

INTEGRIERTES ENERGIE- UND PRODUKTIONSMANAGEMENT FÜR INDUSTRIEBETRIEBE – EINE SIMULATIONSSTUDIE

Dominik BRODSCHELM¹, Selim EROL², Jakob KÜHNEN³

Einleitung

Die zunehmende Verfügbarkeit von Echtzeit-Daten in industriellen Produktionsprozessen (Stichwort Industrie 4.0) eröffnet neue Möglichkeiten der Ressourcen- und Energieeffizienz [1]. Ein modernes Energiemanagement (EM) in enger Verbindung mit Produktionsplanung und -steuerung (PPS) kann Unternehmen effektiv dabei unterstützen Preisschwankungen am Strommarkt intelligent zu nützen. Wird das Unternehmen selbst auch noch zum dezentralen Erzeuger erneuerbarer Energie (z.B. von Solar- oder Windenergie), so ergeben sich weitere Potentiale, um Kosten zu sparen und den CO₂-Fußabdruck der Produktion zu verringern [2,3]. Jedoch sind erneuerbare Energien im Vergleich zu den herkömmlichen fossilen Energieträgern signifikant volatil, d.h. im Zeitverlauf deutlich unbeständiger und stärkeren Schwankungen unterlegen.

Unsere Arbeit untersucht aus Sicht der produzierenden Industrie die Möglichkeiten im Hinblick auf das Zusammenspiel zwischen PPS und modernen Anlagen zur Eigenerzeugung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energiequellen. Zu diesem Zweck wurde ein Simulationsmodell entwickelt und eine Fallstudie durchgeführt. Es wird gezeigt, dass durch energieorientierte, flexible Produktionspläne auch auf Grundlage von dezentralen, erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen konkurrenzfähige Standards hinsichtlich logistischer und ökonomischer Zielgrößen erfüllt werden können, während gleichzeitig ein großes Potential zur Reduktion der CO₂-Emissionen entsteht.

Methodik

Der Stand der Forschung und die zentralen Anforderungen der Industrie an kombinierte EM/PPS-Systeme wurden über eine systematische Literaturanalyse [4] ermittelt und zusammengefasst. Auf Basis dieser allgemeinen Anforderungen wurde eine Simulationsmodell und -werkzeug entwickelt. Das Simulationsmodell wurde auf Basis eines hybriden Ansatzes [5] entwickelt, der sowohl kontinuierliche Energieflüsse (System-Dynamics-Ansatz) als auch Steuerungsmodelle (Discrete-Event-Ansatz) berücksichtigt und gleichzeitig Systemkomponenten (Agentenbasierter Ansatz) wie Energieerzeugungsanlagen, Stromspeicher und Produktionsmaschinen untereinander kommunizieren lässt. Dieses Modell diente in weiterer Folge dazu für einen konkreten Fall verschiedene Szenarien im Hinblick auf Produktionsplan und Energieangebot zu untersuchen und zu bewerten. Bei der Bewertung der Szenarien wurden sowohl ökonomische, logistische als auch ökologische Kennzahlen berücksichtigt.

Im Kern stützt sich das Simulationsmodell auf zwei verschiedene Inputgrößen. Einerseits ist dies der Leistungsbedarf des konkreten Fertigungsvorgangs und andererseits das durch dezentrale Photovoltaik- und Windkraftanlagen bereitgestellte Leistung. Bei der Entwicklung des Modells wurden auch moderne batteriebasierte Stromspeicher und das Stromnetz als Anlagenkomponenten miteinbezogen. Die genauen Daten zum Energieverbrauch der Produktion wurden dazu direkt von der Pilotfabrik der TU Wien bereitgestellt. Die Daten zu dem potentiell verfügbaren Energieangebot aus erneuerbaren Energiequellen wurden aus Referenzanlagen bezogen.

Die Simulation ist dabei weniger als spezifisches Lösungsmodell, sondern als generisches Konzeptmodell zu verstehen und fungiert damit als flexibles Planungswerkzeug für potenziell interessierte Industrieunternehmen. Die kombinierte Simulation von Produktionsprozess- und Energieerzeugung ist insbesondere relevant, als sie Investitionsvorhaben in dezentrale Anlagen unterstützen und absichern kann.

¹ Technische Universität Wien, 1040 Wien, dbrodschelm@gmail.com

² Technische Universität Wien, 1040 Wien, selim.erol@tuwien.ac.at, tuwien.ac.at

³ Fachhochschule Wiener Neustadt, 2700 Wiener Neustadt, jakob.kuehnen@fhwn.ac.at, fhwn.ac.at

Ergebnisse

Ergebnis der Arbeit ist einerseits das Planungswerkzeug in Form eines flexiblen Simulationsmodells und andererseits die Erkenntnisse aus der Studie eines industriellen Modellbetriebs – die Industrie 4.0 Pilotfabrik der TU Wien [6]. Die Fallstudie der 3D-Drucker-Herstellung in der Pilotfabrik zeigt das Zusammenspiel von individuellen Produktionsplänen und dem auf erneuerbaren, dezentralen Erzeugungs- und Speichersystemen basierendem Energieangebot. Mehrere Szenarien werden detailliert beleuchtet und die konkreten Gestaltungsmöglichkeiten dargestellt.

