



# Energieeffizienz in Unternehmen durch Modellbildung und Simulation optimieren

Maschinen, Prozesse und Unternehmensabläufe können so komplex sein, dass sie sich herkömmlichen analytischen Methoden und einem intuitiven Überblick entziehen. Doch gerade in diesen Bereichen liegen häufig die effektivsten Effizienzmaßnahmen. Numerische Methoden mit Hilfe von Computern können Abhilfe schaffen. Der Einsatz von Modellbildung und Simulation kann sich gerade bei Prozessen und Anlagen, die einen sehr großen Energieverbrauch aufweisen oder in großer Anzahl eingesetzt werden, bezahlt machen. Sie können damit auch Wechselwirkungen verschiedener Prozesse abbilden oder bisher unbekannte Wechselwirkungen identifizieren. Das kann z. B. Stillstandzeiten von Anlagen verringern, die Auslastung einzelner Anlagen erhöhen und so Energie sparen.

## Modell erstellen

Mit einem Modell wird ein Ausschnitt aus der realen Welt abgebildet, indem Wirkmechanismen verkürzt und abstrakt auf eine mathematische Weise dargestellt werden. Bei der Erstellung eines Modells sollten Sie darauf achten, pragmatisch mit der Frage der Detailtiefe und der Genauigkeit umzugehen. Legen Sie diese Größen zu Beginn der Modellbildung fest und orientieren Sie sich daran, was Sie zur Erreichung der gesetzten Ziele benötigen. Dieser wichtige Schritt definiert den Aufwand der späteren Modellbildung und darf nicht vergessen werden.

Ebenso wichtig ist es, Modelle auf die Korrektheit, Plausibilität, Funktionalität und Zielerreichung (Verifizierung) sowie auf die Übereinstimmung mit der Realität (Validierung) zu prüfen. Für die Validierung können beispielsweise vergangene Messreihen aus dem Energiecontrolling herangezogen werden.

## Modell simulieren

Sie werden feststellen, dass Ihnen bereits die Erstellung des Modells tiefe Einblicke in die Wirkmechanismen gibt und Sie so Änderungsansätze identifizieren können. Der noch größere Nutzen entsteht allerdings durch die Simulationen, besonders durch die Betrachtung von zeitlichen Abläufen und verschiedenen Szenarien. Die Simulationen ermöglichen es, Prozesse, die über lange Zeiträume ablaufen, in deutlich kürzerer Zeit zu betrachten. Anstelle von aufwändigen Mess- und Versuchsreihen in realer Umgebung können Sie viele Ansätze ausprobieren und vergleichen.

So finden Sie beispielsweise die optimalen Anlagenparameter und Anfahrvorgänge sowie die richtigen Verweildauern von Produkten in den Produktionsprozessen oder identifizieren Abwärmeströme, mit denen Sie den Wärmebedarf von Prozessen abdecken können. Gegebenenfalls können Sie sogar in Kooperation mit dem Anlagenhersteller technische Modifikationen an Anlagen vornehmen.

## Zeitaufwand und benötigte Kenntnisse

Modellbildung und Simulationen nehmen einige Zeit in Anspruch. Je nach Vorkenntnissen, Komplexität des zu betrachtenden Prozesses und eingesetzter Hilfsmittel liegt der zeitliche Aufwand in der Regel im Bereich weniger Wochen und mehrerer Monate. Im besonders günstigen Fall können aber auch wenige Tage ausreichend sein.



Benötigt werden sowohl gute Kenntnisse über den zu betrachtenden Prozess als auch Knowhow im Bereich der Modellbildung und Simulation. Bei komplexen Prozessen sind häufig Programmierkenntnisse nötig. Es gibt für einige Anwendungsfälle Spezialsoftware, die die Arbeit einfacher macht. Sie können sich auch an Dienstleister oder Hochschulen und Universitäten in der Nähe wenden, die sich mit Modellbildung und Simulation auskennen.

### **Anwendungsbeispiel 1: Detailanalyse und Parametereinstellung bei komplexen Prozessen und Anlagen**

Die Einstellungen von Parametern bei Prozessen und Anlagen beruhen oftmals auf Erfahrungswissen oder wurden großzügig mit einem Sicherheitswert beaufschlagt, um die Produktqualität oder Prozessstabilität nicht zu gefährden. Besonders thermische Prozesse, z. B. Trocknungsvorgänge oder Aushärtungen, sollten von Unternehmen betrachtet werden. Wesentliche Parameter dabei sind die Temperatur, die Verweildauer von Produkten im entsprechenden Prozess und je nach Prozess noch spezifische Größen (z. B. der Feuchtegehalt der Atmosphäre). Diese Parameter können mit Hilfe der Modellbildungen und Simulationen genau betrachtet und optimal eingestellt werden, wenn bekannt ist, wie sich die Produkte in den Prozessen verhalten. Die genaue Betrachtung der zugrundeliegenden physikalischen Prozesse ermöglicht es, Einblicke in das Innere von schwer zugänglichen Produktionsprozessen sowie darin befindlichen Produkten zu gewinnen. Wichtig ist schließlich, dass das Ergebnis stimmt, z. B. dass ein Produkt am Ende des Prozesses ausgehärtet oder eine bestimmte Restfeuchte aufweist und nicht, dass ein Prozess wie gewohnt durchläuft. Mögliche Ergebnisse sind beispielsweise eine Senkung der Prozesstemperatur, eine Verkürzung der Verweildauer und damit eine erhöhte Prozessgeschwindigkeit und erhöhten Produktionsoutput. So können ggf. sogar Investitionskosten für weitere Anlagen eingespart werden.

### **Anwendungsbeispiel 2: Nutzung von Abwärme**

Energieströme weisen verschiedene Parameter auf, wie Temperatur, Leistung, Wärmemenge und vor allem einen zeitlich variablen Verlauf des Wärmeeinflusses. Diese Parameter müssen für eine Vernetzung von Abwärmequellen und Wärmeverbrauchern zusammenpassen. Weitere Einflüsse, wie z. B. die Witterung, können hinzukommen. Der erhöhte Aufwand bei der Analyse und Planung macht sich durch die großen Einsparpotenziale oft bezahlt. Modellbildung und Simulation können für die Analyse und Planung von komplexen Vorhaben zur Abwärmenutzung sehr hilfreich sein und dabei unterstützen, das beste Ergebnis zu erzielen.

### **Links und Downloads**

Energie-Atlas Bayern:

[Energietransparenz](#)

[Abwärme](#)

### **Bearbeitung und Stand**

Bearbeitung: Bayerisches Landesamt für Umwelt – Ökoenergie-Institut Bayern

Stand: 01.06.2021