

11.15 Aktueller Stand und Perspektiven der Logistiksimulation

von Dirk Wortmann

11.15.1 Einführung

Seit nunmehr gut 20 Jahren wird die Simulation zur Absicherung geplanter sowie Optimierung bestehender Logistiksysteme eingesetzt. Der Fokus lag bislang auf der Unterstützung bei der Strukturplanung und Ausarbeitung von Steuerungsstrategien. Aufgrund der rasanten Weiterentwicklung der Computertechnologie hat sich das Einsatzspektrum der Simulation schon längst auf den operativen Betrieb eines Logistiksystems erweitert, z.B. die Simulation eines Tagesprogramms zur Disposition von Ressourcen oder Festlegung von Auftragsreihenfolgen. Aktuelle Entwicklungen beschäftigen sich mit dem Test von Steuerungssoftware, beispielsweise Lagerverwaltungssoftware oder Materialflusssteuerungssysteme, mit Hilfe eines Simulationsmodells. Dabei liegen die wesentlichen Vorteile in der Möglichkeit, risikolos und zeiteffizient verschiedene Szenarien zu testen, sie im Fehlerfall hundertprozentig zu reproduzieren und so bereits vor Inbetriebnahme der Software auf der Baustelle einen umfangreichen Test des Systems durchzuführen mit dem Effekt einer deutlich verkürzten Inbetriebnahmezeit und einem fehlerarmen Anlauf.

**Erweitertes
Einsatzspektrum**

Ein zweiter Trend zeichnet sich in der Fertigungsindustrie ab: die Digitale Fabrik. Das heißt die Verknüpfung verschiedener Simulations- und Informationstechnologien hin zu einem Werkzeug, das als zentraler Informationsspeicher über den gesamten Planungsprozess fungiert.

Digitale Fabrik

Und schließlich lässt sich ein weiterer Trend beim Einsatz der Simulation in der Entwicklung von Lieferstrukturen sowie im operativen Supply Chain Management feststellen. Die Ursache dafür liegt in der steigenden Komplexität von Logistiknetzwerken sowie in der hohen Dynamik verschiedener Faktoren, die die Gesamtleistung eines Logistiknetzwerkes bestimmen.

**Supply Chain
Management**

11 Realisierung von Logistikprojekten

11.15 Aktueller Stand und Perspektiven der Logistiksimulation

11.15.1 Einführung

11.15.2 Einsatzbereiche und Nutzeneffekte von Simulationen

11.15.2.1 Die Absicherung der Planung – die klassische Aufgabe der Simulation

Die erste Frage zu einer Simulation ist oft die Frage nach dem Nutzen. Der Nutzen einer Simulation lässt sich im Vorfeld verständlicherweise nicht genau abschätzen. Entscheidend ist jedoch, dass man sich des Risikos bewusst ist, einen Logistikprozess, so klar er auch auf dem Papier erscheinen mag, ohne eine detaillierte Prüfung durch eine Simulation zu installieren. Anhand der Simulation wird der Anlaufprozess virtuell vorweggenommen. Man sammelt Prozessenerfahrungen, die dann in die Steuerung des Realprozesses eingebracht werden können. Für entstehende Probleme kann noch am Schreibtisch eine Lösung erarbeitet und wiederum per Simulation geprüft werden, die dann in Realität zur Anwendung kommt. Führt man diese Optimierungsschleife nicht virtuell, sondern erst mit Anlauf des realen Prozesses aus, sind signifikant höhere Kosten zu erwarten. Zudem müssen adhoc-Entscheidungen ohne die Möglichkeit einer virtuellen Prüfung gefällt werden. Damit begibt man sich teilweise auf ein sehr aufwändiges und teures Experimentierfeld.

