

Simulation für die Optimierung des Energieverbrauchs in Verpackungsmaschinen

München, Oktober 2013 - In Zeiten der globalen Erwärmung, der nationalen und internationalen Anstrengungen zur Reduktion der Treibhausgase sowie der Energiewende steigen die Kosten für Energie deutlich. Diese Kostenanstiege bilden sich direkt in den Herstell- und Handhabungskosten für Konsumgüter ab.

In der Verpackungstechnik für Konsumgüter stellen insbesondere Handhabungsprozesse eine Ursache für hohen Energieverbrauch dar. Beispielsweise werden in der Verpackung von Milchprodukten für den Einzelhandel direkt nach der Abfüllung durch eine Roboter gestützte Sortiermaschine sortenreine Produkt-Paletten umgruppiert zu gemischten Paletten, die direkt für die Auslieferung und den Verkauf in Supermärkten geeignet sind.



Abbildung 1: Sortieranlage für Molkereiprodukte (Quelle: P&A-Spezial, April 2008, S. 40)

Dazu muss jedes Produkt einzeln aus dem sortenreinen Tray gegriffen werden und nach einem programmierbaren Muster gemischt mit Produkten aus anderen Sorten in ein gemischtes Tray eingesetzt werden. Der Energieverbrauch für diese Handhabungsaufgabe addiert sich neben den anteiligen Investitions- und anderen Betriebskosten der Handhabungseinrichtung direkt auf die

Herstellkosten bzw. Verpackungskosten des Produktes. Der Einfluss der Energiekosten wird bei Steigenden Energiekosten somit in den Verpackungskosten immer mehr an Einfluss gewinnen.

Somit lohnt sich eine intensive Betrachtung der zu erwartenden Energiekosten je Produkt oder Gebinde bereits in der Entwicklung bzw. Auslegung einer Maschine. Mit Hilfe eines digitalen Physikmodells der Verpackungsaufgabe können bspw. in der Software industrialPhysics der Firma machineering GmbH & Co. KG aus München (www.machineering.de) die prozesstechnischen Randbedingung hochrealistisch modelliert werden.

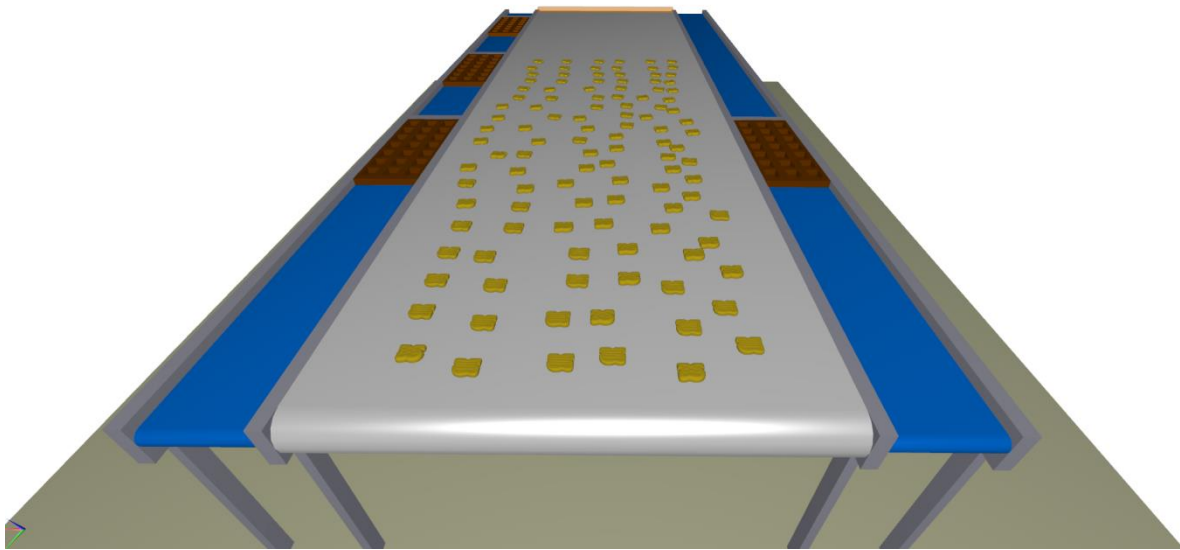


Abbildung 2: Physik-Modell der Aufgabe: Pick'n'Place von Gebäck vom Band in die Schachtel (Modell in industrialPhysics, www.machineering.de)

