

Screenshot SimAssist mit SimEnergy Plug-In zur Netzwerkanbindung:

Der Screenshot zeigt die verknüpften Modelle in der Bildmitte sowie die dazu gehörigen Parameter. In der rechten unteren Ecke wird das Protokoll angezeigt, das die Vorgänge in der Kommunikation zwischen den Modellen aufzeichnet und somit eine einfache Identifikation und Behebung von Fehlern ermöglicht. Im linken Bereich finden sich weitere SimAssist-Funktionen beispielsweise zur Projektverwaltung oder zur Ergebnisvisualisierung. Für die Materialflusssimulation wurde das in der Automobilindustrie gängige Werkzeug Plant Simulation von Siemens Tecnomatix verwendet. Für die Simulation der Energieströme wurde MATLAB Simulink eingesetzt. Für die Netzwerkanbindung von MATLAB Simulink wurde eine „Wrapper“-Applikation ergänzt.

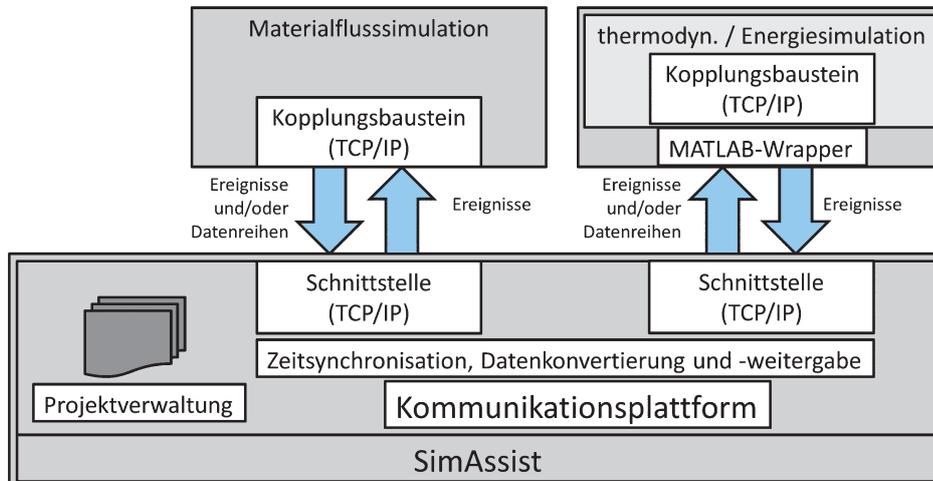
SimEnergy Energieeffiziente Produktionssysteme für die Automobilindustrie

Der Bewertung der Energieeffizienz kommt heute bereits in der Planung sowie im Betrieb von Produktions- und Logistiksystemen eine hohe Bedeutung zu. Dies zeigt sich insbesondere bei der simulationsgestützten Planung, die sich zunehmend mit der Integration energetischer Einflussfaktoren in die Materialflusssimulation beschäftigt. Einige Arbeiten konzentrieren sich auf rein statische Betrachtungen. Dazu gehört beispielsweise die Energiewertstrommethode, die es ermöglicht, Energiewertströme im Unternehmen hinsichtlich ihrer Effizienz zu bewerten. Andere Ansätze erweitern am Markt etablierte Materialflusssimulationswerkzeuge um energetische Betrachtungen, wie beispielsweise den Stromverbrauch der eingesetzten Anlagen in Abhängigkeit vom Betriebszustand. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, spezialisierte Software für die Simulation der Materialflüsse mit energetischen Betrachtungen zu verknüpfen. Beide Varianten bieten gegenüber der rein statischen Betrachtung die Möglichkeit, stochastische Einflüsse und ein dynamisches Systemverhalten über die Zeit abzubilden.

Jedoch beschränken sich die Wechselwirkungen in den Modellen stets auf eine Beeinflussung des Energieverbrauchs durch den Materialfluss. Die Modelle bieten bisher keine geeignete Möglichkeit, bidirektionale Wechselwirkungen (d.h. Materialfluss beeinflusst Energieverbrauch und der energetische Zustand beeinflusst den Produktionsprozess) abzubilden. Daraus ergibt sich eine Forschungslücke, die mit dem Förderprojekt geschlossen wurde.

Das Forschungsvorhaben SimEnergy zielte darauf ab, ein Konzept zu entwickeln, das sowohl bidirektionale Wechselwirkungen in der Simulation von Materialflüssen als auch energetische Einflussfaktoren berücksichtigt. Als technische Lösung wurden zwei spezialisierte Simulationwerkzeuge vernetzt und miteinander gekoppelt. Zudem wurde eine Basis geschaffen, die den Datenaustausch, die Parametrisierung der Modelle und die Projektverwaltung übernimmt.

