

Industrie 4.0 – Chance oder Risiko für die Ablaufsimulation

Industry 4.0 – Chance or Risk for Material Flow Simulation

Gottfried Mayer, Marielouise Mieschner, BMW AG, München (Germany),
gottfried.mayer@bmw.de, marielouise.mieschner@bmw.de

Abstract: The federal initiative industry 4.0 has led to a considerable movement in digitization. That will also have an impact on the digital factory. How will this change affect the material flow simulation? Is it an opportunity to increase the importance or is it a risk to become less important? This article examines both aspects and gives an overview of possible risks and chances.

1 Motivation

Die Bundesinitiative Industrie 4.0 hat viel Bewegung in die Themen der Digitalisierung gebracht. Der Begriff geht auf die Forschungsunion der deutschen Bundesregierung zurück, eingeschlossen in ein Projekt der Hightech-Strategie der Bundesregierung (vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2013). Hiermit soll die vierte industrielle Revolution, nach der Mechanisierung, der Fließproduktion und der Elektrifizierung bzw. Automatisierung, herbeigeführt werden.

Die Initiative lässt sich in vier Organisationsprinzipien einteilen:

- **Vernetzung:** Alle Komponenten der Produktionsprozesse, nicht nur die Steuerungs- bzw. Regelungstechnik, sind miteinander vernetzt und können über das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) untereinander sowie mit den Menschen kommunizieren.
- **Informationstransparenz:** Die bereits vorhandenen Daten werden durch Sensordaten ergänzt und erweitern somit die Modelle der digitalen Fabrik. Es entsteht ein virtuelles Abbild der Fertigung, der sogenannte digitale Zwilling (Digital Twin). Die Fülle der Daten wird über Methoden der Big Data Analytics beherrscht und ermöglicht neben einem genauen Abbild auch Voraussagen zu Problemen oder Störungen (vorbeugende Instandhaltung, Predictive Maintenance). Modelle der Fertigung können als digitaler Schatten betrieben werden, d. h. sie laufen parallel zum Fertigungsprozess und verhalten sich exakt gleich.
- **Technische Assistenz:** Mit Hilfe von digitalen Methoden werden Menschen unterstützt, fundierte Entscheidungen zu treffen bzw. Probleme schneller zu beheben (Unterstützung durch Virtual Reality bzw. Augmented Reality). Des Weiteren

können schwere oder gefährliche Arbeiten physisch unterstützt werden, z. B. durch kooperierende Roboter oder Exoskelette.

- Dezentrale Entscheidungen: Cyberphysische Systeme treffen eigenständige Entscheidungen (Künstliche Intelligenz, KI), um die Aufgaben der Produktion autonom zu erledigen. Nur in Ausnahmefällen oder bei extremen Ereignissen übertragen sie die Entscheidung an die nächsthöhere Instanz.

Obwohl es keine genauen Definitionen gibt und das Thema viel Spielraum für Interpretationen lässt, wird Industrie 4.0 vor den Gewerken der digitalen Fabrik keinen Halt machen und hier Änderungen veranlassen (vgl. Bracht et al. 2011). Für jede Disziplin wird es Chancen und Risiken geben, die hier für die Ablaufsimulation genauer betrachtet werden.

2 Chancen

Eines der größten Probleme der Ablaufsimulation ist die Bereitstellung der Basisdaten. Oft müssen Annahmen getroffen werden, weil die Daten nicht in der nötigen Menge oder Qualität vorliegen (vgl. Wenzel et al. 2008). Dies könnte sich mit dem Grundsatz der Informationstransparenz signifikant ändern. Nicht nur genauere Daten, sondern auch bessere und gezieltere Auswertemöglichkeiten können hier nützlich sein. Durch den Einsatz von zusätzlicher Sensorik werden genauere Aussagen über die Verfügbarkeit von einzelnen Komponenten, wie z. B. Robotern oder Schweißzangen, möglich sein. Dieser Informationshub wird zu erkennen geben, ob gleiches Equipment unterschiedlicher Hersteller oder unterschiedlicher Bauart unterschiedliches Verhalten zeigt. Da nicht nur das Equipment selbst, sondern auch der Standort oder der Wissensstand der Instandhaltung Einfluss auf die Verfügbarkeitswerte der einzelnen Komponenten haben, können hier auch Daten für diese Faktoren gewonnen werden. In der Realität fehlende Kombinationen können aus den vorhandenen Daten abgeleitet bzw. interpoliert werden. Durch diesen Informationsgewinn wird es möglich, Anlagen komponenten- und standortabhängig zu planen und zu simulieren und somit das passende Produktionskonzept für die gegebenen Rahmenbedingungen zu planen und zu realisieren.

