

VOLLAUTOMATION EINES LABORS UNTER ANWENDUNG VON INDUSTRIE 4.0

Daniel Marczoch
CSL Plasma GmbH
Business Technology
35041 Marburg
daniel.marczoch@cslbehring.com

Prof. Dr. Harald Ritz
Technische Hochschule Mittelhessen
Fachbereich MNI
Wiesenstr. 14, 35390 Gießen
harald.ritz@mni.thm.de

ABSTRACT

Der vorliegende Artikel wurde in Zusammenarbeit mit der globalen Business-Technology-Organisation und dem Labor in Göttingen der CSL Plasma GmbH in Marburg erarbeitet und behandelt die Konzeption eines vollautomatisierten serologischen Labors. Das Unternehmen führt derzeit einen Umbau des Labors und eine damit verbundene Kapazitätserweiterung durch. Im Zuge dessen werden sämtliche Prozesse untersucht und eine mögliche Automation bisher manuell durchgeführter Tätigkeiten überprüft.

In einem pharmazeutischen Betrieb, der sich auf Medikamente bestehend aus menschlichem Blutplasma spezialisiert hat, existieren besondere Anforderungen im Bereich der Qualitätskontrolle. Der Rohstoff Blutplasma wird von freiwilligen Spendern gewonnen und muss vor der Verarbeitung in der Produktion auf Viren und Krankheiten getestet werden.

Eine Automation kann diesbezüglich viele Vorteile bieten, wie z. B. verbesserte Wettbewerbsfähigkeit durch Kosten- und Zeiteinsparungen, weniger direkten Kontakt zu den Proben und dadurch niedrigere Ansteckungsgefahr für das Laborpersonal und eine zuverlässigere Qualität der Messungen.

SCHLÜSSELWÖRTER

Cyber-physische Systeme, Digitalisierung, digitale Transformation, Industrie 4.0, Internet of Things, LIMS, Schnittstellen, Software.

CSL PLASMA

Die Behringwerke wurden im Jahr 1904 durch Emil von Behring (erster Nobelpreisträger für Physiologie und Medizin) in Marburg gegründet, um Impfstoffe und Seren zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten herzustellen. CSL Plasma agiert als Schwestergesellschaft und gleichzeitig als Zulieferer der aus den Behringwerken hervorgegangenen CSL Behring. Die Muttergesellschaft der CSL Plasma, CSL Limited, wurde 1916 für die Versorgung mit biologischen Arzneimitteln in Australien gegründet ([7] CSL Behring 2013).

Der Hauptsitz von CSL Plasma befindet sich in Boca Raton/Fl in den USA. Die Aufgabe CSL Plasmas ist die Beschaffung, Testung und Lagerung von menschlichem Blutplasma für CSL Behring zur Herstellung von Biopharmazeutika. Die Beschaffung erfolgt durch freiwillige Spender, die in eigenen Plasmacentern in den USA, Deutschland und Ungarn ihr Blutplasma spenden können, oder durch den Kauf von Blutplasma von Drittlieferanten. In Europa betreibt CSL Plasma elf Plasmacentern, ein Labor in Göttingen und ein Plasmalogistikzentrum in Schwalmstadt. Der Sitz der Verwaltung von CSL Plasma Europa befindet sich in Cölbe. Die gesamte CSL-Organisation beschäftigt weltweit über 22.000 Mitarbeiter und hat im Geschäftsjahr 2017/18 einen Umsatz von

ca. 7,9 Mrd. US \$ erwirtschaftet ([6] CSL Behring 2018; [8] CSL Limited 2018).

Heute ist CSL ein weltweit führendes Unternehmen für die Herstellung von Gerinnungsfaktoren, Produkten für die Intensivmedizin und Immunglobulinen für seltene und schwere Krankheiten. Mit CSL Plasma betreibt CSL eines der größten Netzwerke von Plasmaspendezentren weltweit ([9] CSL Plasma 2019).

Der IT-Bereich des Unternehmens, in welchem dieser Artikel erarbeitet wird, wird Business Technology (BT) genannt und ist eine Teileinheit der Global Business Technology der CSL Limited. Es handelt sich hierbei um eine globale Organisation, die von vernetzten Teams aus dem gesamten Konzern mit dem Ziel betrieben wird, IT-Lösungen und -Services für die einzelnen Geschäftsbereiche bereitzustellen, um dem Unternehmen einen effizienten Geschäftsbetrieb zu ermöglichen.

AUSGANGSSITUATION

In einem pharmazeutischen Betrieb, der sich auf Medikamente bestehend aus menschlichem Blutplasma spezialisiert hat, existieren besondere Anforderungen im Bereich der Qualitätskontrolle. Der Rohstoff Blutplasma wird von freiwilligen Spendern gewonnen und muss vor der Verarbeitung in der Produktion auf Viren und Krankheiten in einem serologischen Labor getestet werden.

Eine Testung ist essentiell und kann nicht ausgelassen werden. Allerdings ist diese zeitaufwendig und birgt im

Falle einer infizierten Spende das Risiko einer Ansteckung der Arbeitskräfte im Labor. Für diesen Fall ist eine vollautomatisierte Testung menschlichen Blutplasmas in der Qualitätskontrolle eines pharmazeutischen Betriebes sinnvoll, da hierdurch Ansteckungsgefahr und zeitlicher Aufwand minimiert werden können.

Ziel dieses Artikels ist es, ein Konzept für ein vollautomatisiertes Labor unter Einbezug von Industrie 4.0 aufzuzeigen, das den Anforderungen an verschiedenste Regularien gerecht wird. In diesem Zusammenhang stellen sich folgende Fragen:

- Welche Technologien werden für die Umsetzung eines solchen Konzeptes benötigt?
- Wie wird die Automation softwareseitig unterstützt?
- Wie sind die Verantwortlichkeiten in einem vollautomatisierten Labor verteilt?

Daraus leitet sich als zentrale Fragestellung ab, wie ein vollautomatisiertes Labor unter Verwendung von Industrie 4.0 konzipiert und realisiert werden kann.

Hierzu wird zunächst die Art des Labors definiert, für das ein Prozess nach Industrie 4.0 konzipiert werden soll. Hierfür wird ein bisher regulärer Laborprozess analysiert und eine Systemarchitektur in einem Labor nach aktuellem Standard vorgestellt.

Anschließend wird ein vollautomatisierter Laborprozess unter Einbezug von Industrie 4.0 mit BPMN 2.0 modelliert. Der Prozess beginnt mit der Anlieferung von Proben des menschlichen Blutplasmas und endet mit der Entsorgung dieser Proben.

Weiterhin werden die Verantwortlichkeiten der verschiedenen Beteiligten und Technologien während des Prozesses erläutert. Anknüpfend hieran wird der modellierte Prozess mit dem bisher etablierten Labor verglichen und die Vor- und Nachteile erörtert. Abschließend folgt in diesem Artikel ein Beispiel aus der Praxis, welches sich dem vorgestellten Konzept annähert.

HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Laborautomation

Im folgenden Abschnitt soll der Begriff „Laborautomatisierung“ näher erläutert werden. Um ihn zu beschreiben, muss zuvor definiert werden, was Automatisierung bedeutet. In der DIN IEC 60050-351 wird der Begriff „automatisch“ aus der technischen Sicht als „ein[...] Prozess oder eine Einrichtung bezeichne[t], der oder die unter festgelegten Bedingungen ohne menschliches Eingreifen abläuft oder arbeitet“ ([10] DIN 2014). Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist Automatisierung die „[...] Substitution des Faktors Arbeit durch den Faktor Betriebsmittel“ ([15] Gabler 2015).

Automatisierung entsteht durch den Transfer von Aufgaben bzw. Tätigkeiten eines Menschen auf Maschinen (künstliche Systeme). Es wird nicht nur die Ausführung, sondern auch die Steuerung und Koordination eines Prozesses auf eine oder mehrere Maschinen übertragen. Das Verhältnis von automatisierten Prozessen zum Gesamtprozess wird durch den Automatisierungsgrad beschrieben. Je nach Automatisierungsgrad wird zwischen Teil- und Vollautomatisierung unterschieden. Das ursprüngliche Ziel von Automatisierung ist die Steigerung der Produktivität ([15] Gabler 2015).

Laborautomatisierung beschreibt die Automatisierung von Prozessen und Aufgaben in einer Laborumgebung. Die meisten Arbeitsschritte wie Messungen, Ansteuerungen von Aktoren und Datenverarbeitung können durch computergestützte Systeme automatisiert werden ([1] Analytik News 2019).