Virtuelle
Optimierungsschleife

Ein Beispiel soll die Problematik besser verdeutlichen: Im Rahmen des Anlaufprozesses wurde der Zielwert der Anlaufkurve innerhalb der ersten drei Wochen um ca. eine Tagesproduktion verfehlt. Wesentliche Ursache: logistische Probleme. Folge: Ausgleich des Rückstands durch teure Wochenendschichten. Eine Simulation hätte den Engpass vorab transparent machen können. Die Zielabweichung wäre deutlich geringer ausgefallen. Die Kosten der Simulation hätten einen Bruchteil der real auftretenden Kosten durch die zusätzlichen Schichten betragen. Wägt man nun das Risiko der Investition in die Simulation gegen das reale Prozessrisiko ab, so wird die Entscheidung in den meisten Fällen für die Simulation fallen.

Investitionsrisiko der
Simulation geringer
als Prozessrisiko

Die Simulation in der Planung eines Logistiksystems stiftet zudem bereits zu Beginn eines Simulationsprojektes Nutzen, indem sie den Planer zwingt, alle Abläufe im Detail zu definieren sowie sämtliche Rahmendaten (vgl. Abb. 1) und Parameter festzulegen. Allein aus diesem Zwang heraus treten in vielen Fällen Erkenntnisse zutage, die den Prozess signifikant beeinflussen.

Das auf der Prozessdefinition basierende Simulationsmodell gibt den Planern die Möglichkeit, verschiedene Szenarien zu untersuchen, z.B.:

Untersuchung ver-
schiedener Szenarien

- Wie verhält sich das System unter Spitzenlast?
- Welchen Einfluss haben Störungen?
- Wie wirken sich Parameteränderungen auf die Gesamtleistung aus?
- Welche Engpässe ergeben sich bei geänderten Rahmenbedingungen, z.B. Auftragsstrukturen, Produktionsprogramm?

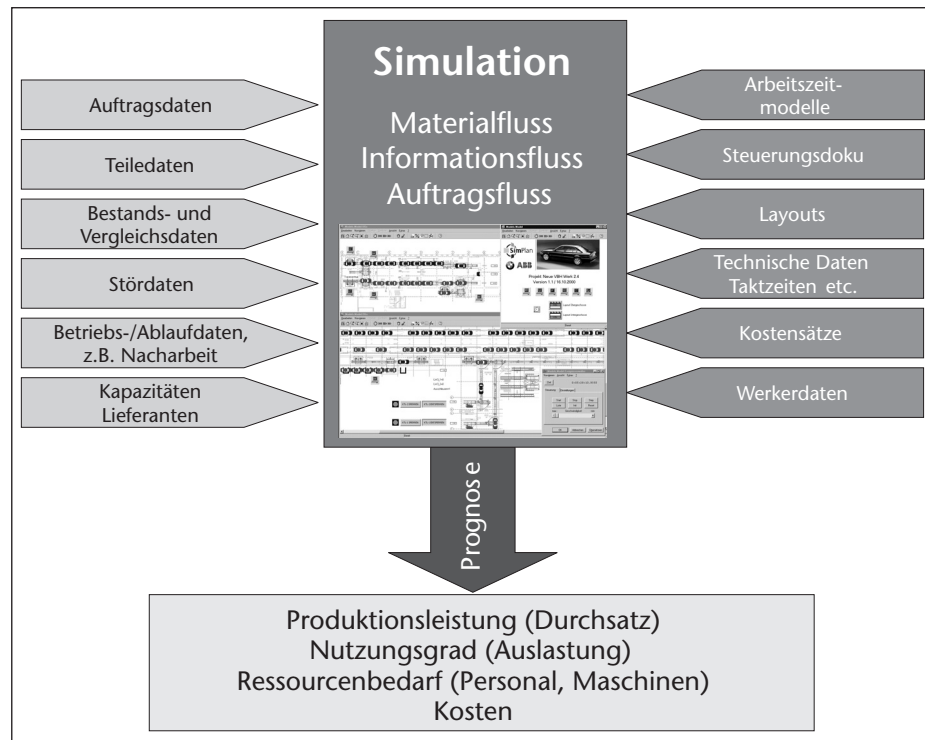


Abb. 1: Eingangsgrößen und Ergebnisse der Simulation

3D-Animationen Anschauliche 2- oder 3D-Animationen verschaffen nicht nur Simulationsexperten Transparenz über den Prozess. Auftretende Probleme können schnell erfasst werden.