Durch gezielte Datensammlung in sogenannten Data Lakes werden benötigte Daten jederzeit und vollständig zur Verfügung stehen. Durch die Methoden der Big Data Analytics kommt zur Datensammlung und Bereitstellung noch die Möglichkeit dazu, Massendaten gezielt auszuwerten und zu komprimieren. Ziel ist es hier, einen geschlossenen Kreis (Closed Loop) zu schaffen (Abb. 1), sodass Daten aus der Fertigung wieder gezielt in die Planung einfließen können. Ein exaktes Datenabbild wird auch bei der Verifikation und Validierung des Simulationsmodells sowie dessen Ergebnissen helfen (zu den Begriffen Verifikation und Validierung vgl. Rabe et al. 2008).

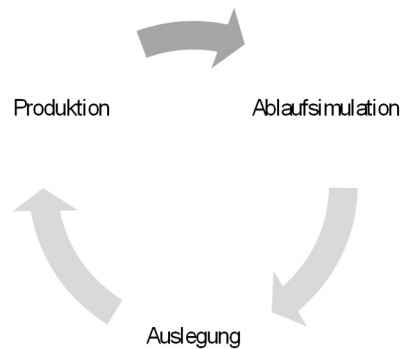


Abbildung 1: Closed Loop für Daten

Dieser Closed Loop Ansatz geht auch mit der Methodik der kontinuierlichen Verbesserung (KVP) einher. Hier wird der PDCA-Zyklus (Plan/Do/Check/Act) verwendet, der sogenannte Shewhart-Zyklus oder auch Demingkreis (vgl. Shewhart 1980). Dieser ist hier zwar dreiphasig, lässt sich aber einfach übertragen:

- Plan steht für die Planung in der Ablaufsimulation.
- Do steht für die Umsetzung in der Produktion/Fertigung.
- Check steht für die Rückführung der Daten in die Planung/Ablaufsimulation.
- Act steht wiederum für die Überplanung bzw. Absicherung der Planung mit den realen Daten.

Eine bessere Datengrundlage wird die Basis für maschinelles Lernen sein, mit dem sich Abläufe innerhalb der Fertigungsbereiche besser verstehen und dadurch abbilden lassen. Eine Kopplung dieser Ergebnisse mit der Ablaufsimulation ergibt genauere Modelle und somit genauere Ergebnisse. Auch ein Simulationsmodell als Grundlage für Lernen an einem zukünftigen System ist vorstellbar, womit ein zukünftiger Wissensstand generiert werden kann, der direkt in der Fertigung anwendbar ist.

Durch die Ziele von Industrie 4.0 werden sich die Abläufe innerhalb der Produktion signifikant ändern. Dezentrale Entscheidungen werden einen neuen Komplexitätshub für die Planung der Produktionssysteme auslösen. Der Einsatz von selbstfahrenden Fördersystemen, die sich frei in der Produktionshalle bewegen können und nicht mehr starr verkettet sind, führt dazu, dass diese Systeme nicht mehr diskret abbildbar sind. Gleiches gilt für Produkte, die ihren Fertigungszustand kennen und wissen, welche Produktionsschritte fehlen bzw. als nächstes benötigt werden.

Dies wird eine Steigerung der Flexibilität innerhalb der Fertigung bringen, aber auch Verständnisprobleme innerhalb des kompletten Systems. Hier kann die Ablaufsimulation ein gutes Hilfsmittel sein, um diese gestiegene Komplexität zu veranschaulichen.

Daraus ergeben sich weitere Anwendungsbereiche auch für die Emulation. In der Emulation werden die Steuerungssysteme abstrahiert abgebildet, können aber vollständig mit den übergeordneten Steuerungssystemen, wie z. B. einem Lagerverwaltungsrechner, kommunizieren. Hierfür müssen dann auch nicht mehr alle Steuerungen im Detail bekannt sein, was oft sowieso nicht möglich ist, wenn diese verschlüsselt

eingekauft werden. Die Steuerungen werden direkt an die Simulation angekoppelt, und das Gesamtverhalten der Fertigung wird gegenüber den Detailsteuerungen emuliert.

