

# Verpackungsmaschinensimulator

## Senkung der Prozesskosten durch Vorhersage des Betriebsverhaltens

Bei der Wahl der Arbeitsgeschwindigkeit von Verpackungsmaschinen und -anlagen wird gegenwärtig vorrangig die von der Verfügbarkeit abhängige Produktivität berücksichtigt, um ein Maximum qualitätsgerechter Packungen innerhalb kürzester Zeit herzustellen. Nicht zuletzt aufgrund steigender Preise für Energieträger und andere Ressourcen sind die abpackenden Unternehmen jedoch bestrebt, die Verpackungsprozesskosten bei gleichzeitiger Gewährleistung von Qualitäts- und Schutzanforderungen zu minimieren.

Die Verpackungsprozesskosten setzen sich gemäß Abb. 1 zusammen, wobei zwischen den einzelnen Anteilen komplexe Wechselwirkungen bestehen. Die Ressourcenkosten für Energie- (u. a. Elektroenergie, Druckluft) und Hilfsstoffverbrauch (u. a. Reinigungsmedien, Kühlwasser) sowie für Verarbeitungsgutverluste (Packgut- und Packmittelverlust) sind dabei neben den Personalkosten von elementarer Bedeutung [1]. Daraus ergibt sich das Ziel, neben der produktivitätsoptimalen Arbeitsgeschwindigkeit auch den hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs optimalen Arbeitspunkt zu ermitteln (vgl. Abb. 2), um die Verpackungsprozesskosten zu minimieren. Ökologische Aspekte und gesetzliche Rahmenbedingungen wie die Ökodesign-Richtlinie für energiebetriebene Produkte bestärken diese Bestrebungen und erhöhen den Druck auf Maschinen- und Anlagenbauer, Monitoring-Systeme zur Erfassung und Bewertung von Ressourcenverbräuchen sowie Algorithmen zur Ermittlung der ressourceneffizienten Betriebsweise in die Bedienung der Maschinensteuerung zu implementieren. Für die Ermittlung der ressourceneffizienten Betriebsweise ist das Wissen über das Betriebsverhalten der Verpackungsmaschinen und -anlagen erforderlich. Dies wird u. a. gekennzeichnet durch Zeitbegriffe und Kenngrößen (Ausbringung, Verfügbarkeit, Wirkungsgrad) nach der DIN 8743 [4]. Während des Betriebs von Maschinen und Anlagen wechseln sich Phasen, in denen qualitätsgerecht produziert wird, zufällig mit Verlustzeiten ab, also Zeiten in denen die Maschine steht, Leertakte ausführt

oder Ausschuss produziert. Zur Erfassung dieser Betriebszustände werden Maschinenabnahmen und Effizienzanalysen durchgeführt [2]. Dabei wird der Verlust zeitlich erfasst und die Störung bestimmten Ursachen zugeordnet. Basis der Erfassung von Betriebsdaten ist die in DIN 8743 definierte, ursachenbezo-

Verhaltens von Verpackungsmaschinen und -anlagen bei unterschiedlichen Betriebszuständen. In Anlehnung an die „Weihenstephaner Standards“ [5] erfolgte eine Untergliederung in die Betriebszustände Produktion, Leerlauf, Ausfall/Stillstand, Anlaufen, Auslaufen, Rüsten, Reinigung, Sterilisation,

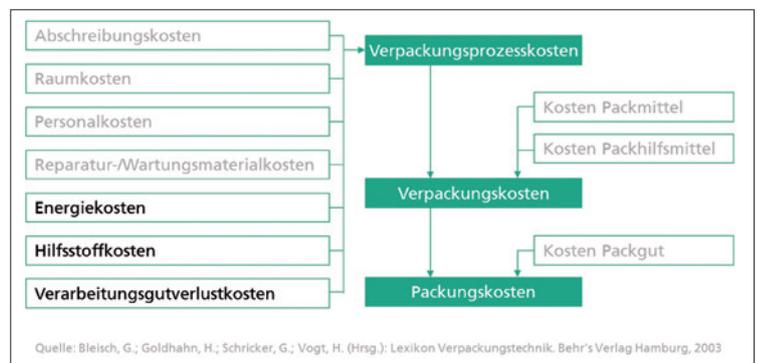


Abb. 1: Zusammensetzung der Kosten im Verpackungsprozess [2]

gene Gliederung des Produktionsablaufs von Verarbeitungs- und Verpackungsanlagen. Die gewonnenen Daten bilden die Grundlage für die Ermittlung der Kennwerte nach DIN 8743 und ermöglichen somit Rückschlüsse auf die Effizienz, bzw. Effektivität der Maschine oder Anlage. Durch systematische Auswertung der ursachenbezogenen Analysedaten erfolgen zusätzlich die Lokalisierung der Schwachstellen und eine Identifikation der Optimierungspotenziale der betrachteten Verpackungsmaschinen.

