

Vergleichbarkeit des Energiebedarfs der Intralogistik in Distributionszentren

Wie kann der Energiebedarf von Distributionszentren vergleichbar ermittelt werden?

Dr.-Ing. Meike Braun

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL),

Gotthard-Franz-Str. 8, 76131 Karlsruhe, Deutschland

E-mail: Meike.Braun@kit.edu

Telefon: +49(0)721/608-48638

Zusammenfassung

Energieeffiziente Systeme nehmen in der heutigen Zeit einen immer größer werdenden Stellenwert ein. So werden z. B. neu entwickelte Produkte in Marketingkampagnen in der Intralogistikbranche im Vergleich zu Vorgänger- oder Konkurrenzprodukten immer häufiger mit verbesserter oder steigender Energieeffizienz beworben. [1] Die Berechnung und Angaben dieser Marketingwerte sind heutzutage aber individuell für bestimmte Einzelfälle erstellt. Damit können die angegebenen Vergleiche teilweise zu irreführenden Aussagen führen. Auch bei ersten Analysen und Gesprächen bei Industrieunternehmen wurde deutlich, dass zur Ermittlung und Vorhersage des Energiebedarfs von automatisierten Anlagen die aktuellen Energiebedarfe kaum bis gar nicht bekannt sind. Damit wird deutlich, dass in diesem Themenfeld noch Forschungsbedarf besteht.

In diesem Beitrag werden die Grundlagen zur Ermittlung des Energiebedarfs fördertechnischer Systeme mit Hilfe einer innovativen Methode aufgezeigt. Die entwickelte Vorgehensweise ermöglicht eine einfache und nachvollziehbare Durchführung mit zuverlässigen Ergebnissen in der Planungs-, Umsetzungs- und Modernisierungsphase. Kleine und mittelständige Unternehmen (KMUs) haben mit den Ergebnissen nun erstmalig die Möglichkeit, energieeffiziente Neuerungen für ihre Kunden transparent zu gestalten und damit CO₂-arme und ressourcenschonendere technische Anlagen zur Warenverteilung anzubieten. Die Ergebnisse bilden außerdem die Basis des FEM Leitfadens *Energy consumption – determination methods*. Der Leitfaden wird bis 2018 über die *European materials handling federation* (FEM) international veröffentlicht werden. Er liefert der Industrie eine einheitliche Vorgehensweise, um realistische und aussagekräftige Angaben des Energiebedarfs von Gesamt- oder Einzelsystemen beim Endkunden zu gewährleisten.

Stichworte: Energiebedarf, Leistung, Anschlussleistung, Distributionszentrum, Intralogistik, Leitfaden, Evaluation

Einleitung

Angesichts steigender Energiepreise, Ressourcenknappheit, verschärfter Umweltrichtlinien und einem zunehmenden Nachhaltigkeitsbewusstsein der Gesellschaft gewinnt das Thema Energieeffizienz in Industrie und Handel an Bedeutung. Als Bestandteil der Wirtschaft ist die Logistikbranche ebenfalls von diesem Umdenkprozess betroffen. Ihren wachsenden Stellenwert in der Handelswelt verdankt die Logistikbranche dem während der letzten Jahre angestiegenen Volumen von Güterströmen. Gesteigerte Anforderungen wie bspw. erhöhte Flexibilität, Dynamik, Schnelligkeit, ökologische Nachhaltigkeit und Energieeffizienz an das Logistiknetzwerk resultieren aus diesen Entwicklungen. Durch die Gestaltung umweltgerechter, ressourcen- und energieeffizienter Systemkomponenten trägt die „Grüne Logistik“ dazu bei, diesen gegenwärtigen Ansprüchen zu genügen. Der Einsatz energieeffizienter Systeme besitzt während der Entwicklung, Planung und Realisierung von Projekten einen immer höheren Stellenwert. [2]

Zur Prognose des Energiebedarfs automatisierter, intralogistischer Systeme existieren derzeit differierende Ansätze. Diese sind jedoch nicht branchenweit einheitlich abgestimmt, wodurch Firmen der Intralogistik eigene, undurchsichtige Werkzeuge zur Ermittlung des Energiebedarfs ihrer Lösungen verwenden. Insgesamt sind dadurch keine fundierten Vergleiche zwischen unterschiedlichen Lösungen möglich und Diskussionen vorprogrammiert.

