

ENERGIEEFFIZIENZ DURCH OPTIMIERTE ABSTIMMUNG ZWISCHEN PRODUKTION UND TECHNISCHER GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

Lars Martin

Institut für Produktionstechnik und Logistik

Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und Prozesse, Universität Kassel

KURZFASSUNG

Die zukünftigen Energiekosten der Fabrik werden bereits in der Planungsphase entscheidend bestimmt. Planungsfehler aufgrund von falschen oder unzureichenden Daten führen im Serienbetrieb zu hohen Kosten, die sich zum Teil nur mit großem Aufwand korrigieren lassen. Vorhandene Energieeffizienz-Potenziale werden gegenwärtig im Planungsprozess nur unzureichend erkannt bzw. genutzt (Müller 2008).

Die exakte Bestimmung der Energieverbräuche sowie der thermischen Emissionen in der Planungsphase stellt somit einen entscheidenden Planungsfaktor dar.

ABSTRACT

For companies energy consumption gets more and more important whereas the use of energy incorporates both a strong ecological as well as economical dimension. This is specifically true for companies which need complex technical building services with high energy consumption. Thereby it is crucial to have a holistic view on the whole system including the strong interdependencies of production equipment and technical building services to derive proposing measures and find global optima. Against this background this paper presents an integrated approach which basically enfolds the coupling of different simulation tools for technical building services, building climate, production machines / material flow and production management. This enables to consciously consider the complex and dynamic interactions within the system. Thereby the approach supports the design and management of production facilities and technical building services to foster energy efficiency in industry.

EINLEITUNG

In den einzelnen Teilbereichen der Planung von Produktionsstätten: Produktionsplanung, technische Gebäudeausrüstung, Klimatisierung sowie Energie- und Medienbereitstellung kommen heutzutage Simulationsprogramme zur Anwendung. Bereits 2004 machte Zimmermann als Obmann der VDI-Richtlinienausschüsse 6020 (Gebäudesimulation)

und VDI 2078 (Kühllastregeln) klar, dass sich die Aufgabenstellung bei der Planung von Gebäuden und Anlagen in den letzten Jahren grundlegend gewandelt hat. „Es geht immer mehr darum, so wenig Anlagentechnik als möglich mit einem Minimum an Energieverbrauch zu realisieren. Dies macht es unerlässlich, gebäudetechnische Anlagen so genau wie möglich zu dimensionieren und ihren Energieverbrauch im Voraus zu berechnen.“ (Zimmermann 2003).

Für die unterschiedlichen Bereiche wie Klimatechnik, Druckluft-, Kühl- und Kaltwasser- oder Dampferzeugung wurden Simulationsprogramme entwickelt, die eine genaue Vorhersage der einzusetzenden Endenergie für die Medienbereitstellung ermöglichen.

Im Bereich der Wohn- und Bürogebäude werden Thermisch-energetische Gebäude- und Anlagensimulationen bereits eingesetzt. Für komplexe Fertigungsstätten der produzierenden Industrie ist die Simulation ungleich schwerer, aufgrund von schwer bestimmbar inneren Lasten und Abhängigkeiten zwischen Produktionsanlagen und Energiebereitstellung (Lüdemann 2005).

Problematisch ist hierbei die Vorhersage des Bedarfs an den unterschiedlichen Medien. Die bislang übliche Praxis, über z.B. Gleichzeitigkeitsfaktoren den Bedarf zu ermitteln, stellt keine ausreichend genaue Planungsgrundlage für komplexe Anlagen mit einer hohen Anzahl an Energieträgern oder Wärmeverbundsystemen dar. Hier kommt es auf eine zeitliche Auflösung der Energieströme an, um einen hohen Wirkungsgrad der Anlage zu erreichen.

An diesem Punkt setzt diese Arbeit an, indem die Materialflusssimulation die zeitlich aufgelösten Energie- und Medienprofile liefert. Aufbauend auf ersten bereits durchgeführten Studien von Junge (2008) wird die Materialflusssimulation um Informationen zu Energie- und Medienbedarf sowie Wärmelasten erweitert.

Durch Datenaustausch der einzelnen Programme untereinander werden die Wechselwirkungen der einzelnen Bereiche auf die jeweils anderen berücksichtigt und zu einer Gesamtbilanz des Systems zusammengeführt.

Die Auswirkungen von unterschiedlichen Produktionsprogrammen auf die Wärmeemissionen und den Energie- und Medienverbrauch der Anlagen können somit simulativ bestimmt werden und direkt oder indirekt an die Simulationsprogramme zur Auslegung der Gebäudetechnik und der Lüftungs- und Klimaanlage übermittelt werden. Dies erlaubt es dem Planer bereits in einer frühen Phase der Planung die gesamte Anlage bestehend aus Produktion, Energie- und Medienbereitstellung, Gebäudehülle sowie Klima- und Lüftungstechnik genauer auszulegen.

