verschiedenen Steuerungssysteme vorhalten oder auf Servicetechniker des Maschinenherstellers zurückgreifen und dadurch hohe Kosten und eventuell lange Stillstandzeiten in Kauf nehmen [3]. Die Problemlösung über Telepräsenzportale ist zwar möglich, bietet jedoch nicht immer die nötige Eingriffstiefe.

Ein weiterer problematischer Punkt für den Anwender ist der Schutz des Prozess-Know-hows. Heute kann jeder, der physikalischen Zugriff auf die Steuerung hat, einfach Informationen aus der Steuerung herunterladen. Oft liegt das Steuerungsprogramm z. B. auf SD-Karten ab, die einfach kopiert werden können – eine Verschlüsselung und Prüfung auf Echtheit findet nicht statt. Gerade in Zeiten von industriellen Trojanern (z. B. wie Stuxnet) sollte der Schutz von Prozess-Know-how aber im Vordergrund stehen [4].

Neben diesen Nachteilen im Service- und Administrationsbereich kommt hinzu, dass heutige Steuerungssysteme nicht auf die wandlungsfähige Produktion von morgen vorbereitet sind.



Dipl.-Ing. Jan Schlechtendahl ist am Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) für die Koordination der Forschung verantwortlich.



Dipl.-Ing. Felix Kretschmer arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISW und leitet das Forschungsprojekt pICASSO, welches sich mit der Ansteuerung von Maschinen und Anlagen aus der Cloud beschäftigt.



Dr.-Ing. Armin Lechler ist geschäftsführender Oberingenieur am Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW).

jan.schlechtendahl@isw.uni-stuttgart.de
www.isw.uni-stuttgart.de

Fehlende Hardware- und Softwareschnittstellen können nur schwer nachgerüstet werden und eine Rekonfigurierbarkeit ist nur mit großem zusätzlichem Aufwand möglich [5]. Ein Logo „Industrie 4.0-ready“ würde heute in der Produktion auf Maschinen und Anlagen nicht zu sehen sein.

Weiterhin wird zwar die Rechenleistung der Maschinensteuerung heute bei einfachen Applikationen so gut wie nie komplett genutzt, sollen allerdings komplexe Regler, Simulationen oder Kollisionsberechnungen parallel zum Bearbeitungsprozess erfolgen, reicht die Performance einer Maschinensteuerung nicht aus [6]. Eine Skalierung der vorhandenen Hardwareressourcen ist heute nicht möglich, ohne die komplette Steuerung zu tauschen.

Potenziale cloudbasierter Steuerungen

Wie bei konventionellen Steuerungen müssen die strengen Anforderungen der Produktionstechnik, wie Echtzeitfähigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit, auch durch cloudbasierte Steuerungen erfüllt werden können. Hierbei entstehen bei cloudbasierten Steuerungen sicherlich durch die Verlagerung der Steuerung in die Cloud einige Herausforderungen – gerade im Bereich Kommunikation –, die gelöst werden müssen. Aktivitäten der IEEE zu „Time Sensitive Network“ gehen diese Herausforderungen aktiv an, um die Echtzeitfähigkeit ebenfalls in Ethernetnetzen zu ermöglichen. Des Weiteren bietet eine cloudbasierte Steuerung aber noch unterschiedliche Vorteile:

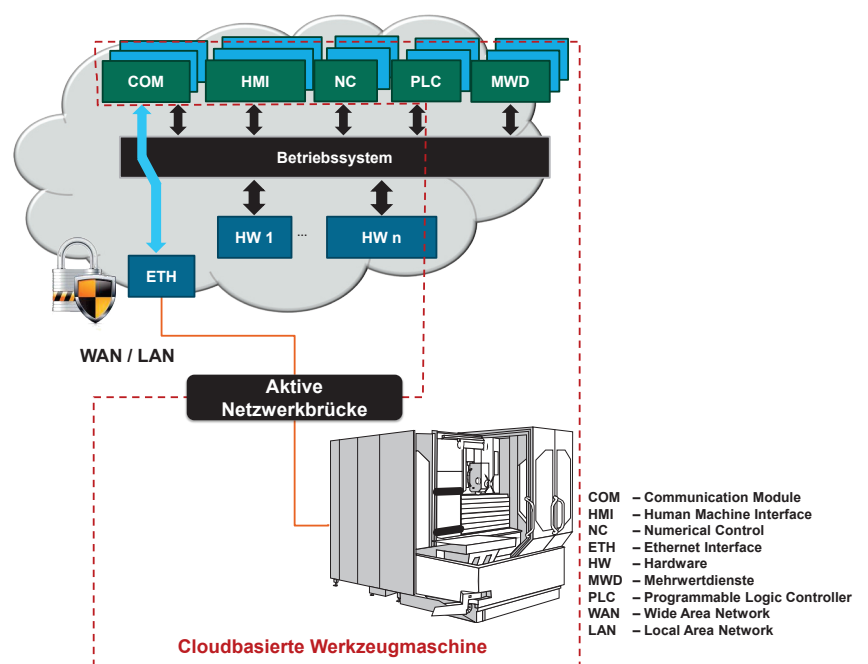
Eine cloudbasierte Steuerung wird gerade in einer wandlungsfähigen Produktion zwei entscheidende Vorteile bieten. Zum einen ist es möglich, die Performance der Steuerungen zu skalieren, wenn sich die Anforderungen an diese ändern. Rechenleistung kann, abhängig von der Komplexität der Algorithmen und Steuerungsfunktionen, automatisch zur Verfügung gestellt werden. Es ist somit nicht mehr notwendig, überdimensionierte Steuerungshardware mit jedem Automatisierungssystem auszuliefern, die nahezu nie genutzt wird und im Fall neuer Anforderungen nicht mehr ausreichend ist. Zum anderen wird eine räumliche Änderung der Anlagenanordnung sich einfacher realisieren lassen. Dazu ist eine strikte Trennung zwischen Hardware und Software notwendig. So kann eine höhere Verfügbarkeit als bei heutigen Steuerungsplattformen garantiert werden. Beide Vorteile tragen dazu bei, dass Anlagen mit Steuerungen in der Cloud deutlich zukunftssicherer sind.

Durch die Verlagerung der Steuerungsfunktionen in die Cloud kann eine Maschine einfacher mit anderen Maschinen interagieren und ohne Hardwareschnittstellen mit ihnen Informationen über Services austauschen. Eine schnellere Anpassung der Maschine an sich ändernde Einflüsse von außen wird möglich. Vorgänge wie die manuelle Umkonfiguration und die Erstellung neuer Hardwareverbindungen werden dagegen obsolet. Darüber hinaus sind die Vernetzung mit mobilen Geräten und die Interaktion mit dem Bediener (Innovative Bedienkonzepte) deutlich einfacher umzusetzen, wenn Teile der Steuerung in der Cloud realisiert sind.

Gleiches gilt für das Aufspielen effizienterer Algorithmen (App-Konzept), die die Produktivität optimieren. Auch diese können vom Steuerungstechnikanbieter einfach bei Bedarf auf bestehende Maschinen aufgespielt werden. Weiterhin wird die Notwendigkeit entfallen, Hardware für Steuerungen und die zugehörige Firmware zum Nachstellen von Fehlerfällen beim Kunden vorzuhalten. Steuerungstechnikanbieter können sich direkt auf die Originalsteuerung einloggen und diese diagnostizieren.

Die vorhandene Steuerungstechnik kann durch eine Verlagerung in die Cloud aufgebrochen, modularisiert und mit Mechanismen des Cloud Computing [7], wie globale Datenverarbeitung und serviceorientierten Softwarearchitekturen, erweitert werden. Eine cloudbasierte Steuerung bietet eine geeignete Grundlage für die Vernetzung und Bereitstellung von Rechenleis-

Bild 1: Steuerungsarchitektur einer cloudbasierten Werkzeugmaschinensteuerung.



tung für zukünftige Cyber-Physische Systeme in der Produktionstechnik.