Ausgangssituation

Die Ausgangssituation in der Ausschreibungsphase, z. B. von neuen Distributionszentren, sieht heutzutage folgendermaßen aus: Im Ausschreibungstext definiert der Kunde die wichtigen Anforderungen seines Projektes, z.B. die örtliche Lage des Wareneingangs oder Warenausgangs sowie die Durchsatzkapazität, d. h. wie viele Güter im Gesamtsystem verarbeitet, gelagert oder transportiert werden sollen. Danach erstellen Systemlieferanten ihre individuellen Lösungen, die sich im Systemlayout sowie in der technischen und strategischen Gestaltung unterscheiden, jedoch den Anforderungen des Angebots genügen. Die wichtigsten Kennzahlen dieser Angebote sind die realisierbare Durchsatzkapazität und die Investitionskosten der Gesamtlösung.

Aufgrund der Zunahme des Einsatzes energieeffizienter Systeme und der Steigerung des Nachhaltigkeitsgedankens nutzen einige Lieferanten bereits heute eine weitere Kennzahl in ihren Angeboten – der erwartete Energiebedarf. Dieser Energiebedarf wird jedoch nicht anhand eines Einheitsspiels berechnet, sondern je nach Anbieter, Lösung und Layout mit Hilfe des firmeneigenen Werkzeugs ermittelt. Damit können diese Größen nicht einheitlich von mehreren Angeboten verglichen werden.

Die Definition eines allgemeinen, standardisierten und damit vergleichbaren Zyklus zur Ermittlung des Energiebedarfs von Gesamtsystemen ist nicht trivial, da jedes Distributionszentrum sein spezifisches Layout besitzt. Je nach Kundenanforderung werden unterschiedliche Ladegüter oder verschiedene Massen transportiert. Es existieren andere Durchsatz- und Verweilzeiten oder variierende Flächen der verschiedenen Bereiche, z. B. des Lagers, Sorters. Die Vielfalt der För-

dertechnik des innerbetrieblichen Materialflusses nimmt auf Grund neuer Steuerungs- und Regelungstechniken kontinuierlich zu, sodass dadurch kaum noch Grenzen in den Realisierungsmöglichkeiten zu erkennen sind.

Zwar können Distributionszentren anhand immer wiederkehrender Prozesse charakterisiert werden, doch ist die technische Realisierung nie identisch. Dies soll am Beispiel des *Lager- und Kommissioniervorgangs* verdeutlicht werden. Die Prozessschritte sehen wie folgt aus: „Transport der Waren von der Bereitstellung des vorhergehenden Prozesses, die Einlagerung, die Lagerung und die Entnahme der Waren sowie die Entsorgung von Ladungsträgern bzw. Verpackungsmaterial. Beendet wird das Lagern und Kommissionieren mit der Bereitstellung der fertig entnommenen Ware. Eventuell erfolgt eine Umlagerung der Waren in einen anderen Lager- und Kommissionierbereich, der wiederum durch die Tätigkeiten Transport, Einlagerung, Lagerung und Entnahme durchgeführt wird.“ [3]

Die Aufgabe soll anhand des folgenden Fallbeispiels dargestellt werden: Eine Palette (1 to) mit vielen kleinen Ladungsträgern (25 Stück à 40 kg) wird am Wareneingang angeliefert. Sie soll im Hochregallager einige Zeit verweilen und abschließend den Warenausgang vereinzelt verpackt verlassen (siehe Abbildung 1).

Fall 1: Die Palette wird unverändert vom Wareneingang ins Hochregallager transportiert und dort mit einem Paletten-Regalbediengerät eingelagert. Nach einer Verweilzeit wird die gesamte Palette zum Kommissionierplatz gefahren, um dort vereinzelt zu werden. Dabei wird jeweils ein Ladegut von der Palette entnommen und danach wird die Palette wieder eingelagert. Dies geschieht so lange bis die Palette vollständig geleert ist und alle Ladegüter vereinzelt verpackt am Warenausgang liegen.

Fall 2: Die Palette wird am Wareneingang bereits vereinzelt und jeweils als einzelnes Ladegut von einem Behälter-Regalbediengerät eingelagert. Nach einer Verweilzeit werden die einzelnen Ladegüter direkt an den Kommissionierplatz gefahren und können dort direkt verpackt und zum Warenausgang weitergeleitet werden.