Das Ansinnen der Informationstransparenz wird in den bereits oben erwähnten digitalen Zwillingen enden. Hier wird es ein exaktes digitales Abbild der realen Fertigung in den Planungs- und Simulationssystemen geben. Die Ablaufsimulation kann hier z. B. verwendet werden, um die übergeordneten Steuerungssysteme oder auch die lokale Steuerung abzubilden. Dazu ist es notwendig, die Ablaufsimulation mehr in die digitale Fabrik zu integrieren und gegebenenfalls die Interoperabilität mit anderen Methoden der digitalen Fabrik oder auch neuen Methoden, initiiert durch Industrie 4.0, zu verbessern (vgl. Mayer und Pöge 2013).

3 Risiken

Die voranschreitende Digitalisierung bietet nicht nur Chancen für die Ablaufsimulation, sondern birgt auch Risiken.

Ein großes Thema ist die lange Zeitdauer, die für eine Simulationsstudie benötigt wird. Zwar hat sich die Dauer in den letzten Jahren, bedingt durch schnellere Simulationshardware, Optimierungen (Mayer et al. 2012; Mayer und Mieschner 2015) und Standardisierungen (Mayer und Pöge 2010), schon signifikant verkürzt, aber agile Sprints im Zweiwochentakt, wie in der Softwareentwicklung, sind aktuell nur schwer zu halten. Da die Dauer einer Simulationsstudie nicht alleine von der Experimentphase abhängig ist, helfen auch hier Cloud-Lösungen nur bedingt. Sie ermöglichen zwar, viele Simulationsläufe parallel abzuarbeiten, aber die vorgelagerten und nachgelagerten Punkte aus dem Vorgehensmodell (Abb. 2) werden nur wenig beeinflusst. Im Vorgehensmodell ist durch Cloud-Computing-Lösungen nur die Experimentdurchführung betroffen.

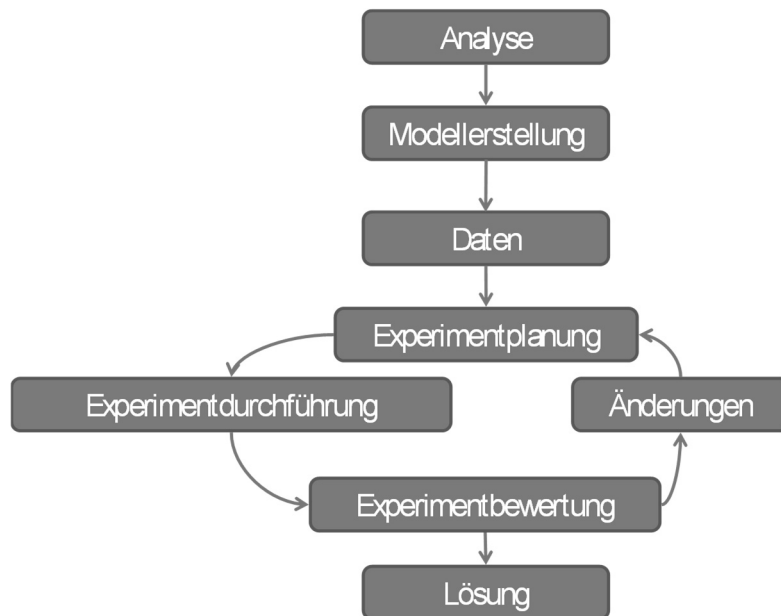


Abbildung 2: Vorgehensmodell für Ablaufsimulationsstudien nach AssistSim/EDASim (in Anlehnung an Mayer et al. 2012, S. 175)

Eine Umfrage, die im VDA (Verband der Automobilindustrie) durchgeführt wurde, zeigt allerdings, dass der meiste Aufwand einer Simulationsstudie nicht in der Experimentdurchführung liegt (vgl. Abb. 3 sowie Mayer und Pöge 2013).

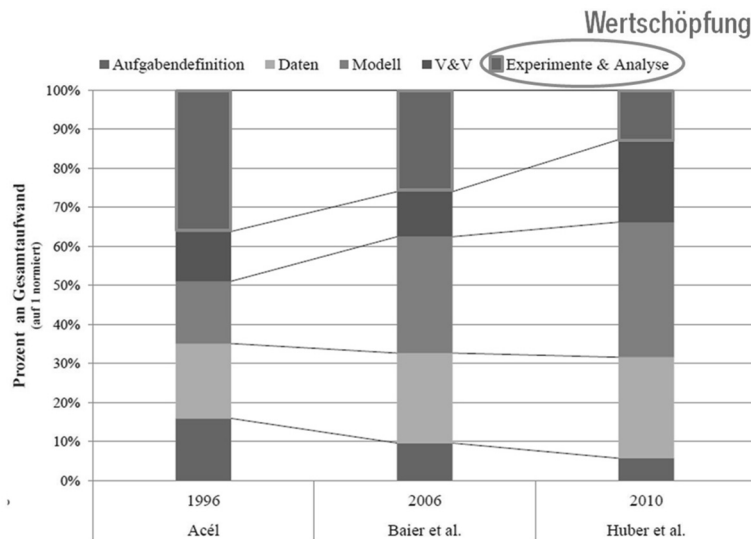


Abbildung 3: Aufwand bei Simulationsstudien (Huber und Wenzel 2011, S. 29)