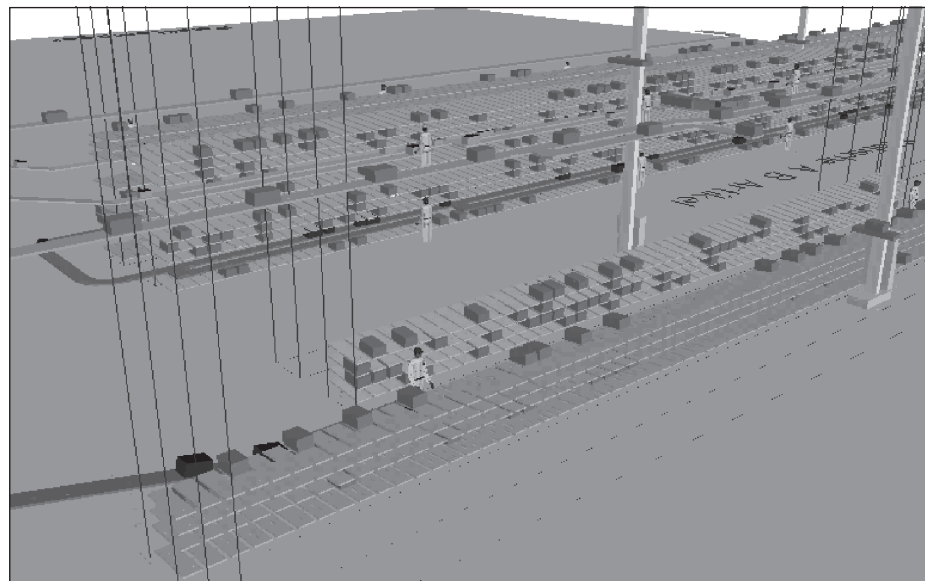


Abb. 2: 3D-Animation eines Kommissionierlagers

11.15.2.2 Unterstützung von Realisierung und Anlauf per Simulation

Neben den Nutzeneffekten in der Planung bietet die Simulation klare Vorteile in der Realisierung und im Anlauf eines Logistiksystems. Die dynamische Ablaufsimulation ist eine hervorragende Ergänzung der Prozessdokumentation. Das Modell beinhaltet bereits Steuerungsstrategien, die auf die reale Steuerungssoftware übertragen werden müssen. Der Softwarelieferant kann sich sehr eng an dem Modell orientieren. Und das geht noch einen Schritt weiter: Das Modell dient als Testumgebung für Steuerungssoftware.

Da der Softwarelieferant meist der Letzte in der Kette der Lieferanten eines neuen Logistiksystems ist, steht er unter besonderem Zeitdruck. Das führt dazu, dass nur noch ein Bruchteil aller eigentlich erforderlichen Tests durchgeführt werden. Dynamische Tests, z.B. zum Verhalten der Software unter bestimmten Bedingungen, sind oft gar nicht oder mit großen Aufwand unter Erzeugen dieser Bedingungen in der realen Anlage möglich. Das Reproduzieren von Zuständen ist kritisch.