Durch eine realistische Simulation des Handhabungsprozesses kann der zu erwartende, zeitliche Verlauf wichtiger Kenngrößen ermittelt werden. Für eine Energiebetrachtung kann je nach der Komplexität der betrachteten Kinematik direkt oder indirekt vorgegangen werden. Bei einfachen Kinematiken, wie beispielsweise einer Kreuzkinematik reicht es aus, aus den zeitlichen Verläufen von Positionen, Geschwindigkeiten oder Beschleunigungen unter Berücksichtigung von Systemparametern wie bspw. der Masse und Reibung eine grobe Abschätzung des zu erwartenden Energieverbrauchst herzuleiten.

Im Falle einer Scara-Kinematik ist die obige Methode noch möglich, wobei das Inertium der Achsen, Werkzeuge und Werkstücke in Abhängigkeit der Achsstellungen variabel berücksichtigt werden muss. Somit ist ein mathematisches Auswertungswerkzeug erforderlich, das die Integralbildung unterstützt.

Liegen komplexere Kinematiken, wie bspw. Scara-, Delta- oder Knick-Arm-Roboter vor, so kann bzw. muss durch Bildung eines dynamischen Modells der Kinematik inklusive Inertia und Antrieben mit Regelung erstellt werden (siehe Abbildung 3).

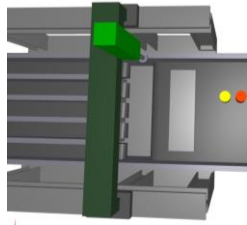



	Kinematik	Methode	Vorgehen
	Kreuz-kinematik	Statische Massen und Positionsverläufe	Integral über Zweite Ableitung der Achs-Positionen mit der konstanten Masse jeder Achse (Kann aus CAD-Modell ermittelt werden)
	Scara-Kinematik	Einfache achsstellungsvariable Inertia-Funktion und Achswinkel über der Zeit möglich	Aufzeichnung der Achspositionen über die Zeit; Ermittlung der Beschleunigungen durch Ableitung; Integral mit dem positionsabhängigen Inertium in der Auswertung möglich (Ableitung aus dem CAD Modell möglich)
	Delta-Kinematik	Analytische Modellbildung dynamischer Arme und Antriebe erforderlich	Abbildung der Kinematik inklusive Inertia der Arme, Werkzeuge und des Werkstücks; Errechnung des Energieverbrauchs über die Motorbelastung
	Sechs-Achs-Knickarm-Roboter	Analytische Modellbildung dynamischer Arme und Antriebe erforderlich	

Abbildung 3: Kinematiken und die vorgeschlagene Methode

Wird die Aufgabe vollständig im Modell abgebildet, so können für diverse Betriebszustände die Bewegungsverläufe aller Achsen aufgezeichnet werden. Hierbei liegt der Fokus sicherlich zunächst auf dem statischen Betrieb der Anlage in einem speziellen Sortierbetrieb.

Je nach dem zeitlichen Anteil von Betriebszustandswechseln im Verhältnis zu statische Betriebszuständen, kann es in Einzelfällen auch vorkommen, dass Produktumstellungen energietechnisch zu analysieren sind. In diesem Fall muss das Modell steuerungstechnisch noch genauer ausdetailliert werden, damit Formatumstellungen, Anläufe und Ausläufe entsprechend betrachtet werden können.

In Abbildung 4 ist die Lösung unter Einsatz von Delta-Kinematiken dargestellt.

