



# INTELLIGENTES ENERGIEMANAGEMENT SENKT BETRIEBSKOSTEN VON AUTOMATISCHEN LAGERN

Um den Energiebedarf intralogistischer Anlagen zu reduzieren, verfolgt das Unternehmen Viastore Systems verschiedene Strategien. Eingang gefunden haben die dabei gewonnenen Erkenntnisse in das Warehouse-Management-System Viadat. Entstanden ist so ein intelligentes Energiemanagement, mit deren Hilfe sich am entstehenden Regelenergiemarkt teilnehmen lässt.

**D**eutschland und viele andere Länder fördern u. a. aufgrund des Klimawandels die erneuerbaren Energien. Dies führt zu höheren Steuern, Abgaben und Umlagen und somit zu höheren Strompreisen. Zusätzlich wird durch den größeren Anteil an erneuerbaren Energien ein Paradigmenwechsel vollzogen: Früher folgte die Stromproduktion der Stromnutzung. In Zukunft folgt die Stromabnahme der Erzeugung. Das liegt vor allem an den fluktuierenden erneuerbaren Energien wie Wind- und Sonnenenergie. Diese sind abhängig von den vorliegenden Wetterbedingungen, somit lässt sich die Stromproduktion nicht aktiv beeinflussen. Deren steigender Anteil am Strommix führt zu einer schwankenden Stromerzeugung, die zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit ausgeglichen werden muss. Möglich ist das mithilfe von Reservekraftwerken, Stromspeichern oder elektrischem Lastmanagement bzw. Demand-Side-Management (DSM). Bei DSM wird die Stromabnahme durch zeitliche Verschiebung von Lasten an die Stromproduktion angepasst.

All dies hat zwangsläufig auch Auswirkungen auf die Intralogistik. Die Anwender fordern heute bereits in der Vertriebsphase einen verlässlichen Wert für den Energiebedarf der Anlage. Teilweise drohen sie bei Überschreitung mit Strafgebühren. Hinzu kommt die Anforderung nach Systemkomponenten, die den sicheren Wiederanlauf der Anlage nach einem Stromausfall ermöglichen. In Deutschland ist die Versorgungssicherheit zwar gewährleistet, in anderen europäischen Ländern kann es aber zu Stromschwankungen und -ausfällen kommen.

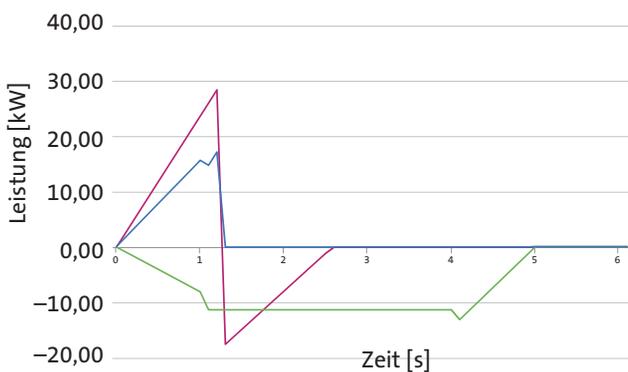
Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken, verfolgt der Intralogistik-Spezialist Viastore folgende Ansätze:

- Energiebedarfsoptimierung durch Reduzierung der Wege,
- Energiebedarfsreduzierung durch das Optimieren von Bewegungen sowie
- Anpassen der Leistung und
- Optimieren der Energienutzung.

Dipl.-Ing. Paul Hahn-Woernle ist Entwicklungsingenieur bei der Viastore Systems GmbH, Stuttgart

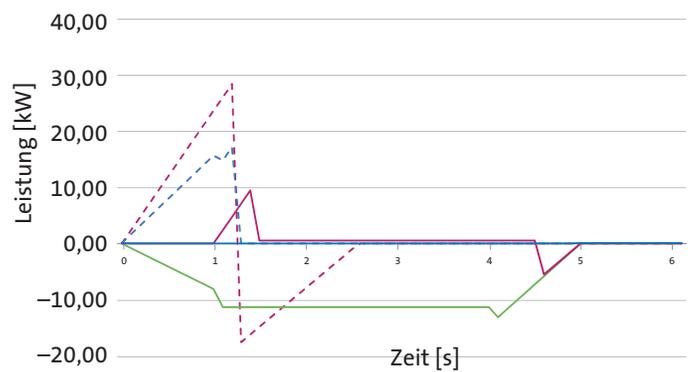
**01 Die neue RBG-Steuerung optimiert den Startzeitpunkt sowie die Geschwindigkeit der Achsen und reduziert den Energiebedarf**