Ein entsprechendes Simulationsmodell bietet dem Softwarelieferanten ausgezeichnete Möglichkeiten:

Möglichkeiten des Simulationsmodells

- Test der übergeordneten Steuerungssoftware auf logische Richtigkeit, Entwicklungsunterstützung
 - Übergeordnete Steuerungsstrategien
 - Routingtest
 - Daten-, Schnittstellen- und Telegrammtest
- Test unabhängig von der realen Anlage
- Überprüfung der Software bei Extrembedingungen, z.B. Überlastung
- jede Situation kann innerhalb von Minuten erzeugt und auch exakt wiederholt werden
- Optimierung der Abläufe im Zusammenspiel von Steuerungsebene und physischer Ebene
- Verkürzen der Inbetriebnahmezeiten, Vermeiden der ineffektiven Fehlersuche auf der Baustelle
- risikoloser Test von Änderungen parallel zum laufenden Betrieb

Das heißt, die Software wird getestet, bevor das zu steuernde System überhaupt existiert. Damit können bereits im Vorfeld umfassende Tests durchgeführt werden. Kommt die Software schließlich zum Einsatz, wurde bereits ein Großteil der Fehler eliminiert. Folge: eine fehlerarme und schnelle Inbetriebnahme und Anlaufphase.

Fehlerbeseitigung im Vorfeld

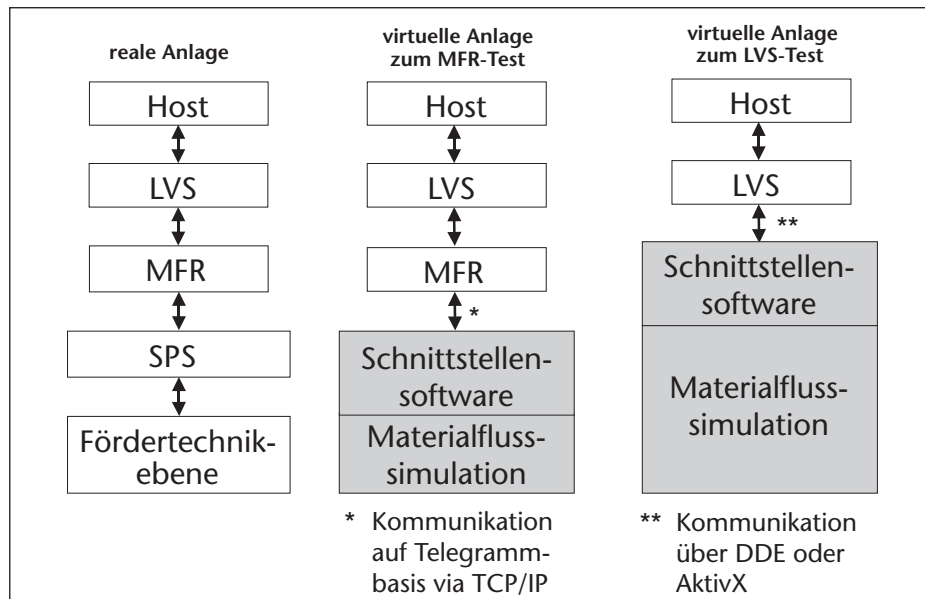


Abb. 3: Simulation als Testumgebung für Steuerungssoftware

11.15.2.3 Die operative Planung mit Hilfe von Simulation

Erstellung von Prognosen

Während des operativen Betriebs eines Logistiksystems kann die Simulation Entscheidungen, z.B. über den Ressourceneinsatz, unterstützen. Ist das Simulationsmodell in die betriebliche Informationsstruktur eingebunden, so können auf Basis aktueller Daten Prognosen über das Systemverhalten unter vorgegebenen Bedingungen erstellt werden.