Durch steigende Komplexität der Prozesse in einem Labor und durch die wachsenden Anforderungen durch Behörden ist das Automatisieren von Laborgeräten zwingend notwendig. Ohne eine Automatisierung, oder zumindest eine Teilautomatisierung, können die genannten Herausforderungen nicht effizient bewältigt werden. Die Laborautomatisierung ermöglicht eine wirtschaftlich effiziente Kontrolle dieser Probleme ([13] Fraunhofer IPA 2012).

Laborinformationssysteme

Ein LIS (Laborinformationssystem), oder auch LIMS (Laborinformations- und Management-System), ist eine IT-Lösung, die das Probenmanagement und Verarbeiten der Analysedaten in Laboren unterstützt. Da Labore in der Regel sehr individuell aufgebaut sind, ist es essenziell für ein LIMS hochgradig flexibel und somit für jedes Labor geeignet zu sein. Typische Charakteristika eines LIMS sind Standardfunktionalitäten wie das Anlegen und Registrieren von Proben, das Zuweisen der durchzuführenden Analysen und die Erfassung und Anzeige der Testdaten in Form eines Reports. Darüber hinaus bieten die Hersteller eines LIMS typischerweise die Möglichkeit der zusätzlichen Konfiguration. Diese ist notwendig, um die unterschiedlichen Anforderungen der verschiedenen Kunden abzudecken. Aus diesem Grund wird ein LIMS im Laufe seines Lebenszyklus im Labor häufig von einer standardisierten Lösung zu einer hoch spezialisierten Software, die nur individuell für ein Labor anwendbar ist ([18] LIMS 2018).

Strukturell ist ein LIMS in ein Serversystem und einen oder mehrere Arbeitsplatzrechner unterteilt, die über die Netzwerkinfrastruktur miteinander verbunden sind. Auf dem Serversystem befinden sich die LIMS-Datenbank und auch die Applikation selbst. Oftmals werden Datenbank und Applikation in der Praxis auf mehrere Server verteilt. Die Arbeitsplatzrechner beherbergen den Client, worüber die Anwender auf die Applikation auf dem Server zugreifen können ([18] LIMS 2018).

Ein LIMS bietet auch die Möglichkeit an andere Komponenten und Systeme angebunden zu werden. Beispielsweise können im Prozess übergeordnete Systeme mit dem LIMS vernetzt oder auch Analysegeräte zur Übertragung von Testergebnissen an ein LIMS angebunden werden ([18] LIMS 2018).

Industrie 4.0

Der Begriff „Industrie 4.0“ wurde durch den von der Bundesregierung beauftragten Arbeitskreis Industrie 4.0 definiert. Das Ergebnis dieses Arbeitskreises ist die Beschreibung der Auswirkungen des „Internet der Dinge“ (dt. für „Internet of Things (IoT)“) auf die Produktion in deutschen Unternehmen ([20] Reinheimer 2017). Die Namensgebung Industrie 4.0 bezieht sich auf die vierte industrielle Revolution ([3] Andelfinger u.a. 2017).

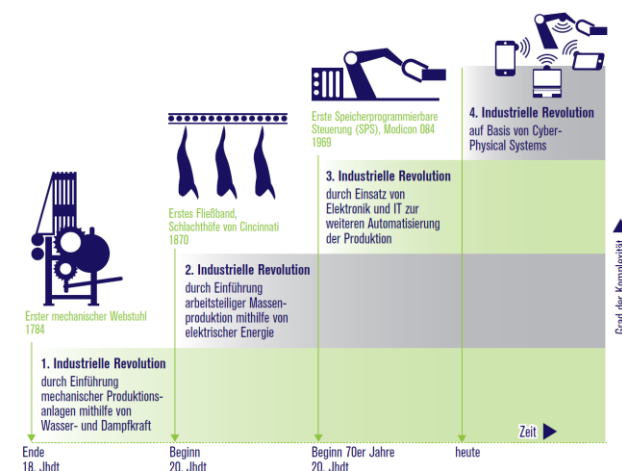


Abbildung 1: Die vier Stufen der industriellen Revolution ([19] Promotorengruppe 2013)

Um zunächst Industrie 4.0 in die industrielle Entwicklung einzuordnen, werden die vorhergehenden industriellen Revolutionen kurz erläutert. In Abbildung 1 wird die industrielle Entwicklung veranschaulicht. Die erste industrielle Revolution wurde mit der Erfindung der Dampfmaschine und dem maschinell betriebenen Webstuhl Ende des 18. Jahrhunderts eingeleitet. Die Wertschöpfung wurde hierdurch gesteigert, allerdings verschlechterten sich die Lebens- und Arbeitsbedingungen der Menschen durch die neue Art von Arbeit beträchtlich. Die zweite industrielle Revolution folgte knapp 100 Jahre später mit der Einführung der Fließbandarbeit nach Henry Ford. Der Mensch übernahm nicht mehr die gesamte Fertigung eines Produktes, sondern war nun für einzelne Teilfertigungsschritte verantwortlich. Die einzelnen Aufgaben waren somit weniger komplex, neue Arbeiter hatten kürzere Anlernzeiten und benötigten keine spezielle Berufsausbildung. Auch die zweite industrielle Revolution führte zu einer Wertschöpfungssteigerung. Die dritte industrielle Revolution begann in den siebziger Jahren mit der Verbreitung des Computers. Der Fokus stand nun bei Automatisierung und Optimierung von Prozessen ([3] Andelfinger u.a. 2017).

Während die dritte industrielle Revolution noch nicht vollständig abgeschlossen ist, bahnt sich mit der Digitalisierung als Grundlage bereits die vierte industrielle Revolution an. Diese ist geprägt durch cyber-physische Systeme, IoT und Kommunikation von Maschinen untereinander ([3] Andelfinger u.a. 2017).

Industrie 4.0 sieht die Vernetzung von räumlich unabhängigen Produktionsressourcen vor. Diese sind beispielsweise Maschinen, Roboter, Betriebsmittel, Fördersystem und Lagersysteme. Die Produktionsressourcen steuern und konfigurieren sich situationsabhängig selbst. Gestützt wird die autonome Organisation durch Sensoren und übergreifende Wissensbereitstellung ([14] Fraunhofer IESE 2019).

Um die Idee von Industrie 4.0 zu verstehen und ein Konzept für dessen Umsetzung zur Automatisierung eines Labors zu entwickeln, sind Einblicke in verschiedene Themengebiete notwendig. In den folgenden Abschnitten werden diese Themen näher erläutert.

Grundlagen zur Umsetzung von Industrie 4.0

Die Grundlagen für eine Umsetzung von Industrie 4.0 bilden die Konzepte des IoT und der cyber-physischen Systeme ([12] FM 2014).

Das Konzept von IoT sieht eine Vernetzung jeglicher Gegenstände miteinander vor. Maschinen, Fahrzeuge, Haarselekttronik, PCs, jegliche Sensoren, Videokameras oder sogar Verpackungen, sind vernetzt und kommunizieren miteinander. Die Vernetzung wird durch die permanent voranschreitende Miniaturisierung von Computerbauteilen ermöglicht, wie es z. B. bei Smartphones zu beobachten ist. Das Ausstatten nahezu aller Gegenstände mit WLAN-Empfängern oder Radio Frequency Identification (RFID)-Chips ermöglicht es, dass diese Gegenstände kabellos und somit ungebunden miteinander kommunizieren ([2] Andelfinger u.a. 2015). Ein RFID-Chip kann Informationen speichern und in Form von Radiowellen übertragen, welche von einem RFID-Scanner ausgelesen werden ([24] Welt 2012). RFID-Chips sind bereits in viele Karten, Ausweise und Etiketten integriert und ermöglichen eine kontaktlose Übermittlung von Daten. Der Chip kommt ohne Batterien oder Akkus aus. Die benötigte Energie kann aus den erzeugten Radiowellen des RFID-Scanners erzeugt und in einem Kondensator abgespeichert werden ([25] Wirtschaftslexikon24.com 2018).