**Leistungsbedarf RBG ohne Optimierung**



- Leistung Fahrwerk (FW) konventionell [kW]
- Leistung Hubwerk (HW) konventionell [kW]
- Leistung Gesamt ohne Optimierung Zwischenkreis-Kopplung ZK [kW]

**Leistungsbedarf RBG mit Optimierung**



- - Leistung FW konventionell [kW]
- - Leistung Gesamt ohne Optimierung ZK [kW]
- Zwischenkreis-Kopplung Startzeit und Geschwindigkeit optimiert [kW]
- Leistung HW konventionell [kW]
- Leistung FW Startzeit und Geschwindigkeit optimiert [kW]

**ENERGIEBEDARFSOPTIMIERUNG**

Die Energiebedarfsoptimierung durch Reduzierung von Wegen basiert auf dem physikalischen Gesetz:  $Energie = Kraft \times Weg$ .

Indem die Wege reduziert werden, wird bei gleichbleibender Kraft der Energiebedarf reduziert. Die intelligente Einlager- und Umlageroptimierung (ELO/ULO) reduziert Wege und damit den Zeit- und den Energiebedarf. Bei einem Doppelspiel wird eine Lagereinheit an dem Übergabeplatz (ÜP) aufgenommen, anschließend zum Einlagerfach transportiert und dort abgestellt. Daraufhin fährt das Regalbediengerät zum Auslagerplatz, nimmt dort die Lagereinheit auf, transportiert diese zum ÜP und gibt sie dort ab. Bei einem willkürlich gewählten Einlagerplatz kann der Abstand zwischen Ein- und Auslagerplatz sehr groß sein. Die intelligente Einlager- und Umlageroptimierung des Warehouse-Management-Systems Viadat wählt den Einlagerplatz möglichst nahe am Auslagerplatz. Damit lässt sich der Energiebedarf um bis zu zehn Prozent reduzieren und die Durchsatzleistung (Ein- und Auslagerungen pro Stunde) um bis zu sieben Prozent erhöhen.

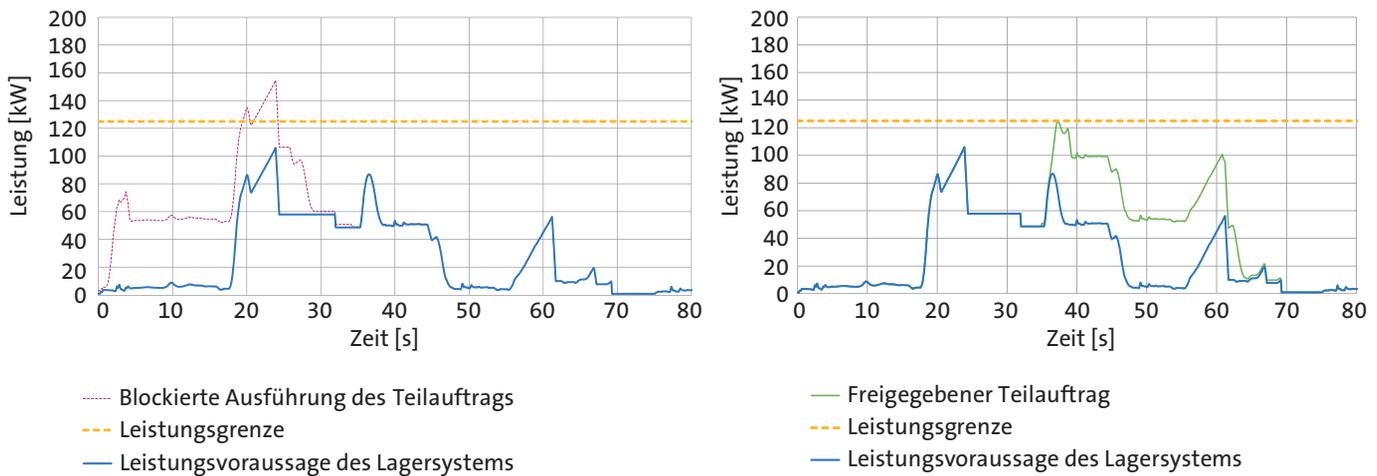
Auch die permanente dynamische ABC-Zonierung reduziert Wege und damit den Zeit- und Energiebedarf. Bei einer chaotischen Lagerung werden die Einlagerfächer zufällig ausgewählt. Damit ist es möglich, dass ein Artikel mit einer niedrigen Zugriffshäufigkeit (C-Artikel) nahe am Übergabeplatz und ein Artikel mit einer hohen Zugriffshäufigkeit (A-Artikel) weit entfernt vom Über-