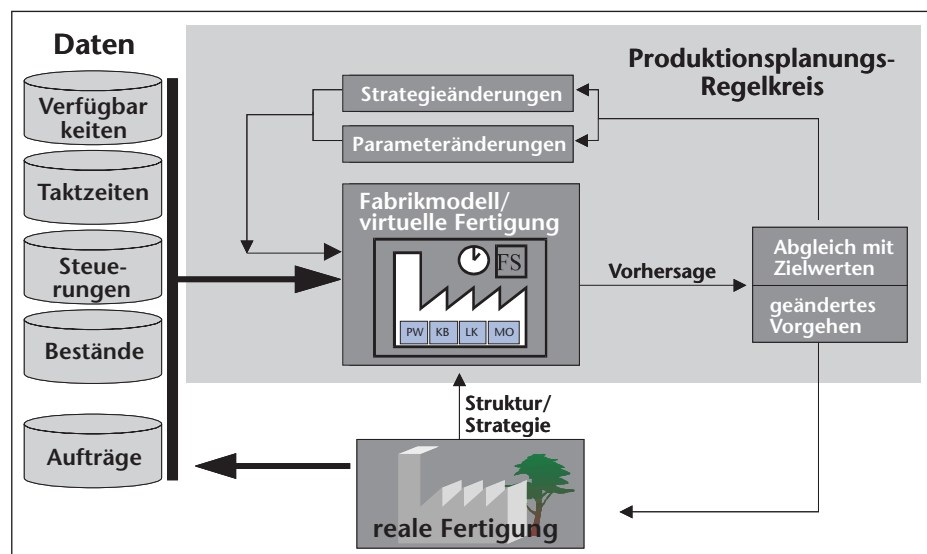


Abb. 4: Produktionsplanung mit Hilfe von Simulation

11.15.2.4 Die Planung komplexer Liefernetzwerke per Simulation

Komplexe Lieferketten sind häufig das Ergebnis einer historisch gewachsenen Lieferstruktur kombiniert mit komplexen Produkten wie in der Automobilindustrie oder im Maschinenbau. Die Komplexität der Lieferkette ist im wesentlichen geprägt durch

Merkmale komplexer Lieferketten

- eine hohe Anzahl an Lieferanten,
- das unterschiedliche Lieferverhalten (Bestellzyklen, Mengen, Lieferzeiten etc.),
- das Liefernetzwerk (Transportwege, Ziele, Lager etc.) sowie
- durch das Bestellverhalten des Endkunden (Produkteigenschaften, Menge, Zeit etc.).

Die Optimierung dieser Kette orientiert sich aufgrund fehlender Transparenz über das Gesamtsystem an Teilaspekten wie die Transportkosten oder die Lieferzeiten einzelner Teile. Die Auswirkungen von Änderungen werden oft erst lange Zeit nach Realisierung deutlich und machen dann teure Folgeänderungen erforderlich.

Fehlende Transparenz

Ein Beispiel soll das Problem verdeutlichen: Ein Automobilhersteller identifizierte als Engpassteil in der Lieferkette den Kabelbaum (Verkabelung aller elektronischen Geräte im Fahrzeug). Es wurde ein neues Fertigungsverfahren eingeführt, um die Lieferzeit drastisch zu reduzieren. Die Lieferzeitverkürzung führte nun dazu, dass vom Kabelbaum abhängige Teile ebenfalls schneller geliefert werden mussten, um das entstandene Lieferzeitpotenzial ausschöpfen zu können. Sofort wurde deutlich, welche komplexen Zusammenhänge sich für eine Vielzahl von Lieferanten ergab. Nicht alle Lieferanten konnten den neuen Anforderungen gerecht werden. Die Beseitigung des Kabelbaumengpasses allein führte deshalb noch nicht zum erhofften Effekt. Aus diesem Grund kam es darauf an, die optimale Lösung unter Berücksichtigung aller Kriterien zu finden.

Beispiel

Ein virtuelles Modell der Lieferkette in einem Simulationsmodell ist die Basis für eine fundierte Untersuchung von konkreten Maßnahmen und die Beurteilung von deren Auswirkungen. Neben der Analyse von strukturellen Engpässen kann das Verhalten unter Berücksichtigung dynamischer Einflussgrößen (Störungen, schwankende Kapazitäten, flexibles Abrufverhalten etc.) untersucht werden. Alternativen können gegenübergestellt und detailliert bewertet werden.