RFID-Chips, Sensoren und Aktoren spielen eine entscheidende Rolle im IoT. Die Daten (verwendet wird auch der Begriff „Big Data“, der später erläutert wird), welche die jeweiligen Komponenten erheben, werden allerdings nicht nur lokal für den einzelnen Gegenstand genutzt, sondern global zur Verfügung gestellt. Das kann beispielsweise über eine Cloud geschehen. Die gespeicherten Daten können dadurch standortunabhängig und von jeder Person verarbeitet werden ([3] Andelfinger u.a. 2017). Der Nutzen dieser Vernetzung wird von Carolyn

Gramling in einem Artikel über frühzeitige Erdbebenwarnungen mit Hilfe von Smartphones beschrieben. Hierbei erklärt sie, wie die Bewegungssensoren von Smartphones Auskunft darüber geben, ob sich ein Erdbeben in einem Gebiet anbahnt. Ändern sich beispielsweise Bewegungsdaten mehrerer Smartphones in einem bestimmten Bereich gleichzeitig, können durch die öffentliche Bereitstellung dieser Daten Frühwarnsysteme versorgt werden. Mögliche Gefahren werden dadurch eventuell früher erkannt, als nur durch einen feststehenden Sensor eines Instituts ([16] Gramling 2016).

Cyber-physische Systeme (CPS) sind, ebenso wie das IoT, essentiell für eine Umsetzung von Industrie 4.0. CPS bauen auf dem Konzept des IoT auf und werden durch die Verbindung verschiedener Komponenten (z. B. Maschinen, Werkzeuge, etc.) charakterisiert. Sowohl physische, als auch biologische oder bautechnische Komponenten sind informationstechnologisch miteinander verbunden. Die Komponenten werden über eine Recheneinheit eingebunden, überwacht und gesteuert. CPS werden insbesondere dadurch ausgezeichnet, dass verschiedene IT-Komponenten mit mechanischen oder auch elektronischen Elementen untereinander kommunizieren. Die Kommunikation bzw. der Datenaustausch findet hierbei in Echtzeit statt, beispielsweise über das Internet. Sogenannte eingebettete Systeme analysieren über Sensoren ihre Umwelt und können diese über Aktoren beeinflussen. Rechen- und Speicherkapazitäten oder sogar Funktionalitäten werden den CPS in einer Cloud über Internet/Intranet zur Verfügung gestellt. Die Schnittstelle zum Menschen befindet sich an den Komponenten selbst oder wird über eine GUI realisiert ([17] Janiesch 2019).

Eine Cloud wird für sogenanntes Cloud-Computing verwendet. Cloud-Computing beschreibt das zur Verfügung stellen von elektronischen Diensten im Web, wodurch diese Dienste standortunabhängig erreichbar sind. Dienste können das Bereitstellen von IT-Infrastruktur, Plattformen oder Anwendungen sein. Charakterisierend für eine Cloud ist, dass Ressourcen virtualisiert und die Dienste dynamisch anpassbar sind. Das hat zur Folge, dass Ressourcen optimal genutzt werden, da ohne weitere Aufwendungen auf nicht genutzte Kapazitäten zurückgegriffen werden kann. Eine Cloud kann eigenständig betrieben oder von einem Cloud-Anbieter (z. B. Google oder Amazon) zur Verfügung gestellt werden ([4] Baun u.a. 2011).

Aus dem IoT, CPS und Cloud-Computing ergibt sich ein weiterer wichtiger Begriff, der bei Industrie 4.0 eine zentrale Rolle spielt. Es handelt sich um den Begriff „Big Data“. Unter Big Data werden Daten bezeichnet, die aufgrund von Umfang und Diversität nicht mit konventionellen Methoden verarbeitet und analysiert werden können ([11] Fasel u.a. 2016). Big Data kann umfassende Informationen geben und ist bei Industrie 4.0 im Bereich Wartung und Instandhaltung essentiell. In diesem Zusammenhang ist das Themengebiet „Predictive Maintenance“ ebenfalls zu erwähnen.

Hierunter wird das Voraussagen von Instandhaltungsaktionen aufgrund von erhobenen Big Data und vorliegenden Berechnungen verstanden. Das bedeutet, dass anhand von umfangreich zur Verfügung stehenden Daten aus der Vergangenheit und Gegenwart erwartete Werte in der Zukunft präzise berechnet werden können. Somit werden beispielsweise Verschleißteile von Maschinen gewechselt, bevor es zu einem Stillstand dieser Maschine kommt ([11] Fasel u.a. 2016).

Anforderungen an die Systemarchitektur

Um eine Automatisierung nach Industrie 4.0 umsetzen zu können, müssen Unternehmen von Grund auf die Architektur ihrer Systeme überdenken. Systemarchitekturen orientieren sich in der heutigen Zeit größtenteils an der Automatisierungspyramide (siehe Abbildung 2).

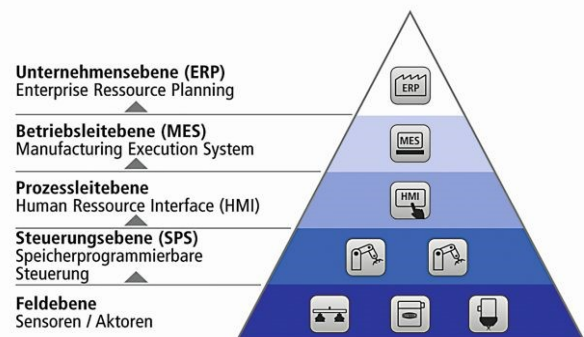


Abbildung 2: Automatisierungspyramide ([5] Blum 2015)

Die Automatisierungspyramide umfasst fünf Ebenen der Automatisierung. In der obersten Ebene findet die Grobplanung einer Produktion mit Hilfe von ERP-Systemen statt. Die feinere Planung wird in der zweiten Ebene, der Betriebsleitebene, durchgeführt, mit Hilfe eines MES. Auf der Prozessleitebene finden die Überwachung und Kontrolle der Prozesse durch sogenannte Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)-Systeme statt. Auf der Steuerungsebene werden die Maschinen und Geräte mit Hilfe von SPS-Systemen gesteuert. Die unterste Ebene ist die Feldebene, welche mit Aktoren und Sensoren die Schnittstelle zum Produktionsprozess ist. Darin werden Daten erfasst und die letztendliche Prozesssteuerung findet auf dieser Ebene statt.

Der Datenfluss verläuft in diesem Modell ausgehend von der untersten bis zur obersten Ebene. Das hat zur Folge, dass beispielsweise ein Prozessleitsystem erst zu einem späteren Zeitpunkt von einer aufgetretenen Abweichung im Prozess erfährt. Auf Betriebsleitebene würden diese Informationen noch später auftreten. Eine verzögerte Aktualität von Daten und Informationen ist in diesem bisher angewendeten Modell zu beachten ([3] Andelfinger u.a. 2017).

Für eine Umsetzung von Industrie 4.0 müssen die soeben beschriebenen Hierarchieebenen der Automatisierungspyramide überwunden werden. Durch die digitale Transformation wird dies ermöglicht. Die senkrechte Vernetzung wird durch eine vertikale Vernetzung von Maschinen und Systemen abgelöst. Außerdem wird die horizontale Vernetzung erweitert. Das bedeutet, dass die Hierarchie der Systeme flacher wird und die Daten weniger Systeme nacheinander durchlaufen. Vielmehr werden die Daten zeitgleich mehreren Systemen direkt bereitgestellt ([3] Andelfinger u.a. 2017).

Zur Veranschaulichung existieren diverse Modelle, die eine überarbeitete Vernetzung beschreiben. Das Modell in Abbildung 3 spiegelt eine Möglichkeit eine Systemarchitektur für Industrie 4.0 zu gestalten wider.

Das Modell ist im Gegensatz zur Automatisierungspyramide (siehe Abbildung 2) nur in drei Ebenen unterteilt. Die erste Ebene wird auch Produktionsebene genannt und ist die Grundlage für einen automatisierten Ablauf einer Produktion. In dieser Ebene ist die Vernetzung mehrerer CPS innerhalb eines Produktionsstandortes beschrieben. Diese Vernetzung wird auch als cyber-physisches Produktionssystem (CPPS) bezeichnet. Die verschiedenen CPS kommunizieren innerhalb des CPPS miteinander.

Die Vernetzung der CPS erfolgt über LAN oder WLAN. Bei den Informationen, die von den CPS untereinander ausgetauscht werden, handelt es sich um Daten zur Verbzw. Bearbeitung der Werkstücke. An den Werkstücken selbst befinden sich RFID-Chips, welche den CPS Infor-

auf, wie z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Erschütterungen. Diese werden dann zusammen mit den Informationen aus den RFID-Chips über eine standardisierte Schnittstelle vom lokalen Netzwerk innerhalb des CPPS in eine Cloud übertragen. Durch das Ablegen der Informationen in der Cloud können Nutzer diese Daten standortunabhängig über ein mobiles Endgerät aufrufen ([3] Andelfinger u.a. 2017).