Simulationsarchitektur



Architekturkonzept der
SimEnergy-Integrations-
lösung

In einem ersten Schritt wurde ein Architekturkonzept entwickelt, das die einzusetzenden Werkzeuge über Schnittstellen miteinander vernetzt.

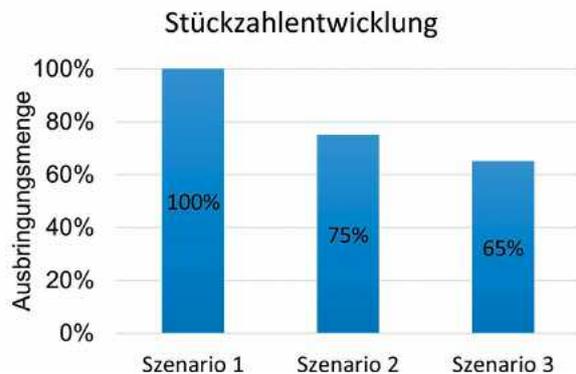
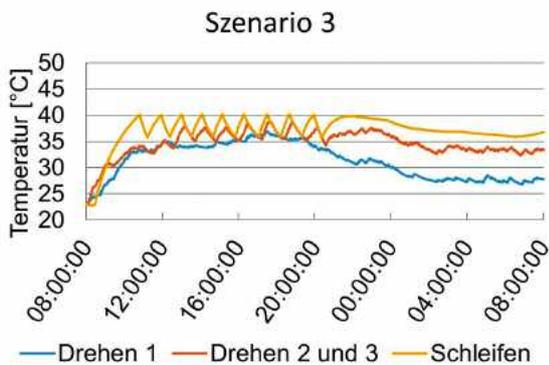
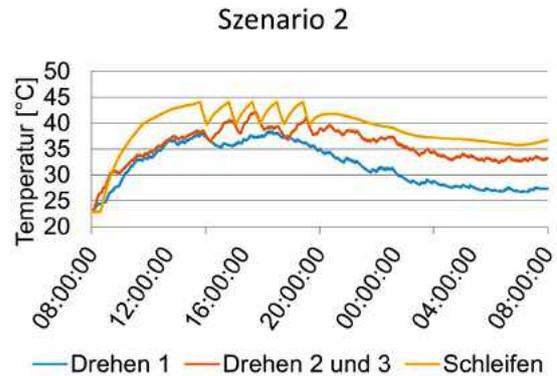
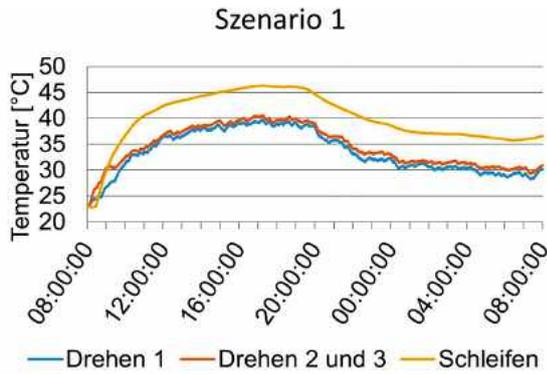
Für die Umsetzung wurde auf die Plattform SimAssist zurückgegriffen, die aus den Förderprojekten AssistSim (HA-Projekt-Nr.: 185/09-15) und EDASim (HA-Projekt-Nr.: 260/11-06) hervorgegangen ist. SimAssist wurde hierzu

um umfangreiche Funktionalitäten erweitert, die Methoden zur Netzwerkanbindung der Simulationswerkzeuge bereitstellen und über Konfigurationsdateien die Parametrisierung des Simulationsmodelles sowie die Durchführung der Simulationsexperimente ermöglichen. Über eine TCP/IP-Schnittstelle werden Ereignisse und Datenreihen zwischen den Simulationsmodellen ausgetauscht.

Testlauf am Fallbeispiel

Die entwickelte Lösung wurde anhand von Fallbeispielen aus der Industrie getestet. Damit sollte überprüft werden, ob mit der gekoppelten Simulation Fragestellungen nach dem Einfluss der energetischen Faktoren hinreichend beantwortet werden können. Als Basis diente eine Fertigungslinie mit Dreh- und Schleifmaschinen (Materialflussmodell).

Zu diesen Dreh- und Schleifmaschinen gehören Schaltschränke, die sich aufheizen, wenn die Maschinen arbeiten. Sobald die Temperatur der Schaltschränke einen definierten Schwellenwert überschreitet, kommt es zu einer temperaturbedingten Abschaltung der Maschine (Energiediagramm). Im Modell wurden ebenfalls die vom Anwendungspartner zur Verfügung gestellten Messwerte der Halltemperatur berücksichtigt. Die Simulationen wurden mit unterschiedlichen Abschalttemperaturen durchgeführt, um die Zusammenhänge zur Produktion im Materialflussmodell aufzuzeigen.



