

Energieeffizienz in der Fertigung

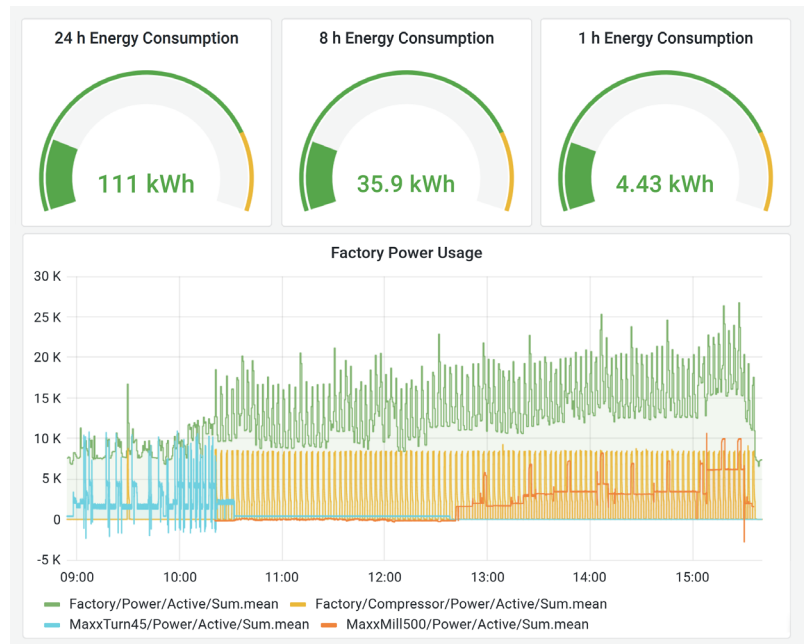
Feature-basierte Energiedatenerfassung und Optimierung für die spanende Fertigung

Gegenwärtig bekommt der Faktor Energie in der produzierenden Industrie immer größeren Stellenwert – Stichworte: Energieknappheit, Klimawandel, Energiewende. Vor diesem Hintergrund verpflichtet die EU-Effizienzrichtlinie Energieversorger und produzierende Unternehmen, jährlich Energieeinsparungen durch Effizienzmaßnahmen nachzuweisen.

Auf Produktebene wurde im Zusammenhang mit der Sustainable Products Initiative im Jahr 2022 der digitale Produktpass vorgeschlagen. Damit müssen in Zukunft auch Energiedaten von Bauteilen für die Berechnung des CO₂-Footprints erfasst und zugeordnet werden können. Die weitere Detailbetrachtung von Daten auf Ebene der geometrischen Formelemente von Bauteilen – sogenannten Features – bietet enormes Potential zur Prognose und nachgelagerter Analyse des Energieverbrauchs von Fertigungsprozessen sowie zur Berechnung der CO₂-Footprints.

Zielsetzung

Ziel der Forschung am Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien (IFT) an der TU Wien ist die flexible Verknüpfung und Datenrückführung der Energie- und Prozessdaten von Produktionsanlagen mit den Prozessparametern aus der computerunterstützten Arbeitsvorbereitung von der Fertigungssystem-, über die Maschinenebene bis hinunter zur Bauteil- und Featureebene. Damit können Kennzahlen wie der Anteil der elektrischen Leistung am CO₂-Footprint ermittelt sowie der Verlauf der elektrischen Leistung über den Bearbeitungspfad und der lokale Energieeintrag pro bearbeitetem Formelement visualisiert und in Folge optimiert werden. Die featurebasierte Erfassung von Energiedaten liefert die Grundlage zur Prognose des erwarteten Energieverbrauchs pro bearbeitetem Feature. Durch KI-Ansätze können gleiche Formelemente auf unterschiedlichen Bauteilen vergleichbar gemacht werden.



Energieverbrauchsmessungen sind Basis für Effizienzsteigerung und CO₂-Fußabdruck von Erzeugnissen

Lösungsansatz

Um eine Basis für Energieeffizienz steigernde Maßnahmen zu schaffen, sind Transparenz in Energieverbräuchen bzw. -flüssen und dafür wiederum energetische Messungen unumgänglich. Durch Energiemonitoring werden Messdaten – etwa von elektrischen Leistungen, Drücken, Temperaturen oder Volumenströmen von Medien – erfasst und weiterverarbeitet.

Der erste und klassische Monitoring-Ansatz ist jener auf Unternehmensebene, mit welchem die Energieverbräuche des gesamten Werks und bestimmter Bereiche ermittelt werden. Sofern kein ausreichendes Wissen über die wesentlichen Energieverbraucher und deren Betriebsverhalten vorliegt, werden diese mittels kurzzeitiger Messungen mit mobilen Messgeräten identifiziert und Einsparungspotentiale ermittelt.