Analyse dynamischer Einflussgrößen

Die Bewertung von Simulationsergebnissen orientiert sich dabei ganz eng an den für die Lieferkette gültigen Kennzahlen wie Lieferzeit, Liefertreue, Änderungsflexibilität und selbstverständlich auch Kosten. Der Aufbau eines entsprechenden Kennzahlensystems im Simulationsmodell kann sich dabei an dem realen System orientieren oder gar mit Hilfe der Simulation entworfen und getestet werden.

Orientierung an Kennzahlen

11 Realisierung von Logistikprojekten

11.15 Aktueller Stand und Perspektiven der Logistiksimulation

11.15.2 Einsatzbereiche und Nutzeneffekte von Simulationen

11.15.3 Die Digitale Fabrik als Informationsplattform für den Planer

Getreu dem Grundsatz »erst simulieren, dann realisieren« setzt man vor allem in der Automobilindustrie über die gesamte Prozesskette virtuelle Techniken ein. Das so genannte »digitale Produkt« steht als Synonym für Softwaretechnologien zur realitätsnahen 3D-Visualisierung sowie für diverse Simulationsanwendungen. Anhand des digitalen Fahrzeugs wird z.B. das Crashverhalten, die Fahrerergonomie, die Wirkung der Klimaanlage oder der Luftwiderstand der Karosse untersucht.

Digitales Produkt

So weit wie in der Produktentwicklung ist man in der nachfolgenden Phase des Produktentstehungsprozesses – der Entwicklung des Produktionsprozesses – noch nicht. Selbst wenn sich bereits seit Jahrzehnten bestimmte Technologien wie die Materialfluss- oder die Robotersimulation sowie verschiedene CAx-Methoden etabliert haben, arbeitet man derzeit noch immer an einem durchgängigen, prozesskonformen Anwendungskonzept.

Digitale Fabrik

Der diesen Anwendungen am nächsten stehende Begriff »Digitale Fabrik« täuscht etwas über den wahren Funktionsumfang der Strategie hinweg. Ziel der Digitalen Fabrik ist zwar die Schaffung einer durchgängigen Datenbasis sowie die Bereitstellung virtueller Techniken für die Entwicklung des Produktionsprozesses. Der Fokus endet jedoch meist im Übergang zwischen dem Produktentstehungs- und dem Auftragsabwicklungs- bzw. Kundenauftragsprozess, da hier oft auch im Prozess ein Übergang der Verantwortungen von der Fertigungsplanung hin zur Fertigung stattfindet. Die Digitale Fabrik deckt deshalb nicht sämtliche Belange einer realen Fabrik ab.