gabeplatz lagert. In vielen Lagern resultieren zwischen 70 bis 80 Prozent der Bewegungen auf dem Umschlag von A-Artikeln. Die permanente dynamische ABC-Zonierung von Viadat reduziert Wege, indem A-Artikel ihren Platz möglichst nahe dem Übergabeplatz und C-Artikel möglichst weit weg vom Übergabeplatz finden. In der Summe lässt sich so der Energiebedarf um bis zu 23 Prozent senken und die Durchsatzleistung um 14 Prozent erhöhen. In Kombination mit der Einlager- und Umlageroptimierung wird der Energiebedarf um bis zu 27 Prozent reduziert und die Durchsatzleistung um bis zu 17 Prozent gesteigert. Zusätzlich optimiert Viadat die Fahrwege von mobilen Arbeitsplätzen, z. B. bei der Kommissionierung per Flurförderzeuge.

**ENERGIEBEDARFSREDUZIERUNG**

Bei der Energiebedarfsreduzierung durch optimieren von Bewegungen werden die Bewegungen von Regalbediengeräten verbessert. Ein Regalbediengerät verfügt über zwei elektrisch angetriebene Hauptachsen – die Fahrachse und die Hubachse. Beim Bremsen funktionieren die Antriebe wie Generatoren und wandeln mechanische in elektrische Energie um. Früher wurde diese elektrische Energie von Bremswiderständen als Wärme an die Umwelt abgegeben. Heute sind Regalbediengeräte standardmäßig mit einer Gleichstromverbindung zwischen den beiden Hauptachsen, der Zwischenkreis-Kopplung, ausgestattet. Über diese lässt sich Energie zwischen

**02** Gegenüberstellung von Leistungsmittelwert ohne (l.) und mit Energiemanagement



den Achsen austauschen und von der anderen Achse nutzen. Die Bewegungen von Regalbediengeräten sind größtenteils Kombinationen von Fahr- und Hubbewegung. Der Zeitbedarf für beide Bewegungen ist normalerweise unterschiedlich. Damit ist es möglich, den Startzeitpunkt der Bewegung der schnelleren Achse zu verändern, ohne die Durchsatzleistung zu reduzieren.

Bei älteren RBG-Steuerungen wurde in bestimmten Situationen der Startzeitpunkt der schnelleren Achse verschoben, um den Energiebedarf zu reduzieren. So wurde z. B. bei einer langen Fahrtbewegung und einer kurzen Hubbewegung die Hubbewegung so spät wie möglich gestartet, um die Bremsenergie vom Fahrwerk für das Heben zu verwenden. Damit werden der maximale Leistungsbedarf und der Energiebedarf gesenkt, ohne die Durchsatzleistung zu verändern.

Bei aktuellen RBG-Steuerungen wird neben dem Startzeitpunkt auch die Geschwindigkeit der schnelleren Achse optimiert. Links in Bild 01 ist der Leistungsbedarf einer kurzen Fahrtbewegung und einer langen Senkbewegung ohne Optimierung zu sehen. Beide Bewegungen starten gleichzeitig und fahren mit voller Geschwindigkeit an das Ziel. Bild 01 rechts zeigt den Leistungsbedarf der gleichen Fahrt, mit dem Unterschied, dass die Geschwindigkeit des Fahrwerks reduziert und dessen Startzeitpunkt nach der Beschleunigungsphase der Hubbewegung verlegt wurde. Damit lassen sich bei dieser Fahrt der maximale Leistungsbedarf und der Energiebe-