Die zweite Ebene kann auch als Cloud- oder Serviceebene bezeichnet werden. Hier befinden sich eine oder auch mehrere Clouds, in denen sich die Systeme aus Abbildung 2 befinden und die die Daten aus den CPPS erhalten. Allerdings werden diese als Services implementiert. Ein Service kann beispielsweise in Form einer mobilen Applikation für ein Smartphone oder Tablet etabliert werden. Innerhalb der Cloud bzw. zwischen mehreren Clouds sind die verschiedenen Services miteinander vernetzt. Dadurch können die Services über die Hierarchie der Automatisierungspyramide hinweg Daten austauschen. Die Hierarchie reduziert sich somit in diesem Modell ([3] Andelfinger u.a. 2017).

Auf der dritten Ebene befindet sich die Unternehmensebene. Die Ebene wird durch die verschiedenen Bereiche eines Unternehmens dargestellt, wie z. B. Vertrieb, Einkauf, Marketing oder Forschung und Entwicklung. Über Endgeräte können Mitarbeiter dieser Bereiche die Services in der Cloud verwenden. Die Endgeräte selbst sind über standardisierte Schnittstellen mit der untersten und der mittleren Ebene verbunden. Die Nutzer sehen über dieses Verfahren Daten in Echtzeit ein und passen Prozesse ohne Zeitverzögerung an, ohne dass der Prozess gestoppt werden muss. ([3] Andelfinger u.a. 2017).

Das Modell beschreibt ein agiles System, welches modular und dezentral aufgebaut ist. Es ist somit zeitsparend und kostengünstig bei der Einbindung neuer Komponenten oder der Veränderung bestehender Elemente. Außerdem ermöglicht die Cloud-Technologie eine unkomplizierte Einbindung von Partnerunternehmen oder Lieferanten. Auch der Einsatz unterschiedlicher Hardware- und Softwarekomponenten wird dadurch simplifiziert, was zusätzlich durch die standardisierten Schnittstellen unterstützt wird.

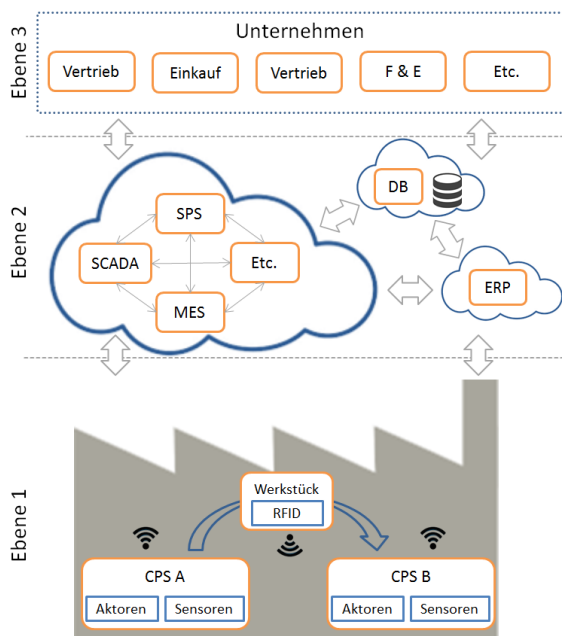


Abbildung 3: Systemarchitektur für Industrie 4.0, in Anlehnung ([3] Andelfinger u.a. 2017)

mationen für die Fertigung und Montage übermitteln. Sensoren nehmen Informationen aus der lokalen Umwelt

KONZEPTION ZUR ANWENDUNG VON INDUSTRIE 4.0 IN EINER LABORUMGEBUNG

Beispielhafter Aufbau eines Labors

Es existieren viele verschiedene Arten von Laboren, die alle einen unterschiedlichen Zweck erfüllen. Im folgenden Abschnitt wird zunächst definiert, welche Art von Labor in diesem Artikel zur Konzepterstellung verwendet wird.

Im Folgenden wird auf ein serologisches Labor bezogen, wie es bei der CSL Plasma GmbH vorzufinden ist. Das Labor hat den Zweck Proben von Plasmaspenden zu testen, die zur Verarbeitung zu Medikamenten verwendet werden. Das Serum wird in Probenröhrchen angeliefert und in zwei verschiedenen Analysegeräten auf unterschiedliche Viren bzw. deren Antikörper getestet. Das Labor besteht aus drei Bereichen: Präanalytik, Analytik und Postanalytik. In der Präanalytik werden die Proben vor Analysen vorbereitet, d. h. empfangen, geschwenkt und geöffnet. In der Analytik werden verschiedene Analysen an den Proben durchgeführt. Bei CSL Plasma sind es insgesamt acht Analysen an zwei verschiedenen Geräten. Hierbei ist ein Gerät für die „Standardtestung“ zuständig, während an dem zweiten Gerät nur Zusatztestungen durchgeführt werden. Nach der Analytik folgt die Postanalytik. Die Proben werden hier nachbehandelt. Darunter fällt beispielsweise eine Kühlagerung und die Entsorgung. Unterstützt wird das Probenmanagement im Labor durch das Laborinformations- und Management-System LabWare LIMS, welches sich auf einem internen Server befindet. Über einen Citrix-Server wird die Anwendung den Labormitarbeitern zur Verfügung gestellt. Die Daten, die aus den Proben in der Analytik erhoben werden, müssen anschließend durch einen Freigabeprozess validiert und daraufhin an andere computergestützte Systeme von CSL Plasma exportiert werden.

Im Labor selbst liegt kein physisches Produkt vor, welches produziert wird. Ein Labor liefert in erster Linie Testergebnisse. Der zentrale Gegenstand in einem Labor sind demnach nicht die Erzeugnisse, also die Ergebnisse, sondern die Proben, aus denen die Ergebnisse gewonnen werden.

Systemarchitektur des Labors

Die Systemarchitektur des derzeitigen Labors ist in Abbildung 4 dargestellt. Im Labor befinden sich drei verschiedene Geräte, die direkt oder über eine Middleware an das LIMS angebunden sind. Die zwei Analysegeräte sind über eine ASTM-Schnittstelle (d.h. gemäß Standarddefinition der American Society for Testing and Materials für den Datenaustausch zwischen Labor-IT-System und Analysegeräten) und der Probensortierer ist über eine FTP-Schnittstelle angebunden. Das LIMS befindet sich auf einem Server im Firmennetzwerk. Auf diesem Server befindet sich auch die LIMS-Datenbank. Die Applikation wird über einen Citrix-Server bereitgestellt und

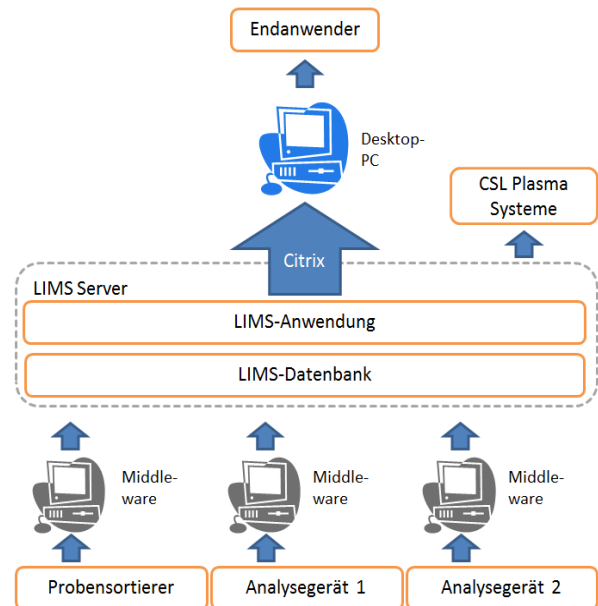


Abbildung 4: Systemarchitektur des derzeitigen Labors

kann somit von den Rechnern im Labor aufgerufen werden, ohne dass eine lokale Installation notwendig ist.

Die Analysegeräte stellen dem LIMS über die Schnittstellen Daten zur Verfügung, z. B. Testergebnisse. Diese werden wiederum vom LIMS über Schnittstellen anderen Systemen bei CSL Plasma bereitgestellt.

Voraussetzungen und Technologien für die Umsetzung von Industrie 4.0

Um ein serologisches Labor nach Industrie 4.0 zu realisieren, müssen gewisse Voraussetzungen erfüllt werden. Deshalb wird folgend festgelegt, welche Anforderungen an ein Labor nach Industrie 4.0 bestehen und welche Technologien angewandt werden. Dies wird bezogen auf das Labor aus dem vorhergehenden Abschnitt und auf Grundlage der Erkenntnisse aus dem Abschnitt zu Industrie 4.0 durchgeführt. Zur Veranschaulichung sind das Labor als CPPS und die neue Systemarchitektur in den Abbildungen 5 und 6 skizziert.