Die cloudbasierte Datenhaltung bietet darüber hinaus weitere Möglichkeiten der Fehlerdiagnose, beispielsweise zum Zwecke des verbesserten Herstellerservices. Gerade bei komplexen und teuren Anlagen gestaltet es sich schwierig, eine ausreichende Datenbasis für Condition Monitoring aufzubauen, um zielgerichtet Lösungen ableiten zu können [8]. Mit der Verlagerung der Steuerung in die Cloud stehen alle notwendigen Informationen der Maschine bereit und die Daten vieler Maschinen können zusammengeführt werden [9].

Weiterhin ist es in der Cloud einfach möglich, ein Backup der gesamten Steuerung zu erzeugen, um so im Fehlerfall ein Reservesystem zu starten. Ein Failover-System, bzw. Redundanzen über mehrere Server hinweg, erhöht die Verfügbarkeit der Maschine.

Der Schutz der Prozessparameter und die Anwendung zeitgemäßer Sicherheitsmechanismen (Security) werden durch die cloudbasierte Steuerung ermöglicht. Beispielsweise sind auf heutigen speicherprogrammierbaren Steuerungen nur vergleichsweise einfache Sicherheitsmechanismen umgesetzt, die aufgrund der begrenzten Ressourcen nicht durch rechenintensivere neue Verfahren ersetzt werden können.

Steuerungsarchitektur cloudbasierter Steuerungen

Soll eine cloudbasierte Steuerung für eine Produktionsanlage (z.B. eine Werkzeugmaschi-

ne) realisiert werden, ergibt sich die in Bild 1 dargestellte Steuerungsarchitektur. Die lokale Aktorik und Sensorik der Maschine ist über eine „Aktive Netzwerkbrücke“, welche die Kopplung der Nichtzeit von Wide Area Networks (WAN)/Local Area Network (LAN) mit der Echtzeit im Inneren der Maschine übernimmt, mit der Cloud verbunden. In der Cloud wird unterschiedliche Hardware über ein Betriebssystem zusammengefasst und zur Verfügung gestellt. Unterschiedliche Instanzen einer Steuerung können gestartet werden, wobei die dabei instanziierten Module wie NC-Steuerung, Human Machine Interface (HMI), Programmable Logic Controller (PLC), Schnittstelle für Mehrwertdienste und das Communication Module (COM) miteinander kommunizieren. Benötigt ein Modul mehr Rechenperformance, wird dieses dynamisch vom Betriebssystem zur Verfügung gestellt.

Die größte Herausforderung zur Realisierung von cloudbasierter Steuerungstechnik liegt in der Bereitstellung von echtzeitfähiger Kommunikation zwischen der Steuerung und der lokal verbleibenden Maschine. Um diese Herausforderung zu lösen, sind zwei Ansätze möglich:

Eine erste Möglichkeit besteht in der Verlagerung der Steuerungstechnik mit harten Echtzeitanforderungen in Edge-Clouds. Bei Edge-Clouds handelt es sich um einen Teil der Cloud, der eine gute Kommunikationsanbindung zur Maschine besitzt. Hierbei kann es sich durchaus auch um Cloudinfrastruktur im Unternehmen oder gar am Ende der Produktionslinie handeln. Das lokale Netzwerk (LAN) kann dann entsprechend ausgerüstet und konfiguriert werden, um eine Echtzeitfähigkeit der Kommunikation zwischen Steuerung und Maschine zu gewährleisten.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Echtzeitfähigkeit der Kommunikationsnetze zu erhöhen. In aktuellen Normungsaktivitäten zu Time-Sensitive Networking (TSN), aktuell in Erarbeitung durch die IEEE 802.1 [10], wird das Ziel verfolgt, Ethernet um die in der industriellen Kommunikation wichtigen Eigenschaften hinsichtlich Garantien für Latenz und Jitter sowie Determinismus zu erweitern.