Fall 3: Die Palette wird am Wareneingang vereinzelt und als einzelnes Ladegut von einem Shuttle-System eingelagert. Auch hier erfolgt nach einer Verweilzeit die Fahrt der Ladegüter an den Kommissionierplatz und die Weiterleitung an den Warenausgang.

Für alle Fälle kann nun für ein exemplarisches Systemlayout der Energiebedarf ermittelt werden. Während bei Fall 1 ein schweres Paletten-Regalbediengerät mit einer Gesamtmasse von ca. 20 to bewegt werden muss, ist es in Fall 2 ein ca. 3-5 to schweres Regalbediengerät und in Fall 3 nur noch ein ca. 200 kg schweres Shuttle-Fahrzeug. Dementsprechend kann für Fall 1 ein Energiebedarf von ca. 13 kWh, für Fall 2 ca. 3 kWh und für Fall 3 von ca. 1 kWh berechnet werden (siehe Abbildung 1). Es wird deutlich, dass bei gleicher Prozessaufgabe der Einsatz der Technik einen erheblichen Unterschied mit sich bringt.

Mit diesem Beispiel soll deutlich werden, dass die Definition eines allgemeinen Zyklus, wie z. B. bei TV-Geräten oder PKWs, keinen Vorteil gegenüber der heutigen Situation bringt. Damit wäre

es dem Kunden ebenfalls nicht möglich für seine Lösung einen individuellen Energiebedarfswert zu erhalten und anhand der Kennzahl eine bessere Auswahl des Systemlieferanten zu treffen.

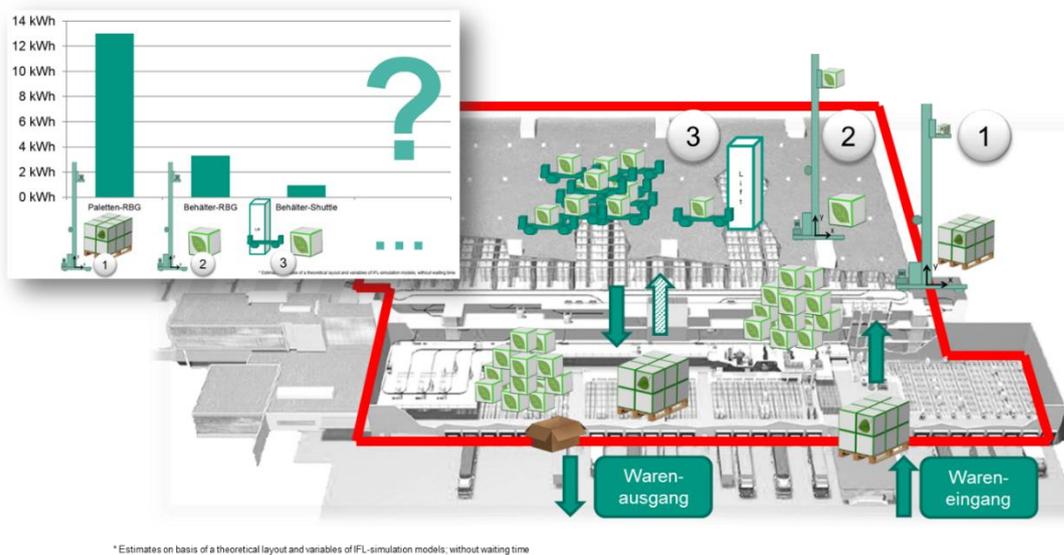


Abb. 1: Darstellung der Transportaufgabe von Fall 1, Fall 2 und Fall 3 mit den jeweils berechneten Energiebedarfen für ein theoretisches Layout.

Außerdem würden mit der Definition eines Standardzyklus energieeffiziente Produkte und Gesamtenergiekonzepte weiterhin nicht für den Kunden sichtbar sein. Wenn beispielsweise die häufigste Transportaufgabe des Kunden lautet: 1 to über eine Strecke von 500 m zu fahren, so benötigt er ein Förderzeug, das dafür den geeignetsten Energiebedarf bei entsprechenden Investitionskosten und unter Berücksichtigung des Gesamtsystems liefert.