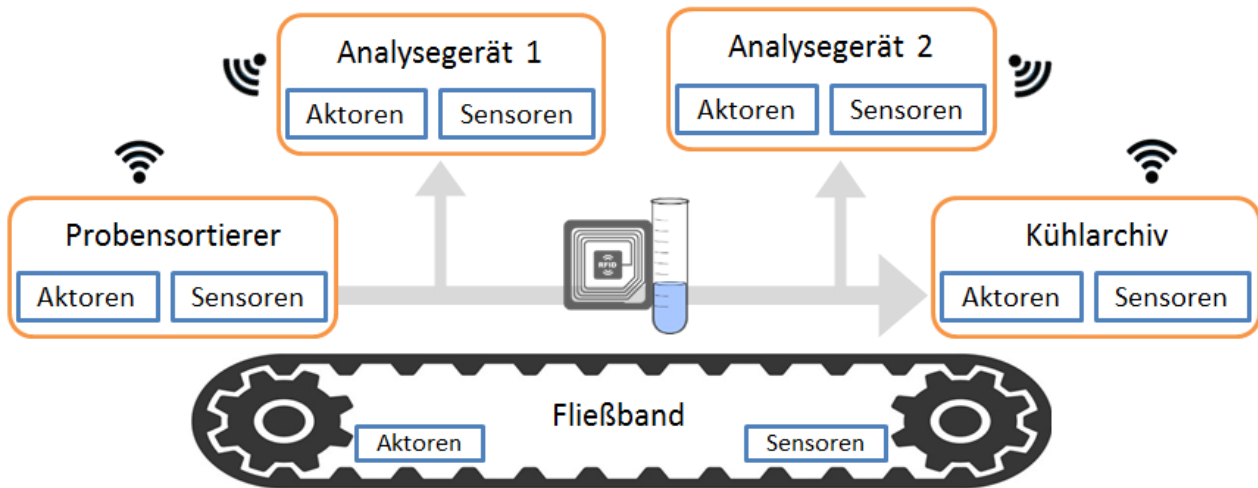


Abbildung 5: Labor als Cyber-physisches Produktionssystem

In dem in Abbildung 3 beschriebenen Modell wird das Werkstück zur Identifizierung mit einem RFID-Chip ausgestattet. Auch die Probe wird mit einem RFID-Chip versehen. Der Chip enthält Informationen über die Probe, die für die Verarbeitung im Labor benötigt werden. Diese sind z. B.

- eine Probenidentifikationsnummer,
- das Datum an dem die Probe erhoben wurde,
- die Analysen, für die Proben durchgeführt werden sollen,
- das Material, welches sich in der Probe befindet und
- das Verfallsdatum der Probe .

Für die Präanalytik benötigt das Labor ein Gerät zum Öffnen und Sortieren der Proben. Die Sortierung muss anhand der Informationen auf dem RFID-Chip durchgeführt werden. Hierzu muss das Gerät mit einem RFID-Scanner ausgestattet sein, um die Daten auslesen zu können.

In der Analytik werden zwei Geräte für die unterschiedlichen Tests benötigt. Die Geräte müssen die erforderlichen Funktionalitäten für die Durchführung der serologischen Testung aufbringen. Weiterhin werden beide Geräte mit einem RFID-Scanner ausgestattet, um die Proben zu identifizieren.

In der Postanalytik wird ein Gerät benötigt, welches die Proben archivieren kann. Das beinhaltet eine sichere und kühle Lagerung. Zudem muss das Gerät in der Lage sein aufgrund empfangener Daten Proben vorschriftsgemäß in gesonderten Behältern zu entsorgen. Auch hier wird zur Identifizierung ein RFID-Scanner benötigt.

Ein zusätzliches Gerät stellt ein Fließband dar, welches sich von der Präanalytik über die Analytik bis zur Postanalytik erstreckt. Das Fließband besitzt die Aufgabe, die Proben über den gesamten Prozess von einem

Gerät zum nächsten zu transportieren, ohne dass ein Mitarbeiter eingreifen muss. An verschiedenen Knotenpunkten müssen RFID-Scanner angebracht werden, um die Proben zu identifizieren und somit die aktuelle Position zu ermitteln und geeignete Transportmaßnahmen zu veranlassen.

Alle Geräte sollen darüber hinaus mit Sensoren und Aktoren ausgerüstet sein, um auf der einen Seite Daten während der einzelnen Vorgänge zu sammeln, und auf der anderen Seite auf Veränderungen reagieren zu können. Zusätzlich benötigt jedes Gerät einen Netzwerkzugang, um alle erhobenen Daten den anderen Geräten und Services via Cloud bereitzustellen. Bei jedem Gerät handelt es sich somit um ein cyber-physisches System. Es liegen dementsprechend fünf CPS vor, die gemeinsam das cyber-physische Produktionssystem darstellen. Durch standardisierte Schnittstellen ist das CPPS zusätzlich modular aufgebaut. Das vereinfacht eine In- oder Außerbetriebnahme neuer CPS oder Services.

Neben dem Labor müssen auch die Systeme gewisse Voraussetzungen erfüllen. Grundsätzlich kann weiterhin ein LIMS oder LIS verwendet werden. Das LIMS wird allerdings als Service in einer Cloud zur Verfügung gestellt. In der Cloud befinden sich ebenfalls die anderen Systeme von CSL Plasma als Services. Auch die LIMS-Datenbank befindet sich in der Cloud. Diese kann entweder als separate Datenbank betrieben oder in eine gemeinsame Datenbank für alle Services integriert werden. Die Cloud muss über eine standardisierte Schnittstelle an das CPPS angebunden werden, um somit die dort erhobenen Daten zu erhalten und Daten den einzelnen CPS zur Verfügung zu stellen. Über eine Applikation greifen die Labormitarbeiter auf die Services von mehreren Endgeräten (Tablets, PCs, Smartphones) zu.

Die anfallenden Big Data können in der Cloud gespeichert und in Services, z. B. LIMS, verwendet werden. Über den Service ist es dem Labormitarbeiter möglich

Ad-hoc-Analysen aufrufen und auch Prozesse direkt anpassen. Außerdem kann Big Data verwendet werden, um „Predictive Maintenance“ anzuwenden. Somit kann der Laborbetrieb aufrecht gehalten werden, da Störungen und Fehlfunktionen präziser vorausgesagt und präventiv behandelt werden.

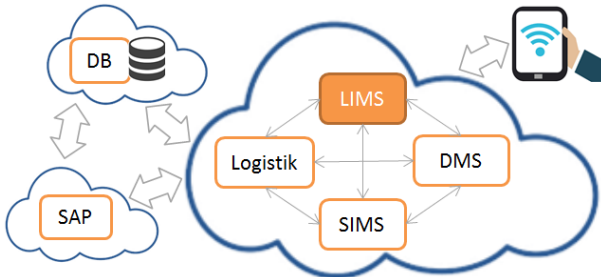


Abbildung 6: Systemarchitektur des Labors nach Industrie 4.0

Automatisierter Laborprozess

Der Prozess beginnt mit der Ankunft der Proben im Labor. Hier werden die Proben manuell auf das Fließband gelegt und direkt über einen Schütteeingang an den Probensortierer übergeben. Dieser meldet der Cloud, dass er Proben erhalten hat. Anschließend werden die RFID-Chips der Proben gescannt und der Cloud wird mitgeteilt, dass die Proben mit der entsprechenden ID im Labor angekommen sind. Jede Probe wird dann nacheinander auf dem Fließband weitergeleitet. Das Fließband gibt seinen aktuellen Status an die Cloud weiter und scannt daraufhin den RFID-Chip der Proben. Die aktuelle Position der Probe wird der Cloud mitgeteilt. Weiterhin wird anhand der Informationen auf dem Chip entschieden, ob die Probe getestet werden muss oder ob es sich um eine nicht zu testende Probe handelt.