Variantsimulationen, in denen verschiedene Produktionsvarianten mit unterschiedlichen Steuerungsstrategien betrachtet werden oder in denen unterschiedliche Wärme- und Kälteerzeuger zum Einsatz kommen, erlauben es, eine ganzheitliche effiziente Produktion mit dem Ziel minimaler Kosten zu planen.

Neben der Erhöhung der Planungsgenauigkeit eröffnet sich die Möglichkeit, verschiedene Strategien in der Energiebereitstellung oder Steuerung der energietechnischen Anlagen zu erproben. Greifen zum Beispiel Notfallstrategien bei Ausfall von einzelnen Druckluftkompressoren? Welche Produktionsanlagen können mit einem Minimum an Produktionsausfall abgeschaltet werden? Durch mangelnde Medienversorgung hervorgerufene Störungen lassen somit detaillierte Rückschlüsse auf die Produktion zu.

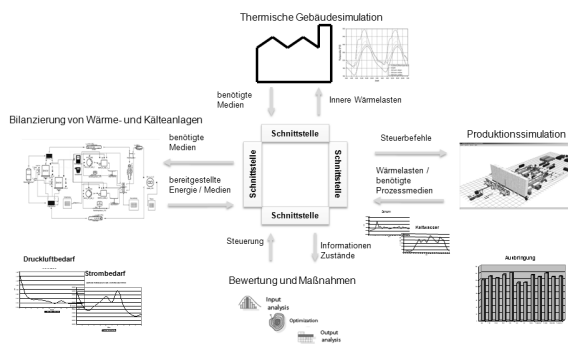


Abbildung 1 Verbundsimulation

Abbildung 1 zeigt das Zusammenspiel der verschiedenen Teilbereiche. Die um Energie- und Medieninformation erweiterte Materialflusssimulation erzeugt zeitlich aufgelöste Bedarfs- und Emissionsprofile für den Energie- und Medienbedarf. Diese Informationen werden über eine Schnittstelle an die angegliederten Programme verteilt.

Dabei werden nur die Informationen an die einzelnen Programme weitergeleitet, die diese zur Berechnung benötigen. So werden z.B. Informationen zur inneren Wärmelast, die aus der Materialflusssimulation kommen, an die thermische Gebäudesimulation weitergeleitet. Informationen zu benötigtem

Kühlwasser, Heizwasser, Druckluft, elektrischem Strom, etc. werden an das Simulationsprogramm für die Wärme- und Kältebilanzierung verteilt.

Innerhalb der Verbundsimulation werden Steuerungsstrategien hinterlegt, die entscheiden, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, wenn bestimmte Ereignisse eintreten oder Grenzwerte überschritten werden.

Ein mögliches Szenario wäre zum Beispiel für die Kaltwasserbereitstellung:

Die angeforderte Leistung an Kaltwasser für die Produktion und Hallenklimatisierung kann zum definierten Zeitpunkt nicht bereitgestellt werden. Ohne besondere Strategie würde diese Information zur Materialflusssimulation weitergeleitet und würde dort zur Störung einzelner Maschinen führen. Weitere Strategien, die mit Hilfe der Verbundsimulation analysiert werden können, wäre z.B. das Herunterfahren der Hallenklimatisierung. Sollte der Zustand länger anhalten, würde die Temperatur im Produktionsbereich soweit ansteigen, dass Störungen aufgrund der zu hohen Umgebungstemperatur an den Maschinen auftreten.

Die Verbundsimulation berücksichtigt diese Effekte und sendet die entsprechenden Steuersignale an die Materialflusssimulation. So lassen sich unterschiedliche Steuerungsstrategien erproben und deren Auftrittswahrscheinlichkeit ermitteln.

Als umfassendes Ergebnis liefert die Simulation sowohl Kennzahlen zur Produktion (Ausbringung, Auslastung, Durchlaufzeit) als auch Informationen zu benötigten Energien und Medien (Strom, Druckluft, Kaltwasser, Dampf). Darüberhinaus lassen sich die Kosten für die Erzeugung dieser Medien ermitteln.