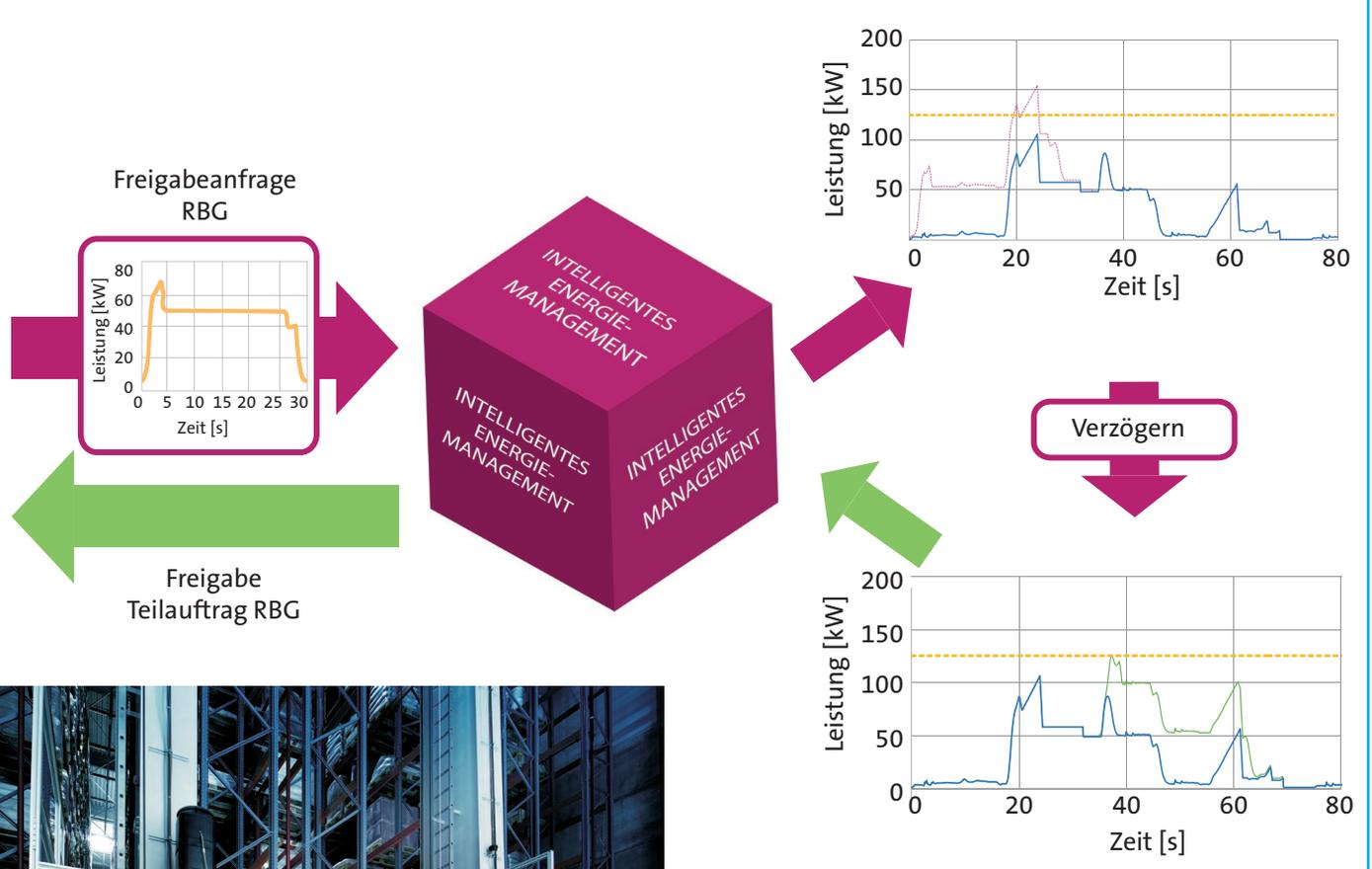
darf um mehr als 80 Prozent reduzieren. Zusätzlich wird aufgrund der geringeren Dynamik die Mechanik weniger belastet.

**ANPASSEN DER LEISTUNG**

Der dritte Ansatz von Viastore Systems ist das Anpassen der RBG-Leistung an den erforderlichen Umschlag des Lagers. Warum muss die Anlage mit voller Dynamik fahren, wenn kein Zeitdruck vorhanden ist? Da es dafür keinen plausiblen Grund gibt, wurden drei Energiemodi definiert. Im Normalbetrieb sind alle Anlagenteile aktiv und stehen mit voller Dynamik zur Verfügung. Im Energiesparmodus sind auch alle Anlagenteile aktiv, und die Software Viadat reduziert die Dynamikwerte (Geschwindigkeit und Beschleunigung) einiger Anlagenteile um 50 Prozent. Damit steht die maximale Durchsatzleistung nicht zur Verfügung. Im Standby-Modus werden große Teile der Anlage abgeschaltet. Ausschließlich Steuerungen und BUS-Systeme bleiben aktiv, um einen sicheren Wiederanlauf der Anlage zu gewährleisten. Mit dem Energiesparmodus wird der Energiebedarf pro Spiel um etwa zehn Prozent reduziert, der durchschnittliche Leistungsbedarf und die Durchsatzleistung lassen sich um bis zu 30 Prozent verringern. Bei der Fördertechnik sind die Reduzierung des Energiebedarfs und der Durchsatzleistung abhängig von der Systemkomponente. Aufgrund der geringeren Dynamik wird die Mechanik der Anlage geschont.