Sofern die Probe nicht getestet werden muss, wird sie direkt über das Fließband an das Kühlarchiv weitergeleitet. Muss eine Probe getestet werden, identifiziert ein RFID-Scanner anhand der Daten auf dem RFID-Chip, ob die Probe im Analysegerät 1 getestet werden muss. Wenn keine Anforderung für einen Test im Analysegeräte 1 vorliegt, wird die Probe auf dem Fließband weitergeleitet. Falls eine Anforderung vorliegt, wird über direkte Kommunikation zwischen dem Fließband und dem Analysegerät 1 überprüft, ob die Kapazitäten aktuell ausreichend für eine Analyse sind. Wenn keine Kapazitäten frei sind, wird die Probe ebenfalls auf dem Fließband weitergeleitet. Andernfalls wird die Probe in das Analysegerät 1 transportiert. Die Position der Probe und der Status des Analysegeräts werden der Cloud weitergegeben. Anschließend wird die Analyse durchgeführt. Die erhobenen Daten werden nun in der Cloud gespeichert.

Die Testergebnisse liegen vor und die Probe wird auf das Fließband geleitet. Hier wird der Cloud wieder der Status des Fließbands und die Position der Probe mitgeteilt. Im nächsten Schritt wird wieder der RFID-Chip gescannt. Wenn keine Anforderungen für das Analysegerät 2 vorliegen, bleibt die Probe auf dem Fließband. Muss die

Probe im Analysegerät 2 getestet werden, wird wie zuvor überprüft, ob das Analysegerät freie Kapazitäten hat. Wenn die derzeitige Kapazität nicht ausreicht, verlässt die Probe das Fließband nicht. Sind Kapazitäten verfügbar, wird die Probe an das Analysegerät 2 übergeben. Wieder werden Positionsdaten der Probe und der Status des Analysegeräts an die Cloud weitergegeben. Die Probe wird daraufhin getestet. Die aktuellen Umgebungsdaten und die Daten aus der Testung werden an die Cloud übermittelt.

Für das Analysegerät 2 liegen nun die Testergebnisse vor und die Probe kann wieder an das Fließband übergeben werden. Die Positionsdaten der Probe und der Status des Fließbandes werden der Cloud mitgeteilt. Die Probe hat das Ende des Fließbandes erreicht. An diesem Punkt wird überprüft, ob noch Tests für die Probe vorgesehen sind. Ist das der Fall, wird die Probe wieder auf den Fließbandabschnitt vor dem Analysegerät 1 geleitet. Falls zu diesem Zeitpunkt keinen weiteren Tests ausstehend sind, wird die Probe in das Kühlarchiv geleitet.

Die Probe wird archiviert bzw. eingelagert und daraufhin wird der RFID-Chip gescannt. Der Cloud wird mitgeteilt, dass sich die Probe im Archiv befindet. Außerdem wird überprüft, ob noch Tests ausstehen. Falls noch Analysen für die Probe durchgeführt werden müssen, wird diese wieder auf das Fließband weitergeleitet. Wenn keine Analysen mehr ausstehen wird in der Cloud abgefragt, ob die Probe für die Entsorgung freigegeben ist. Wenn die Probe noch nicht freigegeben ist, wird sie vorerst archiviert. Ist die Probe für die Entsorgung autorisiert, wird sie durch das Kühlarchiv entsorgt und der Cloud wird der Probenstatus mitgeteilt. Anschließend ist der automatisierte Laborprozess beendet.

In Abbildung 7 ist das BPMN-Modell des automatisierten Laborprozess abgebildet. Der Pool stellt das serologische Labor dar. Dieses unterteilt sich in fünf sogenannte Swimlanes: Probensortierer, Fließband, Analysegerät 1, Analysegerät 2 und Kühlarchiv.

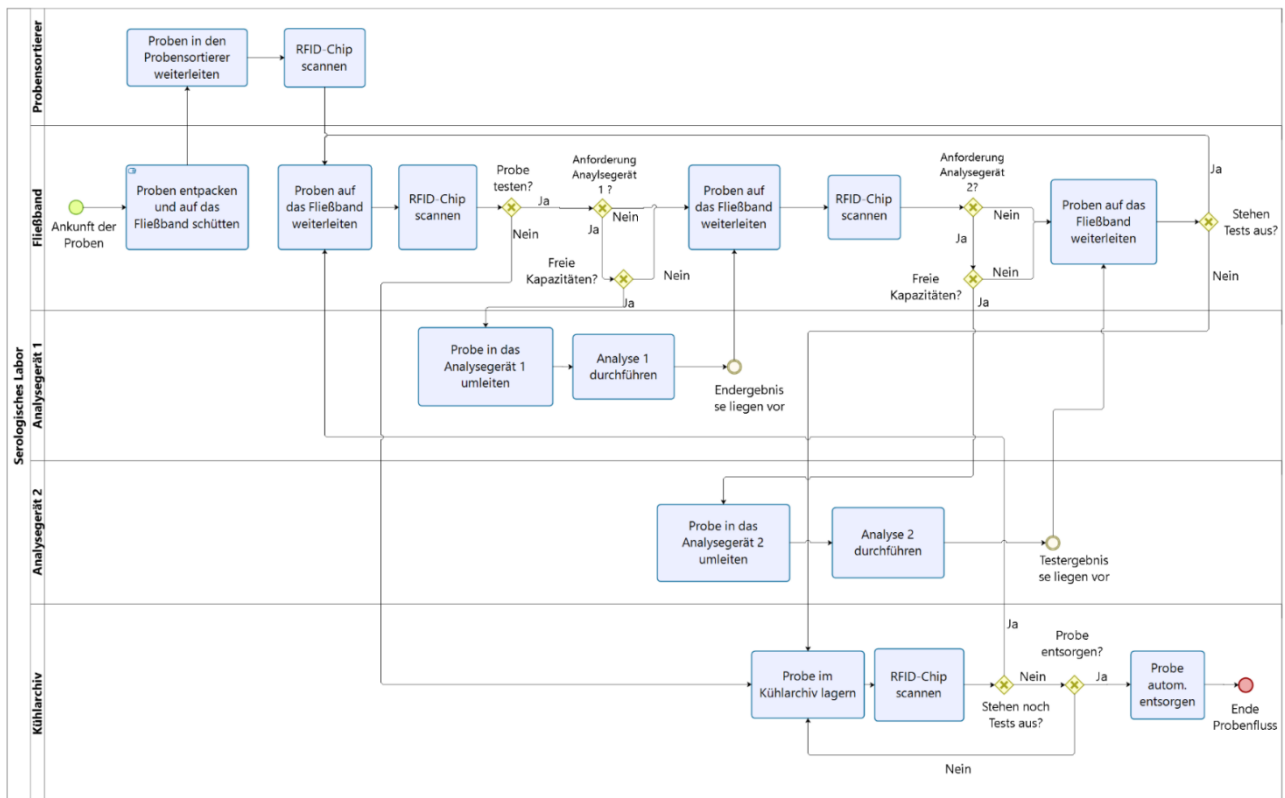


Abbildung 7: Laborprozess nach Industrie 4.0

Gegenüberstellung

Nachdem in den vorhergehenden Abschnitten die zentrale Fragestellung behandelt wurde, werden anschließend der Nutzen und eventuelle Nachteile durch ein Labor nach Industrie 4.0 verdeutlicht. Hierfür werden der Prozess und die Systemarchitektur des serologischen Labors von CSL Plasma mit dem Konzept verglichen.

Zunächst werden die Prozesse untersucht. Im Standardlaborprozess wird deutlich, dass viele Prozessschritte manuell durch den Labormitarbeiter durchgeführt werden. Unter anderem der Probentransport, das Be- und Entladen der Geräte und das Abgleichen einzelner Proben mit Listen aus dem LIMS müssen manuell durchgeführt werden. Diese manuellen Tätigkeiten sind zeitintensiv und insbesondere letztere Aufgabe ist sehr fehleranfällig.

Der vollautomatisierte Laborprozess sieht nur zu Beginn ein manuelles Eingreifen vor. Ansonsten werden alle Aufgaben bezüglich des Transports, der Be- und Entladung und die Entscheidungsfindung selbstständig durch die CPS vorgenommen. Das selbstständige Arbeiten der CPS ist weniger zeitintensiv und minimiert Fehler, da die abzugleichenden Informationen anhand von eindeutigen IDs informationstechnologisch verglichen werden.