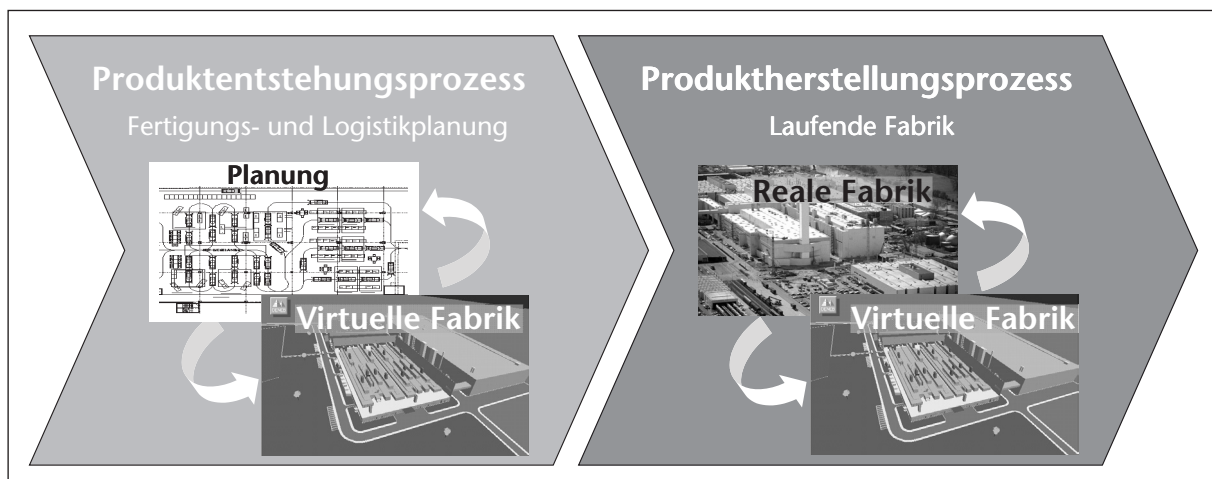


Abb. 1: Die Digitale Fabrik – Abbild der realen Fertigung

Digitales Modell vermeidet schwerwiegende Probleme

In der Produktionsprozessentwicklung erstellen die Planer ein digitales Modell der Fabrik. Dieses Modell ist einerseits die Daten- und somit Planungsgrundlage und andererseits in Form von Simulationen die Testumgebung für die geplanten Fabrikstrukturen und Produktionsabläufe. Mögliche Planungsfehler werden frühzeitig erkannt und können noch vor Baubeginn berücksichtigt werden. Das hat auch Auswirkungen auf die Anlaufphase. Schwerwiegende Probleme wie logistische Engpässe oder fehlende Zugänglichkeit beim Einbau von Teilen werden weitgehend vermieden.

Simulation der Anlaufphase

Trotz bester Planung und konsequenter Anwendung der Digitalen Fabrik sieht man sich in der Anlaufphase vor immer neue Hürden gestellt. Da nicht immer alle Planungsannahmen so eintreffen wie gewünscht, sind auch im Anlauf Hilfsmittel zum Überspringen dieser Hürden gefragt. Im Rahmen des Anlaufs für den neuen A4 setzte Audi deshalb auch in dieser Projektphase konsequent auf den Einsatz von Simulation. In nur sechs Monaten wurde die gesamte Fertigung im Werk Ingolstadt in einem Simulationsmodell abgebildet. Etwas länger dauerte die Verknüpfung des Modells mit operativen Daten wie Fertigungsaufträge, Stördaten, Arbeitszeitmodelle etc. Mit Hilfe des Modells wurde auf Basis der aktuellen Situation wöchentlich eine Prognose über die Anlaufkurve erstellt. Wicht diese Kurve von der Sollvorgabe ab, zeigten die Ergebnisse der Ursachenanalyse die Problempunkte innerhalb des Fertigungsablaufs auf. Auf Basis dieser Resultate konnten nun verschiedene Maßnahmen erarbeitet und vor Umsetzung virtuell geprüft werden.