Der zweite Monitoring-Ansatz ist jener auf Anlagen-, Maschinen- und Prozessebene. Durch die Interpretation

hochaufgelöster energetischer Messdaten bzw. von Betriebsdaten aus Maschinensteuerungen können gezielte Maßnahmen für die Überwachung und Optimierung von Prozessen abgeleitet werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass Energieeffizienz und Produktivität auf Prozessebene meist Hand in Hand gehen.

Hauptverbraucher el. Energie eines BAZ in der Motorenfertigung



- Hauptantriebe
- KSS-Hochdruckpumpe
- Hydraulikaggregat
- Maschinenkühlung
- Rest



Spindelantrieb	31 kW
Achsantriebe	
linear - X	6 kW
linear - Y	10 kW
linear - Z	6 kW
rotatorisch - A1	5 kW
rotatorisch - A2	5 kW
rotatorisch - C	5,7 kW
Nebensaggregate	
Kühlgerät	7 kW
IKZ	22,5 kW

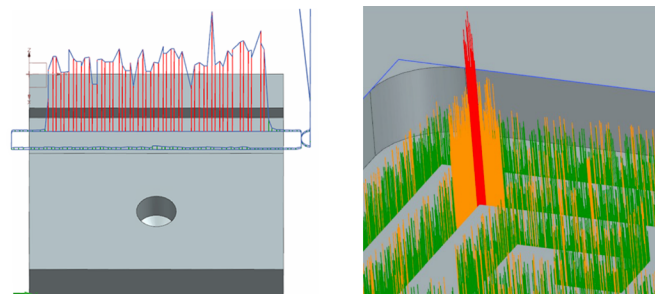
Ein Beispiel für Energiedaten auf Maschinenebene

Der dritte und umfassendere Ansatz erfasst die Maschinendaten eines NC-Bearbeitungsprozesses auf Featureebene und speist diese zurück in die Arbeitsvorbereitung. Damit wird ein wichtiger Daten- und Informationskreislauf geschlossen (Closed-Loop Manufacturing), der einerseits die detaillierte Visualisierung und manuelle Optimierung der einzelnen Fertigungsprozesse erleichtert. Andererseits ist er Voraussetzung dafür, dass Bauteile auf Basis ihrer einzelnen unterschiedlichen Features betrachtet und mit den dazu bereits im Unternehmen gesammelten Bearbeitungsparametern und zugehörigen Prozessdaten automatisch verglichen und optimiert werden können.

Konkret werden über eine maschinenspezifische Erweiterung im Postprozessor im CAM System automatisiert identifizierbare Marken im NC-Programm erstellt. Sie werden bei der Bearbeitung mit aufgezeichnet und ermöglichen die nachträgliche Zuordnung zu den Bearbeitungsfeatures.

Ergebnisse

In der Pilotfabrik der TU Wien sowie im TEC-Lab des Instituts für Fertigungstechnik (IFT) an der TU Wien wurde ein umfassendes Energiemonitoring umgesetzt, in welchem Sensordaten sowie Betriebsdaten von Maschinen visualisiert und interpretiert werden. Im industriellen Umfeld wurde das System bereits in mehreren Produktionsbetrieben getestet und implementiert.



Visualisierung der Leistungsaufnahme (li) sowie Energieeinbringung (re.) über den Bearbeitungspfad für einzelne Bauteile auf Featureebene

Auf Produkt und Featureebene wurde der Closed-Loop Manufacturing Ansatz zur Datenerfassung und Prozessoptimierung bereits in mehreren Projekten erfolgreich umgesetzt.

Ihr Nutzen

Je nach Anwendungsfall bringt eine temporäre oder längerfristige energetische Detailanalyse in Ihrem Unternehmen folgende Vorteile:

- „Quick-Wins“ durch Identifikation und Optimierung der größten Grundlast- und Spitzenverbraucher
- Bewertung der Energieeffizienz von Fertigungsprozessen in Echtzeit, durch Integration von energiebezogenen Sensordaten und Maschinensteuerungsdaten – standalone oder integriert in den Produktlebenszyklus
- erstmalig Verknüpfung von umfassenden und detaillierten Energiedaten mit bauteilbezogenen Formelementen (Features)
- Optimierung der Produktionsplanung und Anpassung des Energiebedarfs an die Bereitstellung – ermöglicht durch Prognose des Energieverbrauchs für alternative Produktionsszenarien
- „Condition Monitoring“ von Maschinen, zum Rückschluss auf die Produktqualität und zur Vorbeugung vor Maschinendefekten
- Ermittlung des individuellen CO₂-Footprints auf Produkt- und Featureebene

Kontakt

Prof. Dr. Friedrich Bleicher
 TU Wien – Forschungsbereich Fertigungstechnik
 www.ift.at
 +43 1 58801 31100
 office@ift.at, foma@tuwien.ac.at