Die Systemarchitektur beim Standardlabor ist so aufgebaut, dass das LIMS durchgehend verfügbar ist und ein Datentransfer vom Gerät zum LIMS und vom LIMS zu

den anderen Systemen gewährleistet wird. Die Daten werden allerdings nach einer klaren Hierarchie weitergeleitet. Sie werden zunächst in den Geräten erhoben, dann an die jeweilige Middleware geleitet. Daraufhin werden sie über eine Schnittstelle an das LIMS übertragen. Dieses stellt dann die Daten den anderen Systemen (Logistiksystem, Spendenmanagementsystem) zur Verfügung. Dadurch sind Daten nur zeitverzögert verfügbar. Durch das Bereitstellen über den Citrix-Server ist das LIMS ohne lokale Installation verfügbar. Allerdings kann das LIMS nur über ein Endgerät abgerufen werden mit installiertem Citrix-Receiver. Außerdem ist die Anwendung selbst nicht optimiert für eine mobile Ansicht, was eine problemlose Bedienung nur am PC ermöglicht.

Die Systemarchitektur beim automatisierten Labor ist so aufgebaut, dass die CPS die erhobenen Daten direkt in der Cloud zur Verfügung stellen. Dadurch ist es möglich, dass alle Services direkt auf die Daten zugreifen. Da auch die Services ihre Daten in einer Cloud speichern, können alle Services und CPS in Echtzeit auf alle Daten zugreifen. Das beschleunigt unter anderem Entscheidungsprozesse im Labor. Das Bereitstellen der Services erfolgt über Apps. Realisiert als Web-Applikation sind die Services mit einem Browser über nahezu jedes Endgerät abrufbar. Dadurch sind die Nutzer in der Lage, flexibel Daten abzurufen und sind nicht an feste Geräte für die Nutzung der Services gebunden.

Das Durchführen des Standardprozesses wird zum großen Teil durch den Labormitarbeiter ermöglicht. Dieser führt zwar keine Analysen eigenständig durch, ist aber

durchaus für das Treffen von Entscheidungen verantwortlich. Er nimmt aktiv am Prozess teil und muss in seinen Tätigkeiten auch geschult sein.

Der automatisierte Prozess wird zu kaum einem Zeitpunkt vom Labormitarbeiter beeinflusst. Er startet lediglich den Prozess, indem er die Proben aus den Kartons entpackt. Ansonsten kann der Prozessverantwortliche bei Bedarf einschreiten, was aber prinzipiell nicht notwendig ist.

Es ist zu erkennen, dass sich aus Industrie 4.0 einige Vorteile für ein Labor ableiten lassen. Prozesse sind durch die Automation und die selbstständige Entscheidungsfindung durch die CPS weniger fehleranfällig und zeitsparender. Durch die vertikale und horizontale Vernetzung der Services sind Daten, wie z. B. Testergebnisse, in Echtzeit vorhanden und somit schneller verfügbar. Dadurch können abhängige Prozesse früher starten und präventive bzw. korrigierende Maßnahmen frühzeitig eingeleitet werden. Die Bereitstellung der Services über Web-Applikationen ermöglicht dem Prozessverantwortlichen die Prozesse flexibel von jedem Standort der Welt aus zu steuern. Somit ist dieser nicht an einen festen Arbeitsplatz gebunden und kann seine Arbeit flexibel gestalten. Durch die Automation und die selbstständige Organisation des CPPS werden außerdem weniger Mitarbeiter im Laborbereich benötigt. Das minimiert unter anderem das Unfallrisiko im Labor. Hinzu kommt, dass der Labormitarbeiter selbst keine speziellen Qualifikationen benötigt.

Industrie 4.0 birgt allerdings auch einige Nachteile. Wie aus den Prozessmodellen hervorgeht, ist der Prozess im automatisierten Labor wesentlich komplexer. Zusätzlich wird durch den hohen Automatisierungsgrad und die Verknüpfung aller Komponenten und Services eine höhere Anzahl an technischem Fachpersonal benötigt. Die Cloud enthält als zentraler Datenspeicher ebenfalls Risiken. Die Daten sind in der Theorie global verfügbar. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, dass vertrauliche Firmendaten von externen Personen abgegriffen werden können. Die Daten in der Cloud müssen besonders abgesichert sein gegen Zugriffe von außen. IT-Sicherheit spielt dementsprechend eine größere Rolle im IoT, was wiederum zusätzlichen Aufwand verursacht. Ein letzter Aspekt ist die abnehmende Bedeutung des Laborpersonals. Die Labormitarbeiter hatte zuvor Verantwortung und Entscheidungen wurden selbst getroffen. Im automatisierten Prozess hat der Labormitarbeiter diese Verantwortung nicht mehr und er führt nur simple, sich wiederholende Tätigkeiten aus.

PRAXISBEISPIEL

Der bisher beschriebene Prozess ist ein Konzept für die Umsetzung von Industrie 4.0. Derzeit existieren bereits Lösungen von einigen Geräteherstellern ein vollautomatisiertes Labor umzusetzen. Im folgenden Abschnitt wird ein System von der Firma Roche Diagnostics vorgestellt

werden, welches die vollautomatisierte Testung von Proben in einem serologischen Labor ermöglicht.

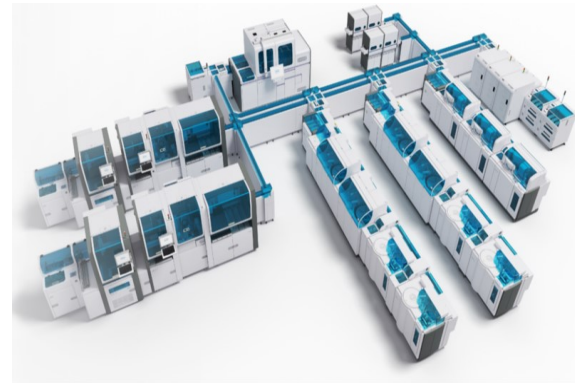


Abbildung 8: cobas® 8100 automated ([22] Roche 2018)

In Abbildung 8 ist das cobas® 8100 System von Roche Diagnostics abgebildet. Es beschreibt eine vollautomatisierte Lösung um Proben mit verschiedenen Analysemethoden zu testen. Das System vereint Präanalytik, Analytik und Postanalytik und ist modular aufgebaut. Für die Präanalytik (linker Teil des Bildes) lassen sich je nach Bedarf die Probenverteiler P512 oder P612 einsetzen. In der Analytik (zentral im Bild) kann ein breites Spektrum an Roche-Analysegeräten verwendet werden. Für die Postanalytik (rechts außen) existieren drei verschiedene Archive, die sich durch ihre Archivierungskapazität und -dauer voneinander unterscheiden. Verbunden sind die Geräte durch ein mehrspuriges Transportband, welches einen bidirektionalen Probentransport zwischen den Geräten ermöglicht. Die Testung erfolgt in jedem Gerät automatisch. Der Mitarbeiter hat trotzdem die Möglichkeit über Zugänge am Gerät manuelle Schritte durchzuführen ([21] Roche 2017).

Die Systemarchitektur des cobas® 8100 Systems baut sich folgendermaßen auf. Jedes modular eingebundene Gerät wird durch seine eigene Middleware gesteuert. Diese ist direkt am Gerät über ein Terminal abrufbar. Hier werden Konfigurationen für die jeweilige Testung durchgeführt. Sind die Geräte bzw. die Terminals in ein Netzwerk eingebunden, können diese auch innerhalb des Netzwerks über eine Remotedesktopverbindung erreicht und konfiguriert werden ([21] Roche 2017).

Das Fließband und der Probenverkehr innerhalb des Systems werden zentral über eine weitere Middleware gesteuert. Roche verwendet hierfür die selbstentwickelte cobas-IT-Middleware. Auch diese ist über ein separates Terminal oder über eine Remotedesktopverbindung innerhalb des Netzwerks verfügbar. Damit die cobas-IT-Middleware einen reibungslosen Probenfluss ermöglichen kann, ist diese mit ASTM- oder HL7-Schnittstellen an die Middleware jedes Geräts angebunden. Zusätzlich kann die cobas-IT-Middleware an ein LIMS angebunden werden, um somit Ergebnisse und Daten zur Testung zu übertragen ([21] Roche 2017).

Roche setzt bereits einzelne Elemente von Industrie 4.0 im cobas® 8100 System um. Das System ist modular aufgebaut, was die Anbindung neuer Komponenten ermöglicht. Prozesse können vollautomatisiert ablaufen, ohne dass Menschen aktiv eingreifen müssen. Das System organisiert sich selbst, indem es Daten auswertet, die innerhalb der Geräte erhoben werden.

Für eine Umsetzung nach Industrie 4.0 müssten am System noch einige Änderungen vorgenommen werden. Zum einen sollten die Geräte direkt miteinander kommunizieren können, ohne dass eine Middleware verwendet werden muss. Die cobas-IT-Middleware sollte nicht als lokale Anwendung verfügbar sein, sondern über eine Cloud-Struktur als Service angeboten werden. Der Service ist wiederum über eine Applikation verfügbar. Dadurch lässt sich der Prozess von mehreren Standorten aus überwachen.