Ergebnisse der Simulationläufe: **Szenario 1** zeigt die Temperaturverläufe der Schaltschränke, wenn keine Temperaturobergrenze festgelegt wird. In **Szenario 2** wird eine Abschalttemperatur von 44° C festgelegt, wobei zu beachten ist, dass es sich um die Lufttemperatur im Schaltschrank handelt und die Temperatur auf den Chips somit deutlich höher liegt. Bei Erreichen der Grenztemperatur wird die betroffene Maschine abgeschaltet, der Schaltschrank kühlt ab. Sobald er sich auf 40° C abgekühlt hat, geht die Maschine wieder in Betrieb. Aufgrund der Wechselwirkungen im Materialflusssystem sind auch andere Anlagen von der Abschaltung betroffen: durch die Abschaltung der Schleifmaschine kommt es zu einem Rückstau von Teilen auf der Förderstrecke, sodass auch die anderen Anlagen nicht mehr in dem geplanten Umfang produzieren können. In **Szenario 3** wird die Abschalttemperatur auf 40° C festgelegt, so dass es zu häufigeren Abschaltungen kommt. Hiervon sind auch andere Anlagen (Drehen 2 und 3) von temperaturbedingten Abschaltungen betroffen. Wie zu erwarten, nimmt mit den häufigeren Abschaltungen auch die produzierte Stückzahl ab.

Das entwickelte Simulationstool ermöglicht es Unternehmen, Produktions- und Logistikprozesse nicht nur hinsichtlich logistischer Kennzahlen zu untersuchen, sondern auch energetische Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Dadurch können zum Beispiel Szenarien, wie die Verschiebung von energieintensiven Prozessen auf Zeiträume mit geringem Strompreis und ihre Auswirkung auf die Ausbringungsmenge, analysiert werden.

Weiterhin unterstützt das Tool bei der Planung energieeffizienter Produktions- und Logistiksysteme und erlaubt es, Szenarien zur stückzahlneutralen Einsparung von Energie zu entwickeln. Damit erhöht sich die Akzeptanz für Maßnahmen, bei denen Energie auf Kosten des Durchsatzes eingespart wird, wenn gezeigt werden kann, dass dadurch die Gesamtkosten für das Unternehmen sinken.

Ausblick

Die Projektergebnisse zeigen, dass es gelungen ist, ein Konzept zu entwickeln, um bidirektionale Wechselwirkungen zwischen Material- und Energiefluss abzubilden. Über Konfigurationsdateien und die SimAssist-Plattform ist es zudem möglich, die Parameter der gekoppelten Simulation einfach anzupassen und Experimente durchzuführen. Die entstandenen Plug-Ins werden zu kommerziellen Softwarekomponenten weiterentwickelt und im Rahmen der SimAssist-Vermarktung angeboten.

Auch die entwickelten Bausteine für die Netzwerkkommunikation und den Datenaustausch für Plant Simulation und MATLAB Simulink können zu marktgängigen Lösungen weiterentwickelt werden. Darüber hinaus befasst sich eine Dissertation im Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung der Universität Kassel mit weiteren Einsatzmöglichkeiten, indem sie den Mehrwert an Ergebnissenauigkeit untersucht, der gegenüber einer Simulation ohne Berücksichtigung energetischer Einflussfaktoren entsteht.

PROJEKTDATEN

Laufzeit	April 2013 - März 2015	Projektpartner	Universität Kassel
Projekt	SimEnergy - Simulationsgestützte Planung und Bewertung der Energieeffizienz für Produktionssysteme in der Automobilindustrie		Der Forschungsschwerpunkt des Fachgebiets Produktionsorganisation und Fabrikplanung liegt in der Erforschung und Anwendung von innovativen Methoden, Modellen und Werkzeugen zur digitalen Fabrikplanung und zur Visualisierung von Planungsergebnissen und deckt hier insbesondere die simulationsgestützte Planung von Logistik- und Produktionsprozessen ab.
HA-Projekt-Nr.	369/13-08		www.uni-kassel.de/maschinenbau/institute/ipl/produktionsorganisation-und-fabrikplanung
Projektsumme	622.000 Euro		Volkswagen AG, Wolfsburg
Fördersumme	304.800 Euro		www.volkswagen.de
Konsortialführer	SimPlan AG, Maintal Die SimPlan AG ist spezialisiert auf Produktions- und Logistiksimulation, führt entsprechende Projekte durch und bietet verschiedene Softwarepakete und Simulationswerkzeuge an. www.simplan.de	Ansprechpartner	Dr. Sven Spieckermann SimPlan AG Edmund-Seng-Straße 3-5 63477 Maintal Telefon 06181 40296-14 sven.spieckermann@simplan.de
Projektpartner	Limón GmbH, Kassel Die Limón GmbH bietet ganzheitliche Lösungen für Energieeffizienz, Energiemanagement und Energiemonitoring an. www.limon-gmbh.de		



U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