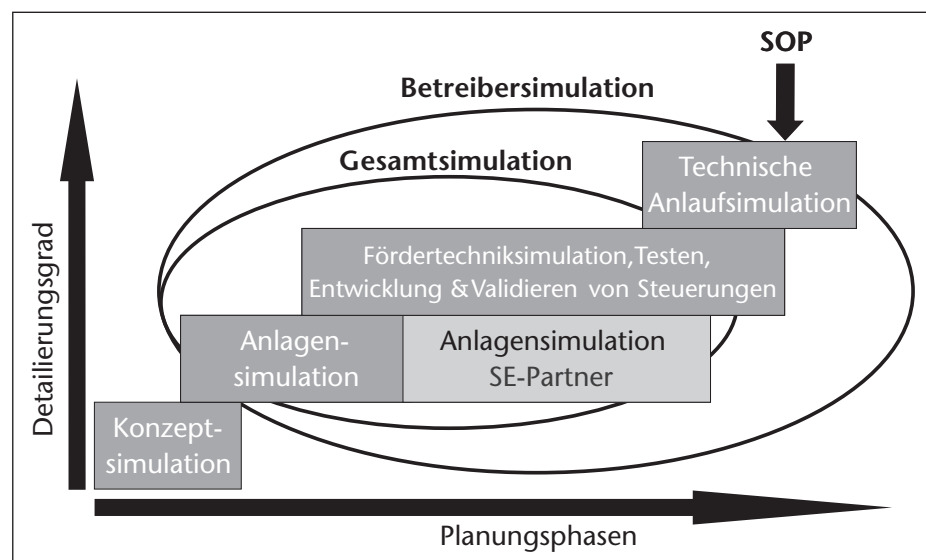


Abb. 6: Anwendungskonzept Simulation in der Rohbauplanung der BMW AG

Um die Leistung der Rohbauanlagen entsprechend den Vorgaben der Anlaufkurve sicherzustellen, prüft BMW während der Anlaufphase permanent die Gesamtleistung des Rohbaus. Dazu verwenden sie das in der Planung entstandenen Simulationsmodell und aktuelle Verfügbarkeitsdaten

der einzelnen Roboterzellen. Denn nur wenn die Quelle der Karosserfertigung die geforderte Leistung bringt, kann die gesamte Anlaufkurve überhaupt erreicht werden.

Eine bislang noch selten genutzte Möglichkeit der Verkürzung von Anlaufzeiten ist die simulationsgestützte Inbetriebnahme von Steuerungssoftware. Dabei ist das Prinzip recht einfach, und inzwischen ist auch die Technik soweit verfeinert, dass ein rentabler Einsatz dieses Werkzeugs möglich ist: Die überlagerten Steuerungen, z.B. Materialfluss- oder Lagersteuerungen, werden mit einem Simulationsmodell gekoppelt. Nun »denken« die Steuerungen, sie seien an die reale Anlage gekoppelt. Verschiedene Situationen können durchgespielt werden. Ein großer Vorteil dabei: per Knopfdruck sind die Situationen wiederholbar. So können Fehler gezielt gesucht und behoben werden, ein Vorgang der in der Realität oft mehrere Tage, wenn nicht sogar Wochen in Anspruch nimmt. Zudem können die Steuerungen unter »Volllast« getestet werden, das heißt mit einem Karosservolumen, das in der Realität erst nach Erreichen der Kammlinie oder manchmal noch später auftritt.

Simulation von Steuerungssoftware

Nach Ende der Anlaufphase, im so genannten »eingeschwungenen Zustand«, werden Simulationsmodelle zur Visualisierung der Fertigung, zur Unterstützung der Produktionsfeinplanung sowie im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) eingesetzt. Das Spektrum ist vielfältig. So optimiert Audi beispielsweise die Karossersequenzen für die Endmontage des A8 auf Basis von Simulation. BMW installierte für die Endmontage des neuen 7er einen simulationsgestützten Leitstand. Der half, die Taktverluste durch virtuelles Ausprobieren von Ein- und Ausschleusvorgängen zu reduzieren. Über eine standardisierte, Excel-basierte Oberfläche ermöglicht Opel Powertrain den Werken den Einsatz der Simulationen z.B. zur Prognose des Tagesbetriebs oder der Auswirkungen von Parameteränderungen.

Einsatzbereiche der Simulationsmodelle

Zusammenfassung

Die Simulation hat sich als Hilfsmittel in der Planung von Logistiksystemen etabliert und ist auf dem besten Wege zu einer stärkeren Anwendung in den der Planung folgenden Phasen – Inbetriebnahme, Anlauf und im laufenden Betrieb. Was dieses Werkzeug auszeichnet, ist die Möglichkeit, komplexe Zusammenhänge in Prozessen abzubilden und Prognosen über die Auswirkungen von geänderten Parametern oder Annahmen zu erstellen. Die Achillesferse virtueller Techniken liegt jedoch noch immer in der Verfügbarkeit vollständiger, aktueller und vor allem auch richtiger Daten. Es gilt der Grundsatz: Die Simulation ist nur so gut wie die Eingangsdaten, oder etwas bildlicher: Mist rein – Mist raus.

11 Realisierung von Logistikprojekten

11.15 Aktueller Stand und Perspektiven der Logistiksimulation

11.15.3 Die Digitale Fabrik als Informationsplattform für den Planer