Hier zeigt sich, dass die Aufwände für Datenbereitstellung und -aufbereitung (in der Abbildung „Daten“), für Modellerstellung (in der Abbildung „Modell“) sowie für die Validierung und Verifikation (V&V) des Simulationsmodells in den letzten Jahren im Gegensatz zu denen der Aufgabendefinition und Experimentdurchführung gestiegen sind. Hier kann zwar der Industrie 4.0-Grundsatz der Datentransparenz positive Effekte erzielen, aber ohne automatisierte Modellerstellung sowie Validierung und Verifikation werden die agilen Ziele nicht erreicht werden können.

Qualitativ bessere Daten könnten auch der mathematischen Optimierung dienen, die gegenüber der Ablaufsimulation den Vorteil hat, dass bei einer guten Datenanbindung /Datenbereitstellung und einem vorhandenen Modell und definierten Zielfunktionen gleich direkte Aussagen „on the fly“ möglich sind. Modelle könnten aus dem digitalen Zwilling, der dem exakten Abbild der Fertigung entspricht, direkt extrahiert und in ein mathematisches Modell überführt werden.

Durch die Bereitstellung von Massendaten und automatisch erzeugten mathematischen Modellen wird es zukünftig möglich sein, die Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) zu nutzen, um aus der Vergangenheit, also den mitprotokollierten Realdaten, sowie der Zukunft, also den Ergebnissen der Optimierungsmodelle, zu lernen. Dies würde zu einer selbstlernenden und sich selbst optimierenden Fertigung führen. Hier ist im ersten Schritt die Ablaufsimulation zur Validierung und Verifikation der Ergebnisse nötig. Ist dieser Schritt abgeschlossen, könnte sie aber an dieser Stelle obsolet sein, da ein validiertes mathematisches Modell schneller zu Ergebnissen führt.

Auch die Informationstransparenz stellt ein Risiko für die klassische Ablaufsimulation dar. Wenn alle Systeme in digitalen Zwillingen verfügbar sind, sogar bis hinunter in die lokale Steuerung wie z. B. dem SPS-Code (Speicherprogrammierbare Steuerung) oder dem Roboterprogramm, dann können Änderungen in der Produktion direkt in diesen Abbildern getestet und optimiert werden. Dies hat den Vorteil, dass die Änderungen an der Software direkt auf die Produktion übertragen werden können. Änderungen werden hier direkt von den zuständigen Experten durchgeführt und abgesichert, sodass auch keine weiteren Zwischenschritte oder Kommunikationen nötig sind. Die Abstraktion der Fertigungsschritte in der Ablaufsimulation ist für Integrationsprojekte nicht notwendig, da der digitale Zwilling bereits ein detailliertes Abbild der Fertigung enthält.

Neue Fertigungsverfahren werden es ermöglichen, dass Produkte oder auch Beförderungssysteme mit Produktionszellen dezentral kommunizieren. Somit wird eine übergeordnete Steuerung auf ein Minimum reduziert und die eigentliche Bewegung der Teile oder Produkte in der Fabrikhalle basiert auf Begebenheiten in der Produktion. Die freie Bewegung in der Fabrikhalle hängt dann davon ab, wie sich Logistik, Produktion und Menschen in der Halle bewegen. Die Absicherung eines solchen Systems mit Hilfe der Ablaufsimulation wird schwer möglich sein, da die Varianten der Eingangsdaten nahezu unendlich erscheinen.

Durch Vernetzung, Informationstransparenz sowie der Möglichkeit, dass dezentrale Entscheidungen direkt durch oder am Bauteil getroffen werden können, wird es auch möglich sein, die Fertigung „smarter“, also intelligenter hinsichtlich der Verbrauchswerte wie Strom oder Druckluft, zu gestalten. Da z. B. Trafostationen oder Druckluftkompensatoren für die maximale benötigte Leistung ausgelegt werden müssen, können dezentral geregelte Fertigungsverfahren die Last verteilen und somit

zu Einsparungen führen. Dies ist aktuell mit der Ablaufsimulation nur schwer abbildbar und benötigt einen wesentlich höheren Detaillierungsgrad, der wiederum für die Abbildung in digitalen Zwillingen spricht. Im digitalen Zwilling ist die Detaillierung bis auf die Steuerungsprogramme und Komponentenbewegungen runtergebrochen. So ist dann auch eine Kommunikation der Steuerungen untereinander, abhängig vom aktuellen Zustand der Anlage, möglich.