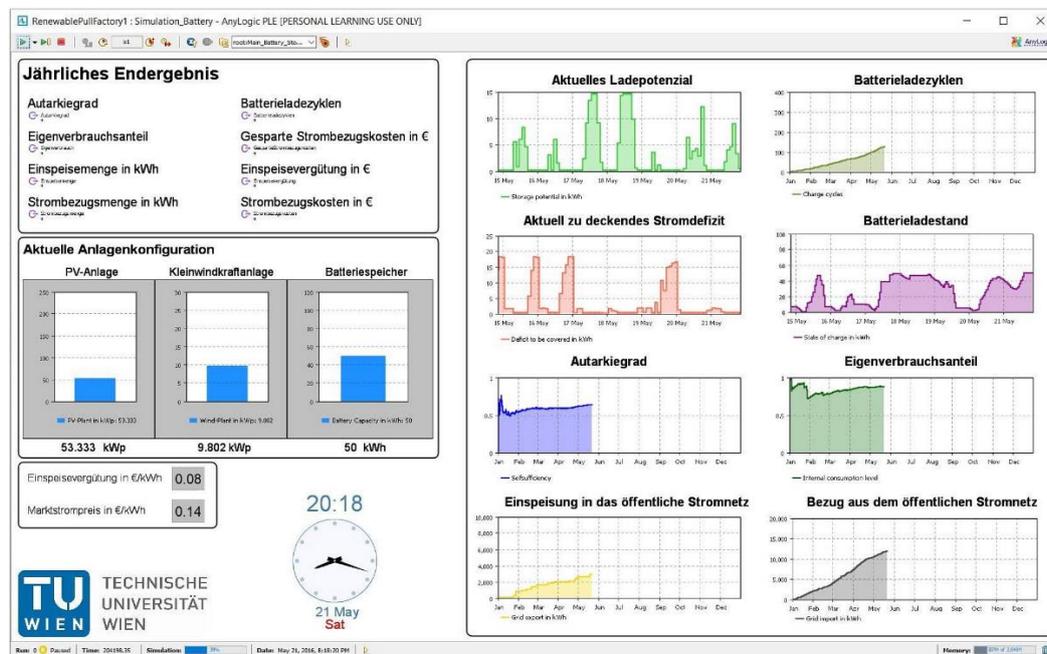


Abbildung 1: Benutzeroberfläche des Simulationstools mit den wichtigsten Input- und Outputdaten.

Die Studie zeigt, dass auch auf Grundlage von dezentralen, erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen kurze Lieferzeiten und niedrige Lagerbestände realisiert werden können, während gleichzeitig ein Beitrag zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes geleistet wird. Wesentliche Voraussetzung ist, dass ein Produktionsplan das natürliche Energieangebot flexibel und optimal zu nutzen imstande ist. Zielt ein Unternehmen darauf ab, energetisch so unabhängig wie möglich zu sein, so muss dies nicht auf Kosten der Lieferzeiten bzw. auf Basis hoher Lagerbestände durchgesetzt werden. Überdurchschnittlich hohe Autarkiewerte können auch über standardisierte Wochenendarbeit und die damit verbundene Einführung einer zweiten Schicht erreicht werden. Durch eine zusätzliche Intensivierung des Takts um die Mittagszeit, lässt sich das zur Verfügung stehende Energieangebot optimal ausnutzen.

Das Simulationsmodell wird derzeit in Zusammenarbeit mit der FH Wiener Neustadt in einer weiteren Fallstudie eines Industriebetriebs mit Eigenerzeugung im Raum Industrieviertel/NÖ angewendet.

Referenzen

- [1] Erol, S. (2018). Where is the Green in Industry 4.0? 1st Workshop on Green (Responsible, Ethical, Social/Sustainable) IT and IS—the Corporate Perspective, Vienna, WU. 2016.
- [2] Reinhart, G., & Schultz, C. (2014). Herausforderungen einer energieorientierten Produktionssteuerung. ZWF Zeitschrift Für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 109(1–2), 29–33.
- [3] Schuh, G., Prote, J.-P., & Luckert, M. (2017). Energieflexible Produktionsplanung und -steuerung. ZWF Zeitschrift Für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 112(12), 857–859.
- [4] Rackow, T., Kohl, J., & Canzaniello, A. (2015). Energy Flexible Production: Saving Electricity Expenditures by Adjusting the Production Plan. Procedia CIRP, 26, 235–240.
- [5] Borshchev, A. (2014). Multi-method modelling: AnyLogic. In Discrete-Event Simulation and System Dynamics for Management Decision Making (pp. 248–279). Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- [6] TU Wien (2019). Industrie 4.0 Pilotfabrik der TU Wien. URL: pilotfabrik.tuwien.ac.at. Abgerufen am 30.11.2019.