Ausgehend von den vorhandenen Programmen sind für die Umsetzung der Verbundsimulation folgende Schritte notwendig:

- Erweiterung der Materialflusssimulation um Informationen zum Energie- und Medienbedarf, Wärmeemissionen, Wärmerückführung
- Erzeugung von zeitlich aufgelösten Bedarfsprofilen
- Kopplung der Simulationsprogramme
- Erstellung von Steuerungsstrategien zur Optimierung der Produktion und des Energiebedarfs

Ziel ist eine plattformunabhängige Lösung, die eine Anbindung an beliebige Materialflusssimulatoren ermöglicht. Die Module zur Berechnung der Energie- und Medienbedarfe erlauben aufgrund ihrer offenen Struktur als Dynamic Link Library (DLL) eine

Bereitstellung ihrer Funktionalität für fast alle Materialflusssimulatoren. Die Materialflusssimulationssoftware ermittelt die Zustände, z.B. Bearbeitungsbeginn und Ende, Pausenzeiten, etc., der einzelnen Anlagen und leitet diese Informationen an das Berechnungsmodul weiter. Das Modul wertet die Informationen mit den hinterlegten Energiedaten aus und berechnet diese zu einem Gesamtverbrauch der Produktionsstätte.

Ziel ist die Erzeugung von zeitabhängigen Profilen des Prozesskälte- und Wärmebedarfes als Lastprofile für die energetischen Anlagensimulationen, um den Einfluss des Produktionsprozesses realitätsnah abzubilden.

Diese Informationen werden über eine zu definierende Schnittstelle an die Programme zur thermischen Gebäudesimulation sowie zur Berechnung der Energie- und Medienbereitstellung weitergeleitet.

Bei der Auswahl der Kopplung muss unterschieden werden, welche Ziele die Verbundsimulation erfüllen soll. Mögliche Kopplungsvarianten sind:

- Offline: Getrennte Simulation von Produktion und Energie- / Medienbereitstellung
- Online: Mehrfach sequentiell ablaufende Simulation von Produktion und Energie- und Medienbereitstellung

Die Offline-Kopplung erfolgt bei der Ermittlung von Energiebedarfen zur Grobauslegung der Produktionsstätte. Hierbei erzeugt die Materialflusssimulation während der Laufzeit die zeitlich aufgelösten Energie- und Medienbedarfe und übergibt nach Abschluss der Simulation die Daten an die anderen Simulationsprogramme, die diese Information als Eingangsdaten zur Berechnung von Heiz-, Kühl-Bedarfen und weitere Energien wie Strom, Gas etc. benutzen. Der Vorteil der Simulation gegenüber der bisher üblichen Praxis, auf Erfahrungswerte und geschätzte Lastgangkurven für diese Medien zurückzugreifen, liegt in der höheren Genauigkeit dieser Kurven.

Abhängigkeiten des Energieverlaufs von Produktionsprogrammen können genauso ermittelt werden wie der Einfluss von Störungen auf den Energiebedarf.

Der Datenaustausch kann hierbei über einfache Dateimechanismen erfolgen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens ENOPA (Fkz: 0327422A), gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft, werden in Zusammenarbeit mit der Universität Braunschweig und den Firmen Imtech, B. Braun Melsungen und Weibler die Mechanismen der Verbundsimulation

entwickelt. Erste Ergebnisse zeigen ein hohes Potenzial.

FAZIT

Energiekosten stellen inzwischen einen erheblichen Kostenfaktor für produzierende Unternehmen dar, insbesondere für Unternehmen die einen hohen Energieeinsatz haben und unter klimatisierten Bedingungen fertigen müssen. Der Einsatz von effizienten Energiebereitstellungs- und Rückgewinnungssystemen hängt entscheidend mit der exakten und zeitlich aufgelösten Bestimmung der benötigten Energie- und Medien zusammen. Je komplexer die Zusammenhänge zwischen Produktion und Gebäudetechnik werden, umso schwieriger ist eine exakte Auslegung der Anlagen.

Vor diesem Hintergrund zeigt der Artikel eine Möglichkeit auf, den Energie- und Medienbedarf frühzeitig in der Planungsphase detailliert und zeitlich aufgelöst zu ermitteln. Hierdurch lassen sich Produktion und Gebäudetechnik besser aufeinander abstimmen, so dass eine höhere Energieeffizienz erreicht wird. Es können Fehlplanungen vermieden und verschiedene Steuerungsstrategien der Energiebereitstellung auf den Endenergiebedarf und die Produktivität ermittelt werden.

LITERATUR

- Junge, M. 2007. Simulationsgestützte Entwicklung und Optimierung einer energieeffizienten Produktionssteuerung. Kassel University Press, Kassel
- Lüdemann, B., Dahm, J., (2005) Dynamische Simulation zur Optimierung komplexer Anlagensysteme, BHKS-Almanach.
- Müller, E. (2008) Herausforderungen an Systeme und Prozesse der Fabrikplanung zur energieeffizienten Produktion, Fachtagung Energieeffiziente Fabrik in der Automobil-Produktion, München.
- Zimmermann, F. (2003) Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung– Digitale Planung in der TGA. VDI-Verlag, Düsseldorf.