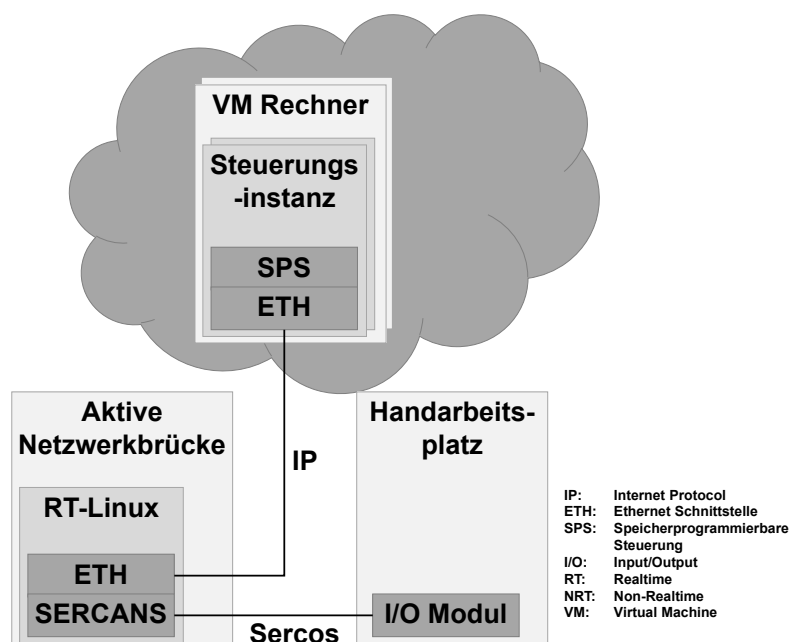


Bild 2: Gesamtarchitektur eines teilautomatisierten Handarbeitsplatzes.

Auch der Ausbau der Internet-Netzwerkinfrastruktur wird dazu beitragen, dass immer mehr Anwendungen aus dem Bereich der Steuerungstechnik in die Cloud verlagert werden können. So weist der Akima Report Q1 2015 in Deutschland einen Zuwachs der durchschnittlichen Internetgeschwindigkeit im letzten Jahr um 25% aus. Diese Zuwächse in der Internetgeschwindigkeit wirken sich auch auf die Zykluszeiten aus und erlauben damit eine zunehmende Nutzung von Steuerungsapplikationen aus der Cloud.

Realisierung der cloudbasierten Steuerung

Zur Demonstration der Realisierbarkeit von Steuerungstechnik aus der Cloud und der Ermittlung erster Ergebnisse über das Verhalten von Übertragungen innerhalb eines Kommunikationskanals zwischen cloudbasierten Steuerungen und Anlagen wurde eine cloudbasierte Steuerung für teilautomatisierte Handarbeitsplätze realisiert. Die Gesamtarchitektur ist in Bild 2 dargestellt.

Im Demonstrator erfolgt die Ansteuerung des Handarbeitsplatzes von einer in der Cloud instanziierten Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS). Diese kommuniziert über ein Ethernetinterface (ETH) über ein IP basiertes Protokoll mit der aktiven Netzwerkbrücke. Die aktive Netzwerkbrücke wird mit dem Echtzeitbetriebssystem RT_Preempt betrieben, um eine möglichst hochperformante Anbindung zu erreichen und koppelt die IP Kommunikation mit der Kommunikation des untergelegten Feldbusses. Als Feldbus kommt im Handarbeitsplatz Sercos III zum Einsatz. Die Anbindung der I/O Module vom Typ R-IL S3 BK DI8 DO4-PAC des Handarbeitsplatzes erfolgt über die aktive Masterkarte SERCANS III (jeweils Bosch Rexroth).

Die Performance des Aufbaus wurde in einem lokalen Netzwerk evaluiert. Die durchschnittliche Zykluszeit wurde auf 10ms konfiguriert. Hierbei konnte gezeigt werden, dass die Zykluszeit in fast allen Fällen unterhalb von 12ms liegt. Zur Ermittlung der Performance über das Internet zwischen der Universität Stuttgart und dem Google-Cloud-Center in Europa konnte in einem anderen Anwendungsfall eine durchschnittliche Round-Trip-Time von unter 43ms erreicht werden. Auch Messungen zwischen der Universität Stuttgart und einem im Umland von Stuttgart installierten Server, welcher über einen DSL Anschluss angebunden war,

befinden sich in dieser Größenordnung [11]. Die maximalen Zeiten lagen bei 150ms. Diese Zeiten sind für teilautomatisierte Handarbeitsplätze im akzeptablen Rahmen, da Sie nicht zu Wartezeiten in der Produktion führen oder Einfluss auf das Prozessergebnis haben.