Wenn nun ein Standardzyklus definiert wäre über die Aufgaben „Fahren“, „Heben“, „Senken“, „Neigen“ und „Lenken“, so beinhaltet diese Zahl bzw. die Energieeffizienzklasse mehr als die reine Transportfahrt. Wählt nun ein Kunde das Fördermittel ausschließlich aufgrund der entsprechenden Energieeffizienzklasse, z. B. „grün“ für Energieeffizienzklasse 1, anstelle der „rot“ für Energieeffizienzklasse 2, so kann es sein, dass bei der Durchführung seiner spezifischen Transportaufgabe das Förderzeug einen bedeutend schlechteren Wirkungsgrad und damit Energiebedarf hat als angegeben. Ist es nun also besser „grüne“ Fördermittel einzusetzen, die dann „rot“ betrieben werden, oder ab wie vielen „roten“ Fördermitteln, die aber energieeffizient betrieben werden, ist ein Gesamtsystem „schlecht“? Zur Vermeidung derartiger Fragestellung und zur Erhöhung der Sichtbarkeit energieeffizienter Produkte, die über den Gesamtlebenszyklus Energie einsparen, muss ein dem Kunden individuell entwickelter Zyklus je nach Angebot entwickelt werden.

Der Leitfaden „Energy consumption – determination methods“

Diese Fragestellung beschäftigt sich das Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) bereits seit einigen Jahren. Durch Forschungsarbeiten, wie z. B. [4], konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, Energiebedarfsmodelle für Fördermodule, wie z. B. das Regalbediengerät, aufzustellen, mit realen Messdaten zu evaluieren und damit hinreichend genaue Ergebnisse zu bekommen. Diese Ergebnisse wurden in der Forschungsgemeinschaft und den Fachausschüssen der Branche vorgestellt und fanden großes Interesse.

Daraufhin beauftragte die *European materials handling federation* (kurz: FEM) der Produktgruppe Intralogistik das IFL einen Leitfaden gemeinsam mit den marktführenden Industrieunternehmen zu entwickeln, um damit ein branchenweites gemeinsames Verständnis zu erarbeiten.

Der Leitfaden *Energy consumption – determination methods* basiert primär auf dem Bottom-up Ansatz, d. h. über eine Detailbetrachtung einzelner Fördermodule können die jeweiligen Energiebedarfe berechnet und zu Sub- bzw. Gesamtsystemen zusammengesetzt werden. Der Leitfaden ist in Form von 19 Kapiteln aufgebaut. Nach Einleitung und Ziel folgt das Kernkapitel *Determination process*. Der Ablaufplan zur Ermittlung und ggf. Evaluation des Energiebedarfs des kundenindividuellen Szenarios, dem „EcoDeMISE (kurz für **E**nergy **c**onsumption – **D**etermination **M**ethods of Intralogistics **S**ystems and **E**quipment)“-Szenario, ist in Abbildung 2 zu sehen.