Durch die Nähe zur Realität können in dem digitalen Modell technische Einflüsse aus der Steuerung, wie bspw. Schleppfehler, Pick-Logik bzw. -Reihenfolge, erzielbare Beschleunigungen und Geschwindigkeiten sowie die Conveyor-Tracking-Vorgänge abgebildet werden. Somit ist eine frühe Einflussanalyse der wesentlichen Stellgrößen möglich, ohne die Aufgabe in einem Prototyp aufwändig in der Realität untersuchen zu müssen.

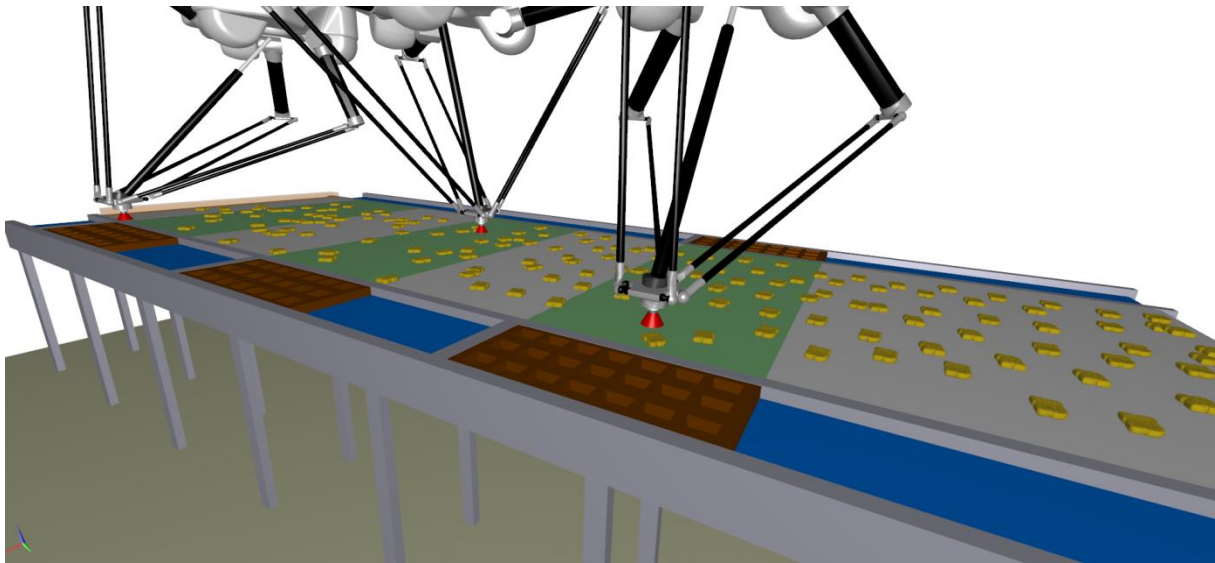


Abbildung 4: Pick'n'Place-Aufgabe mittels mehrerer Delta-Kinematiken in der Verpackungstechnik

Durch die Simulation der gesamten Aufgabe mit Prozess, Kinematik, Antrieben, Sensorik und Steuerungslogik wird es möglich sämtliche Prozessgrößen auch zur Auswertung heranzuziehen. Mächtige Auswertungsfunktionen helfen dabei die datentechnische Spure vom Weizen zu trennen und im weiteren Verlauf der im vertrauten Werkzeug Graphiken zu erstellen.