### Simulationswerkzeug entwickelt

Darauf aufbauend erarbeitete das Fraunhofer AVV im Rahmen eines durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten ZIM-Projekts eine Methodik zur Erfassung und Auswertung des Energieverbrauchs sowie ein Werkzeug zur Simulation des zeitlich energetischen

Wartung/Instandhaltung und Pause. Die Betriebszustände können den Begriffen der Zeitgliederung nach DIN 8743 gemäß Abb. 3 zugeordnet werden.

Ungeplante Nebenzeiten werden in diesem Zusammenhang der jeweiligen Verlustursache und -art zugeschrieben, welche der Nebenzeit vorangegangen ist. Entsprechend der Systemabgrenzung sind neben den Betriebsdaten die Verbrauchsdaten der relevanten Energiearten für die einzelnen Betriebszustände zu bestimmen. Der Energieverbrauch einer Verpackungsmaschine/-anlage wird dabei maßgeblich beeinflusst durch:

- die Wahl der Systemgrenzen,
- die Maschinenkonstellation,
- die Produktionsweise (Einstellausbringung der Maschine),
- die Produktionsplanung,
- Art und Qualität der Packgüter, Packmittel, Packhilfsmittel, zugeführten Energie und der sonstigen Hilfsstoffe,
- Umwelteinflüsse.

  
**IVLV**  
 Wissen vernetzen!  
 IVLV e.V.  
 Schragenhofstraße 35  
 80992 München  
 Tel.: 089/14 90 09 0  
 Fax: 089/14 90 09 80  
 Internet: www.ivlv.de  
 E-Mail: office@ivlv.de

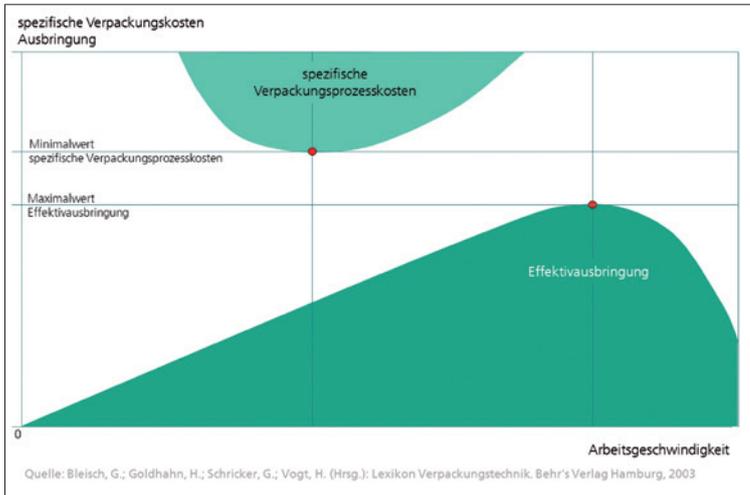


Abb. 2: Effektivitäts-Charakteristik für den Betrieb von Verpackungsmaschinen [3]

Anhand dieser Daten können spezifische Energieverbräuche (Elektroenergie: Ws/Packung, Druckluft: ml/Packung) bestimmt werden. Mit diesen Daten sind ein energetischer Vergleich unterschiedlicher Maschinen und die Bestimmung des kostenoptimalen Arbeitspunkts möglich.

### Simulation ist zweckmäßig

Damit die Auswirkungen verschiedener Möglichkeiten zur Prozessoptimierung (Bedienschulung, Produktionsplanung, usw.) auf die spezifischen Verpackungsprozesskosten bereits im Vorfeld der Umsetzung abgeschätzt werden können, ist die Simulation des Betriebsverhaltens der betrachteten Anlage zweckmäßig. Die Basis der Simulation des betriebszustandsabhängigen energetischen Verhaltens von Verpackungsmaschinen bilden neben Energieverbrauchsdaten u. a. Kenntnisse zum Ausfallverhalten der Maschinen. Ausfallzeitpunkte und -dauer sind innerhalb eines Betrachtungszeitraumes nicht immer gleich verteilt. Zur realitätsnahen Abbildung des Betriebsverhaltens von Verpackungsmaschinen ist daher das Wissen um die Verteilungsfunktionen der Ausfalldauern und -zeitpunkte erforderlich. Da die in der Literatur verfügbaren Angaben voneinander abweichen, galt es zunächst

anhand ermittelter Realdaten geeignete Verteilungsfunktionen zu ermitteln. Es wurde ein Modul zur Analyse von Betriebsdaten erarbeitet und in das Simulationstool implementiert, um die Verteilung von Lebens- und Ausfalldauern zu parametrieren. In der Zuverlässigkeitstheorie werden Exponential-, Weibull-, Gamma-, Normal- und logarithmische Normalverteilung als häufigste Verteilungsfunktionen genannt. Da bei der Normalverteilung auch nicht praxisrelevante negative Zeiten eintreten können, wurden weiterführend ausschließlich Exponential-,