RESULTAT UND ZUSAMMENFASSUNG

Wie eingangs formuliert war Ziel des Artikels, ein Konzept für ein vollautomatisiertes Labor unter Anwendung von Technologien und Prozessen nach Industrie 4.0 zu erstellen. Dies gelang unter anderem indem eine neue Systemarchitektur erarbeitet und auch neue Technologien auf das Labor zugeschnitten wurden. Systeme wie das LIMS werden in dem vorgelegten Konzept in der Cloud als Service angeboten, liefern Echtzeitdaten und sind standortunabhängig erreichbar. Außerdem wurden die CPS im CPPS als Voraussetzung definiert. So kann sich das Labor selbst steuern und die Testung der Proben im Labor vollautomatisch durchgeführt werden.

Weiterhin wurde deutlich, welche Technologien für Industrie 4.0 notwendig sind, wie die Automation durch Software und IT unterstützt wird, und welche Rollen und Aufgaben zu erfüllen sind. Somit liegt ein realisierbares Konzept vor, wie ein Labor nach Industrie 4.0 umgestaltet und optimiert werden kann. Ein weiterer Schritt im Rahmen des digitalen Prozesstransformationsprogramms des Unternehmens ([23] Staufenberg u.a. 2018).

Ausblickend kann man das erarbeitete Konzept für eine Realisierung in Erwägung ziehen und somit zu einer Optimierung eines Laborprozesses beitragen. Beispielsweise kann CSL Plasma das Konzept als Grundlage für eine vollständige oder teilweise Einführung von Industrie 4.0 in das Laborumfeld verwenden. Es kann zunächst die Systemarchitektur angepasst werden, um Applikationen standortunabhängig verfügbar zu machen.

Weiterhin können die derzeitigen Analysegeräte durch fortschrittlichere Geräte ersetzt werden. Hierbei bietet sich unter anderem die Lösung von Roche aus dem vorhergehenden Praxisbeispiel an. Dementsprechend werden durch das Management die Rollen und Verantwortlichkeiten für das Labor neu definiert.

Die Technologien für die Realisierung existieren bereits, dennoch ist eine solche Umsetzung sehr aufwendig und somit eher in kleineren Abschnitten durchzuführen. Besonders Themen bezüglich IT-Sicherheit, die in diesem Artikel außen vor gelassen wurden, spielen hierbei eine große Rolle. Eine eventuelle Realisierung ist demnach zwar zeitintensiv aber möglich, was bedeutet, dass Industrie 4.0 zukünftig auch in einem Laborumfeld bei CSL Plasma angewendet werden kann und sollte.

LITERATUR

- [1] Analytik News (2019): *Laborautomation – Grundlagen*, Online im Internet: URL: <https://analytik.news/Links/Anwendungsgebiete/Laborautomation.html> [Abruf: 14.04.2019].
- [2] Andelfinger, Volker P. und Till Hänisch (2015): *Internet der Dinge – Technik, Trends und Geschäftsmodelle*, 1. Auflage, Springer Vieweg Verl., Wiesbaden.
- [3] Andelfinger, Volker P. und Till Hänisch (Hrsg.) (2017): *Industrie 4.0 – Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern*, 1. Auflage, Springer Vieweg Verl., Wiesbaden.
- [4] Baun, Christian, Kunze, Marcel, Nimis, Jens und Stefan Tai (2011): *Cloud Computing – Web-basierte dynamische IT-Services*, 2. Auflage, Springer-Verl., Berlin, Heidelberg.
- [5] Blum, Florian (2015): *Mit intelligenter Automatisierungstechnik zu Industrie 4.0*, online im Internet, URL: <https://www.fluid.de/unbekannte-kategorien/mit-intelligenter-automatisierungstechnik-zu-industrie-4-0-296.html> [Abruf: 14.04.2019].
- [6] CSL Behring (2018): *Fact-Sheet*, online im Internet: URL: <https://www.cslbehring.de/-/media/shared/documents/factsheet85x11ger.pdf> [Abruf: 14.04.2019].
- [7] CSL Behring GmbH, 35041 Marburg (2013): *Unternehmensbroschüre*, online im Internet: URL: http://www.cslbehring.de/docs/369/30/CSL_Unternehmensbroschüre,0.pdf[Abruf: 22.08.2017].
- [8] CSL Limited, Parkville, Australien (2018): *CSL Limited – 2018 Full Year Results*, online im Internet: URL: <https://www.csl.com/-/media/shared/documents/results/2018-fy-analyst.pdf> [Abruf: 14.04.2019].
- [9] CSL Plasma (2019): *About CSL Plasma*, online im Internet: URL: <https://www.cslplasma.com/about-csl-plasma> [Stand: 07.03.2019].
- [10] DIN IEC 60050-351:2014-09 (2014): *Internationales Elektronisches Wörterbuch – Teil 351: Leittechnik*, Deutsche Norm vom September 2014.
- [11] Fasel, Daniel und Andreas Meier (Hrsg.) (2016): *Big Data – Grundlagen, Systeme und Nutzungspotentiale*, 1. Auflage, Springer Vieweg Verl., Wiesbaden.
- [12] FM – das Logistik-Magazin (2014): *Enabler für Industrie 4.0*, online im Internet: URL: https://www.fm-online.de/PDF/2014/FM_9_14/Software_9.pdf [Abruf: 13.02.2018].

- [13] Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA (2012): *Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik*, online im Internet: URL: https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Kompetenzen/Laborautomatisierung-und-Bioproduktionstechnik/Abteilungsbrochure_Laborautomatisierung_und_Bioproduktionstechnik.pdf [Abruf: 14.04.2019].
- [14] Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE (2019): *Industrie 4.0*, online im Internet: URL: https://www.iese.fraunhofer.de/de/innovation_trends/industrie4_0.html [Abruf: 14.04.2019].
- [15] Gabler Wirtschaftslexikon (2015): *Automatisierung*, online im Internet: URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/automatisierung-27138/version-187010> [Abruf: 14.04.2019].
- [16] Gramling, Carolyn (2016): *Smartphones may soon provide earthquake warnings*, in: Science, online im Internet: URL: <https://www.sciencemag.org/news/2016/02/smartphones-may-soon-provide-earthquake-warnings> [Abruf: 19.04.2019].
- [17] Janiesch, Christian (2019): *Cyber-physische Systeme*, in: Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, online im Internet: URL: <http://www.encyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/cyber-physische-systeme>, GITO Verlag [Abruf: 14.04.2019].
- [18] LIMS (2018): *Grundlagen*, online im Internet: URL: <https://www.lims.de/grundlagen.htm>, IMCOR GmbH, Filderstadt [Abruf: 14.04.2019].
- [19] Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft und aca-tech (Hrsg.) (2013): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*, online im Internet: URL: https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf, S.17 [Abruf: 14.04.2019].
- [20] Reinheimer, Stefan (Hrsg.) (2017): *Industrie 4.0 – Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele*, 1. Auflage, Springer Vieweg Verl., Wiesbaden.
- [21] Roche Diagnostics (2017): *cobas® 8100 automated workflow series – 3-D intelligence in lab automation*, online im Internet: URL: <https://www.roche.de/res/content/7785/cobas-8100-brochure-oct2017.pdf> [Abruf: 14.04.2019].
- [22] Roche Diagnostics (2018): *Vollautomations-Systeme*, online im Internet: URL: <https://www.roche.de/diagnostics/systeme/praeanalytik-postanalytik/vollautomations-systeme.html#cobas-8100-automated-workflow-series> [Abruf: 14.04.2019].
- [23] Staufenberg, Manuel; Nordwald, Benjamin und Harald Ritz (2018): *Entwicklung einer Migrationsstrategie für SAP-Schnittstellen aus SAP Process Orchestration*, in: Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik (AKWI), Nr. 8, online im Internet: URL: <http://akwi.hswlu.ch>, S.28-36 [Abruf: 14.04.2019].
- [24] Welt (2012): *So funktioniert ein RFID-Chip*, online im Internet: URL: https://www.welt.de/print/die_welt/wissen/article109536379/So-funktioniert-ein-RFID-Chip.html [Abruf: 14.04.2019].
- [25] Wirtschaftslexikon24.com (2018): *Automatisierung*, online im Internet: URL: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/automatisierung/automatisierung.htm> [Abruf: 14.04.2019].