Ein weiterer Punkt, der gegen die derzeitig durchgeführte Ablaufsimulation spricht, ist das Thema vorbeugende Instandhaltung (Predictive Maintenance). Durch die frühzeitige Erkennung von Verschleiß oder anderen Problemen der Produktionskomponenten werden sich die Verfügbarkeitswerte dieser Komponenten signifikant verbessern. Durch die kontinuierliche Verbesserung werden die Kennwerte der Komponenten nicht mehr konstant sein. Da diese Werte eine wichtige Eingangsgröße für die Ablaufsimulation sind, wird hier keine konstante und belastbare Datengrundlage mehr vorliegen.

Ein großes Problem der aktuellen Simulationswerkzeuge ist die zum Teil fehlende Offenheit. Die Entwicklungen und die Veränderungen in der Produktion, induziert durch Industrie 4.0, schreiten teilweise schneller voran, als die Softwarehersteller reagieren können. Somit laufen die Werkzeuge Gefahr, obsolet zu werden, da sie die neuen Produktionsprozesse nicht mehr abbilden können. Auch eine geforderte Interoperabilität mit anderen Simulationswerkzeugen ist oft nicht gegeben.

4 Ausblick

Industrie 4.0 ist ein derzeit noch recht junges Thema, aber ein sehr agiles. Eine definitive Aussage, was und wie sich die Methoden der Ablaufsimulation ändern werden bzw. müssen, ist derzeit nicht möglich. Es bestehen Chancen und Risiken für das Thema. Wägt man beide Seiten gegeneinander ab, besteht die Gefahr, dass die Ablaufsimulation obsolet wird, wenn sich die Simulationswerkzeuge nicht mitentwickeln.

Der entscheidende Punkt wird die Anpassungsgeschwindigkeit der Software an die aufkommenden Anforderungen sein. Diese muss steigen, um die Ablaufsimulation als Baustein der Industrie 4.0 und des digitalen Zwillings zu befähigen. Neue Methoden und Techniken erfordern neue Absicherungsmöglichkeiten. Anbindungen an neue Methoden, z. B. für Big Data und Data Lakes, sind nötig, um die Vorteile von Industrie 4.0 nutzen zu können. Auch werden Schnittstellen und Interoperabilität mit anderen Werkzeugen nötig sein, um den Wandel, der bevorsteht, mitgestalten zu können.

Literatur

- Bracht, U.; Geckler, D.; Wenzel, S.: Digitale Fabrik - Methoden und Praxisbeispiele. Berlin: Springer 2011.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung: Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Berlin 2013.
- Huber, L.; Wenzel, S.: Trends und Handlungsbedarfe der Ablaufsimulation in der Automobilindustrie. *Industrie Management* 27 (2011) 5, S. 27-30.
- Mayer, G.; Mieschner, M.: Geführte Assistenz für Ablaufsimulationsprojekte. In: Rabe, M.; Clausen, U. (Hrsg.): *Simulation in Produktion und Logistik 2015*. Stuttgart: Fraunhofer IRB 2015, S. 605-612.
- Mayer, G.; Pöge, C.: Auf dem Weg zum Standard – Von der Idee zur Umsetzung des VDA Automotive Bausteinkastens. In: Zülch, G.; Stock, P. (Hrsg.): *Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation, Personal*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 29-36.
- Mayer, G.; Pöge, C.: Quo vadis Ablaufsimulation – Eine Zukunftsvision aus Sicht der Automobilindustrie. In: Dangelmaier, W.; Laroque, C.; Klaas, A. (Hrsg.): *Entscheidungsunterstützung von der Planung bis zur Steuerung*. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe 2013, S. 11-19.
- Mayer, G.; Spieckermann, S.; Wenzel, S.: Steigerung der Produktivität in Simulationsstudien mit Assistenzwerkzeugen. *ZWF* 107 (2012) 3, S. 174-177.
- Rabe, M.; Spieckermann, S.; Wenzel, S.: *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer 2008.
- Shewhart, W.: *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. Milwaukee: ASQ Quality Press 1980.
- Wenzel, S.; Weiß, M.; Collisi-Böhmer, S.; Pitsch, H.; Rose, O.: *Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer 2008.