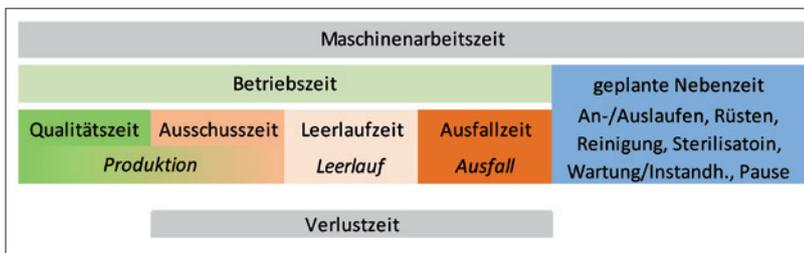


Abb. 3: Zuordnung der Betriebszustände zu Zeitbegriffen nach DIN 8743

Weibull-, Gamma- und logarithmische Normalverteilung verwendet. Mit dem Analysemodul können Daten von Maschinenbeobachtungen eingelesen und ausgewertet werden. Die Abschätzung der Verteilung erfolgt durch eine automatische Datenanalyse. Damit wurde eine Möglichkeit geschaffen, Verteilungsfunktionen für die Lebens- und Ausfalldauer bei unterschiedlichen Verpackungsmaschinen zu bestimmen und für die Simulation des Betriebsverhaltens zu nutzen. Auf Basis des parametrisierten Ausfallverhaltens sowie der

Energieverbrauchswerte kann das zeitlich energetische Betriebsverhalten simuliert werden, wobei gegenwärtig Qualitätszeit und Verlustzeiten (technisch oder organisatorisch bedingt) sowie der spezifische Verbrauch an Elektroenergie und Druckluft berücksichtigt werden. Im Ergebnis können die Auswirkungen folgender Einflüsse auf den spezifischen Energieverbrauch dargestellt werden. Zum einen ist das der Einfluss des beeinflussbaren Ausfallverhaltens, z. B. durch Verbesserung der organisatorischen Abläufe oder Investitionen in technische Erweiterungen. Zum anderen der Einfluss der Einstellausbringung bzw. der Arbeitsgeschwindigkeit. Um eine breite Einsetzbarkeit des Simulationswerkzeugs zu gewährleisten, wurde besonderes Augenmerk auf dessen Flexibilität gelegt. Somit ist es um weitere Betriebszustände sowie um Energie- und Ressourcenarten erweiterbar. Den Abschluss des Vorhabens bilde-

der nächste Schritt. Auch wird die Implementierung in eine Maschinensteuerung und die Realisierung eines selbstlernenden intelligenten Monitoring-Moduls verfolgt. Dieses soll anhand von Betriebsdaten und Energie- bzw. Ressourcenverbrauchswerten produktabhängige energetische Kennlinien ermitteln und daraus eine ressourceneffiziente und damit kostengünstige Betriebsweise ableiten. Mit dem Ziel einer Optimierung der Produktionsplanung sollen darüber hinaus Empfehlungen zur Nutzung ungeplanter Stillstände für vorgezogene geplante Nebenzeiten wie Wartung und Reinigung gegeben werden.

AS/SP/RC/JPM/ct

Das ZIM-Projekt "Entwicklung und prototypische Realisierung eines energieoptimalen Zuführsystems für Verpackungsmaschinen" (KF 2218508 PKO) wurde dankenswerterweise durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Der vollständige Schlussbericht kann bei der IVLV angefordert werden.

### Quellen

- [1] Bleisch, G.; Majschak, J.-P.; Weiß, U.: Verpackungstechnische Prozesse, Behr's Verlag Hamburg, 2011
- [2] Bleisch, G.; Goldhahn, H.; Schrickler, G.; Vogt, H. (Hrsg.): Lexikon Verpackungstechnik. Behr's Verlag Hamburg, 2003
- [3] Weile, F.: IVLV-Merkblatt "Kenngrößen für Verpackungsmaschinen und -linien (Betriebsverhalten)", 1998
- [4] Norm DIN 8743, 2004-06. Verpackungsmaschinen und Verpackungsanlagen – Zeitbezogene Begriffe, Kenngrößen und Berechnungsgrundlagen
- [5] Kather, A.; Haufe, Ch.; Voigt, T.: Weihenstephaner Standards für die Betriebsdatenerfassung bei Getränkeabfüll- und Verpackungsanlagen – Teil 2: Inhaltliche Schnittstellenspezifikation, Version 2005.04, TU München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, 2005