03

Das Energiemanagement ist eine zentrale Freigabeeinheit und begrenzt die absolute Leistungsspitze und die mittlere Leistung



OPTIMIEREN DER ENERGIENUTZUNG

Der Energiebedarf der Regalbediengeräte ist aufgrund der vielen Beschleunigungs-, Verzögerungs-, Hub- und Senkvorgängen sehr volatil. Der maximale Leistungsbedarf beträgt oftmals das Drei- bis Vierfache des mittleren Leistungsbedarfs. Um die Absicherungen und die Zuleitungen für das automatische Lager und die Stromversorgung für die ganze Anlage auszulegen, wird ein Netzanschluss-schreiben (NAS) angefertigt. Für dieses wird u. a. der maximale Leistungsbedarf benötigt. Bei fünf Regalbediengeräten ist das im Worst Case der fünffache maximale Leistungsbedarf eines Regalbediengeräts. Mit diesem Worst Case wären einige Komponenten

stark überdimensioniert. Aus diesem Grund wird im NAS der maximale Leistungsbedarf mithilfe von Gleichzeitigkeitsfaktoren berechnet. Diese basieren auf Erfahrung und sind ein Kompromiss zwischen Sicherheit und Optimierung. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die maximale Leistung jemals benötigt wird – aber es gibt keine Garantien, dass der Worst Case nicht doch einmal eintritt und ein Teil der Anlage ausfällt. Die neue Steuerungsgeneration von Viastore verhindert das gleichzeitige Anfahren der Regalbediengeräte.

Eine weitere Komponente der Optimierung der Energienutzung ist die mittlere Leistung bzw. der Leistungsmittelwert (Bild 02). Dabei handelt es sich um die durchschnittliche Leistung in 15 Minuten. Bei ausgewogener Verteilung von Ein- und Auslagerungen ist die Leistung nahezu konstant. Im Worst Case werden viele Artikel einlagert (z. B. Anlieferung Artikel A) und gleichzeitig keine ausgelagert. All diese Artikel werden z. B. wegen besonderer Fachabmessungen oben im Lager eingelagert. Damit steigt die mittlere Leistung aufgrund der eingebrachten potenziellen Energie durch die vielen Hubvorgänge. Über das ganze Jahr hat dies Auswirkungen auf die Stromkosten. Dabei sind Einlagerungen i. d. R. unkritisch.

Zur Optimierung der Energienutzung entwickelt Viastore in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss und Logistik (fml) der TU München ein intelligentes Energiemanagement. Mithilfe der Lösung lässt sich der maximale Leistungsbedarf und Leistungsmittelwert aktiv begrenzen (Bild 03). Das in-

telligente Energiemanagement ist eine zentrale Freigabeeinheit für das Regalbediengerät, das Teilaufträge zeitlich verschiebt, um die Grenzen einzuhalten. Jedes Regalbediengerät muss eine Freigabe für anstehende Teilaufträge einholen bevor es diese ausführt.

Mithilfe dieses Energiemanagementsystems lassen sich Komponenten wie Transformatoren oder Kabelquerschnitte kleiner dimensionieren; somit sinken die Anschaffungskosten und, z. B. bei Transformatoren, ist die Grundverlustleistung geringer. Zusätzlich wird durch die aktive Begrenzung des maximalen Leistungsbedarfs der Worst Case und damit ein Teilausfall der Anlage vermieden. Durch das Begrenzen des Leistungsmittelwerts entstehen keine ungewollten Lastgangspitzen und somit werden die Energiekosten nicht ungewollt erhöht. Zukünftig lässt sich damit auf die Verfügbarkeit der Energie reagieren und am entstehenden Regelenergiemarkt teilnehmen.

Fotos/Grafiken: Viastore

[www.viastore.de](http://www.viastore.de)



## DER DEUTSCHE STROMMIX: STROM-ERZEUGUNG IN DEUTSCHLAND

648 Milliarden Kilowattstunden Strom wurden 2016 in Deutschland erzeugt. Das sind 0,2 Prozent mehr als im Vorjahr. 29,5 Prozent davon kamen aus erneuerbaren Energiequellen, die damit weiterhin den ersten Platz im deutschen Strommix einnehmen. Rekordtag war der 8. Mai 2016. Um 13:00 Uhr wurden erstmals 86,3 Prozent des kompletten Strombedarfs durch Erneuerbare Energien gedeckt.

Der deutsche Stromverbrauch ist 2016 um 0,4 Prozent gegenüber dem Vorjahr gesunken bei gleichzeitigem Wirtschaftswachstum (1,8 Prozent). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Stromsektors sind im Jahresverlauf um 1,6 Prozent zurückgegangen (auf 306 Mio. Tonnen).

Quelle/Daten: [strom-report.de](http://strom-report.de)/AGEB e.V., BMWi, Destatis