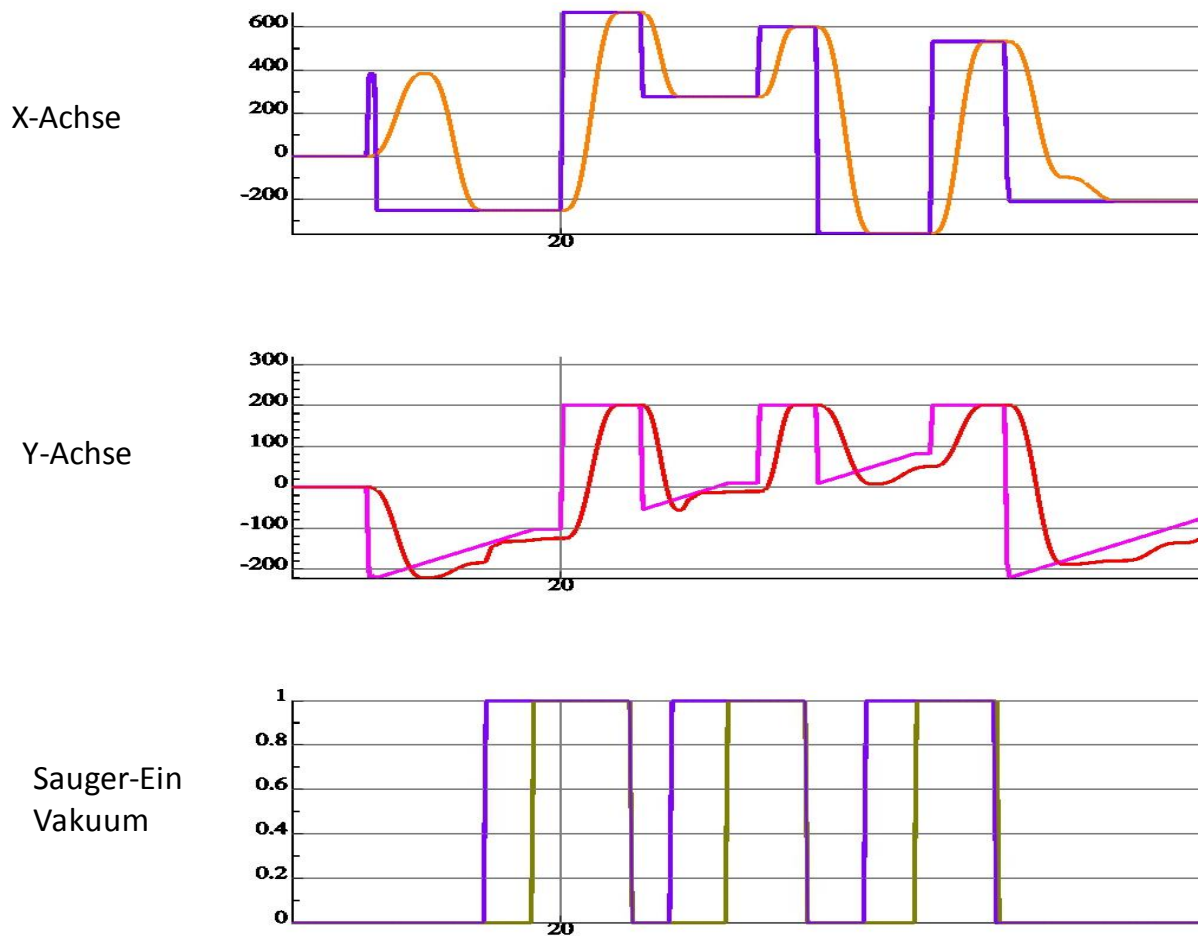


Abbildung 5: Bündelung aufgezeichneter Daten für die Auswertung im gewohnten Werkzeug am Beispiel eines Pick-Vorgangs

Durch eine rein digitale Betrachtung der Verpackungsaufgabe am Rechner können unterschiedliche Varianten hinsichtlich erreichbarer Produkt-Leistung betrachtet werden. Die zu erwartenden Herstellkosten der Lösung sind je Variante recht genau abzuschätzen. Zusätzlich kann mit einer Simulation der zu erwartende Energieverbrauch für jede Lösungs-Variante ermittelt werden.

Dies ist bereits heute mit der Software industrialPhysics Advanced Control Design möglich. Weitere erhältliche Module der Software erlauben den Einsatz vorbereiteter Roboter-Standard-Kinematiken sowie die Echtzeit-Kopplung mit einer realen Steuerung. Damit hat der Ingenieur in einem Werkzeug alle Mittel an der Hand um eine Verpackungsaufgabe von der Auslegung bis zur Inbetriebnahme zu unterstützen.