Für den Anwendungsfall „teilautomatisierter Handarbeitsplatz“ ergaben sich mit der cloudbasierten Steuerungsarchitektur konkret folgende Vorteile:

- Die Steuerung kann zentral zur Verfügung gestellt werden. Steuerungstechnik, die nicht genutzt wird, wird deinstanziiert und muss folglich auch nicht bezahlt werden.
- Entkopplung der Steuerungssoftware in Form des SPS-Programms und der SPS-Laufzeitumgebung von der Steuerungshardware führt zu reduzierten Hardwarekosten.
- Die Ankopplung von Services wie Manufacturing-Execution-System-Service sowie von Zustandsüberwachungs-Services wird deutlich einfacher. Es muss lediglich eine Schnittstelle zur Cloud implementiert werden.
- Die Diagnose kann zentral erfolgen und benötigt nicht RemoteAccess-Mechanismen.
- Backup- und Securitymechanismen aus der Informationstechnologie können angewendet und damit die Verfügbarkeit der Anlage gesteigert werden.

Zusammenfassung

In dieser Veröffentlichung wurde gezeigt, welche Nachteile eine heute existierende Steuerung hat – speziell, wenn man die Herausforderungen bezüglich Industrie 4.0 betrachtet. Eine cloudbasierte Steuerung könnte viele dieser Nachteile aufheben. Weiterhin wurde ein Beispiel einer realen Anlage mit Steuerung aus der Cloud vorgestellt, um die Realisierbarkeit einer cloudbasierten Steuerung zu zeigen. Die damit erzeugte Performanceanalyse zeigt, dass die Anforderungen der Anwendung erfüllt werden konnten.

Schlüsselwörter:

Steuerungstechnik, Cloudtechnologie, Produktionssteuerung

Teilergebnisse dieses Beitrags entstanden im Rahmen des Projekts „piCASSO (Industrielle Cloudbasierte Steuerungsplattform für eine Produktion mit cyber-physischen Systemen)“, welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird.

Literatur

- [1] Weck, M.; Brecher, C.: Werkzeugmaschinen 4 – Automatisierung von Maschinen und Anlagen, 6., neu bearbeitete Auflage. Heidelberg 2006, S. 152.
- [2] N.N.: SINUMERIK 840D sl, Siemens AG URL: <http://w3app.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentcenter/mc/Documentsu20Brochures/E20001-A1460-P610-V1.pdf>, Abrufdatum 20.07.2015.
- [3] N.N.: „Bedingungen und Verrechnungssätze für Serviceleistungen ab 01.10.2011 im Geschäftsbereich Bosch Rexroth Electric Drives & Controls“, Bosch Rexroth, Lohr am Main 2011.
- [4] Birkhold, M.; Verl, A.: Post-Stuxnet: Sicherheitslücken bedrohen weiterhin Produktionsanlagen. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (2011) 4, S. 237-240.
- [5] Lorenzer, T.; Weikert, S.; Wegener, K.: Mit Rekonfigurierbarkeit gewinnt der Anwender. Eigenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung 2010.
- [6] Keinert, M.; Verl, A.: System Platform Requirements for High-Performance CNCs. In: Proceedings of FAIM 2012 22nd International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, Helsinki, Finland, June 2012.
- [7] Mell, P.; Grance, T.: The NIST definition of cloud computing. Gaithersburg, MD: Computer Security Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology, 2011 (NIST special publication 800-145).
- [8] Rauschecker, U.; Stöhr, M.; Schel, D.: Requirements and concept for a manufacturing service management and execution platform for customizable products. In: 8th ASME Manufacturing Science and Engineering Conference, MSEC 2013. CD-ROM. New York 2013.
- [9] Atmosudiro, A.; Faller, M.; Verl, A.: Durchgängige Datenintegration in die Cloud. In: wt-online (2014) 3.
- [10] IEEE Time-Sensitive Networking Task Group. URL: <http://www.ieee802.org/1/pages/tsn.html>.
- [11] Schlechtendahl, J.; Lechler, A.; Verl, A.: Cloudbasierte Maschinen- und Anlagensteuerung in SPS/IPC/Drives 2013, Internationale Fachmesse und Kongress 26.-28. Nov. Nürnberg 2013.