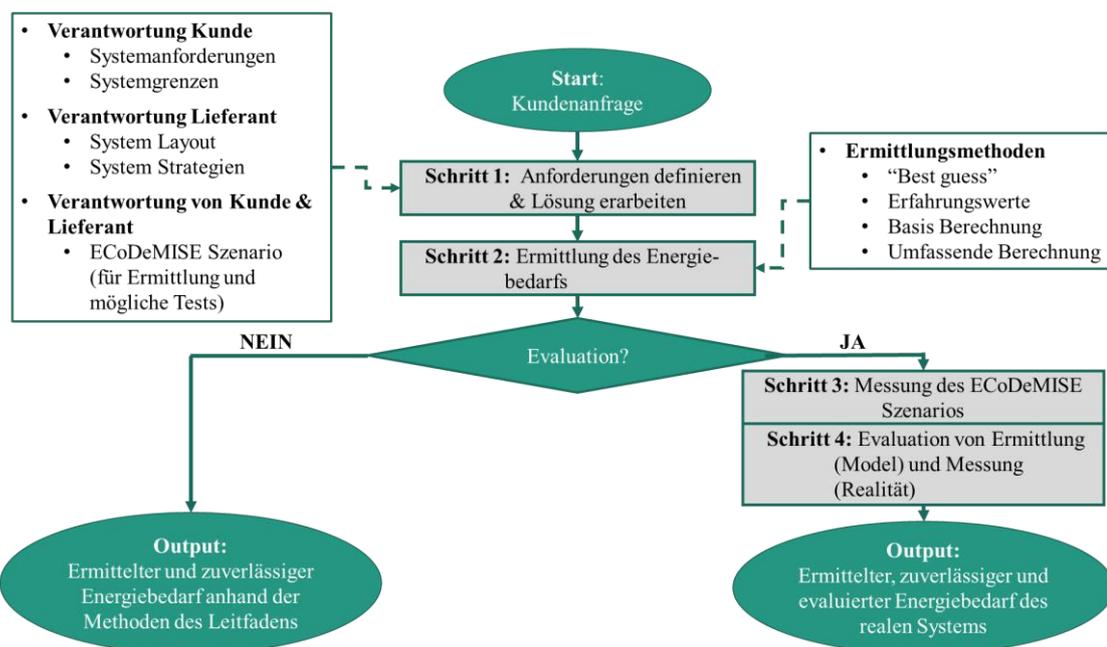


Abb. 2: Ablaufplan zur Ermittlung und Evaluation des Energiebedarfs im Leitfaden *Energy consumption – determination methods*.

Nach der Kundenanfrage werden im ersten Schritt die jeweiligen Anforderungen definiert, d. h. was soll das System können, wie sieht die Systemgrenze aus. Danach kann der Lieferant eine Lösung entwickeln, die aus einem technischen Layout sowie den strategischen Betriebsszenarien besteht. Gemeinsam definieren Kunde und Lieferant daraufhin den *EcoDeMISE* Zyklus, für den der Lieferant den Energiewert ermitteln kann.

Zur Ermittlung stehen vier Methoden zur Auswahl:

- *Best Guess*: Damit ermittelt der Lieferant den Energiewert ausschließlich aufgrund seiner Erfahrung.
- *Erfahrungswerte*: Der Lieferant hat bereits einige Messungen durchgeführt und schließt daraufhin auf den Energiewert des abgestimmten Zyklus.
- *Basis Berechnung*: Im Leitfaden sind dem Lieferanten Formeln angegeben, die mit einer geringen Parameteranzahl einen Energiewert liefern.
- *Umfassende Berechnung*: Mit diesen Formeln ist eine ausführliche und detaillierte Berechnung möglich, die das höchste Maß an Genauigkeit liefert.

Nach der Ermittlung kann der Wert mit realen Messdaten evaluiert werden. Hierzu sind im Leitfaden Erläuterungen und Vorgehensweisen zusammengefasst.

Ausblick

Der Leitfaden wird bis 2018 über die FEM international veröffentlicht werden. Damit kann der heutigen Herausforderung bzgl. Energiekosten und -bedarfe in der Ausschreibungsphase begegnet werden und energieeffiziente und neuartige Technik wertvoller gemacht werden.

Zur Umsetzung und Anwendung der Richtlinie werden bereits Schulungskonzepte sowie praktische Anwendungsfälle und Demonstratoren entwickelt. Diese werden nach Veröffentlichung des Leitfadens entsprechend angeboten. Interessierte wenden sich direkt an Frau Dr.-Ing. Braun.

Danksagung

Das IFL bedankt sich für die Möglichkeit der Entwicklung der Richtlinie bei der FEM und dem VDMA und ganz herzlich bei allen beteiligten Industriepartnern für die großartige Zusammenarbeit während der Erstellung.

Literaturverzeichnis

- [1] DENA - Deutsche Energieagentur: Ratgeber Fördertechnik für Industrie und Gewerbe. In: Initiative EnergieEffizienz (2010).
- [2] VDI 3633-1; Verein Deutscher Ingenieure. (Hrsg.): Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen Grundlagen Blatt 1. Beuth Verlag, Düsseldorf, 2010.
- [3] Wissner, Jens: Der Prozess Lagern und Kommissionieren im Rahmen des Distribution Center Reference Model (DCRM), Technische Universität Karlsruhe, Dissertation, 2009.
- [4] Braun, Meike Sophie Anna: Entwicklung, Analyse und Evaluation von Modellen zur Ermittlung des Energiebedarfs von Regalbediengeräten, Karlsruher Institut für Technologie, Dissertation, 2016.