

Roadmap für eine nachhaltige Intralogistik

W. A. Günthner, P. Tenerowicz, S. Galka
 Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml)
 Technische Universität München

Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag zeigt das Spannungsfeld aus zukünftig steigenden Energie- und Rohstoffpreisen, der aktuell geführten Klimadebatte und verschärften umweltpolitischen Reglementierungen auf, in dem sich auch die innerbetriebliche Logistik derzeit mit neuen Herausforderungen konfrontiert sieht. Aufgezeigt wird anhand eines strukturierten Ansatzes, unterstützt von einer Reihe konkreter Anwendungsfälle, auf welche Weise der Forderung nach Nachhaltigkeit in der Intralogistik nachgekommen werden kann und mit welchen Chancen und Einsparpotenzialen die unterschiedlichen Maßnahmen verbunden sind.

1 Einleitung

Die Frage, welche Umstände der Thematik Nachhaltigkeit zur derzeitigen Breitenwirkung in allen Bereichen, sei es Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Verkehr oder Privathaushalt, verholfen haben, lässt sich nicht allein mit der Erwartung steigender Grundpreise für fossile Energieträger begründen. Tatsächlich hat auch die momentan geführte Klimadebatte vielerorts zu Überlegungen geführt, auf welche Weise sich ein vernünftiger - sprich sparsamer - Ressourceneinsatz mit wirtschaftlichen Zielen vereinbaren lässt.

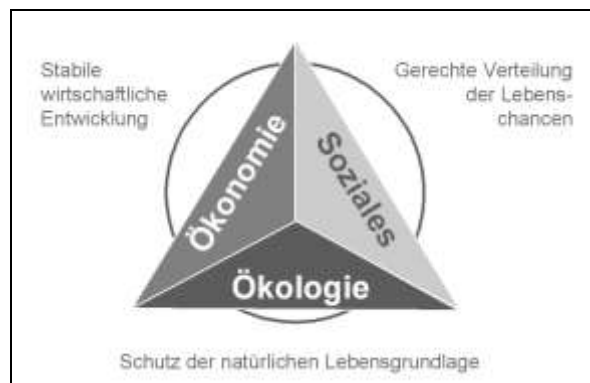


Abbildung 1: Zieldreieck der Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit kann als das Zusammenspiel dreier Teilziele verstanden werden (vgl. Abbildung 1). Die *ökologische Nachhaltigkeit* umschreibt das Ziel, die natürliche Lebensgrundlage für nachfolgende Generationen zu erhalten. Darunter fallen u.a. Aspekte wie der Klimaschutz sowie generell ein schonender Umgang mit der natürlichen Umgebung. Die *ökonomische Nachhaltigkeit* fordert eine Wirtschaftsweise, die dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Unternehmenserfolg und Wohlstand bietet. Die *soziale Nachhaltigkeit* verfolgt das Ziel, durch einen Ausgleich sozialer Kräfte eine zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erhalten. Der Gedanke, der dieser Dreiteilung zugrunde liegt, ist, dass ein ökologisches

Gleichgewicht nur erreicht werden kann, wenn parallel ökonomische Sicherheit und soziale Gerechtigkeit gleichrangig angestrebt werden. Im vorliegenden Beitrag wird der Begriff der Nachhaltigkeit mit starkem Fokus auf seiner ökologischer Ausprägung verwendet.

Insbesondere das Thema Energieeffizienz spielt für eine nachhaltige Intralogistik u.a. im Zusammenhang mit Fördermitteln und Logistikimmobilien eine entscheidende Rolle. Die angesprochenen steigenden Energiekosten und die Klimadebatte, aber auch gesetzliche Neuregelungen, verhelfen diesem Thema aktuell zu einer gesteigerten Aufmerksamkeit. Laut einer Untersuchung der Firma VanderLande Industries entfallen in einer Supply Chain 24% der Energiekosten auf den Bereich der Intralogistik [10]. Vor diesem Hintergrund soll sich dieser Beitrag vor allem mit der Frage beschäftigen, welches Potenzial speziell mit der Thematik Energieeffizienz verbunden ist. Handelt es sich nur um einen von Medien und Politikern geschaffenen kurzfristigen Trend? Oder kann sich die energieeffiziente Gestaltung von Prozessen und Abläufen in Zukunft zu einer neuen Schlüsselkompetenz im globalen Wettbewerb entwickeln, mit der sich ökonomische Vorteile realisieren lassen?



Abbildung 2: Energiekostenaufteilung eines großen Logistikdienstleisters [10]

Auch für viele Rohstoff- und Materialpreise, die im verarbeitenden Gewerbe derzeit rund 40% der Unternehmensausgaben ausmachen, wird ein rapider Anstieg prognostiziert [8]. Daher birgt ein sparsamer Ressourceneinsatz aus wirtschaftlicher Sicht hohes Einsparungspotenzial. Dafür sind zusätzlich Investitionen in moderne Anlagen- und Steuerungstechnik nötig.

Dass diese Investitionen auf lange Sicht äußerst rentabel sein können, zeigt eine Studie von McKinsey aus dem Jahr 2007 [11]. Mehr als 70 Unternehmen und Verbände waren an der Bewertung von über 300 Hebeln zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland beteiligt. Betrachtet wurden die Sektoren Energie, Gebäude, Transport und Industrie. Entstanden sind auf diese Weise so genannte Vermeidungskostenkurven (Abbildung 3), die zeigen, durch welche Maßnahmen sich Treibhausgasemissionen reduzieren lassen. Gleichzeitig werden diese Maßnahmen monetär bewertet, d.h. es wird angegeben, welche Kosten pro eingesparter Tonne CO₂-Äquivalent entstehen. Knapp zwei Drittel der Maßnahmen wurden aus Entsichtersicht als wirtschaftlich bewertet, darunter Energiesparmotoren, Drehzahlregler, Wärmerückgewinnung effiziente Beleuchtung und optimierte Heizsysteme. Diese Maßnahmen bergen zusammen ein Vermeidungspotenzial von

ca. 30 Megatonnen CO₂-Äquivalent und sind daher als sowohl ökonomisch sinnvoll als auch ökologisch notwendig einzustufen.

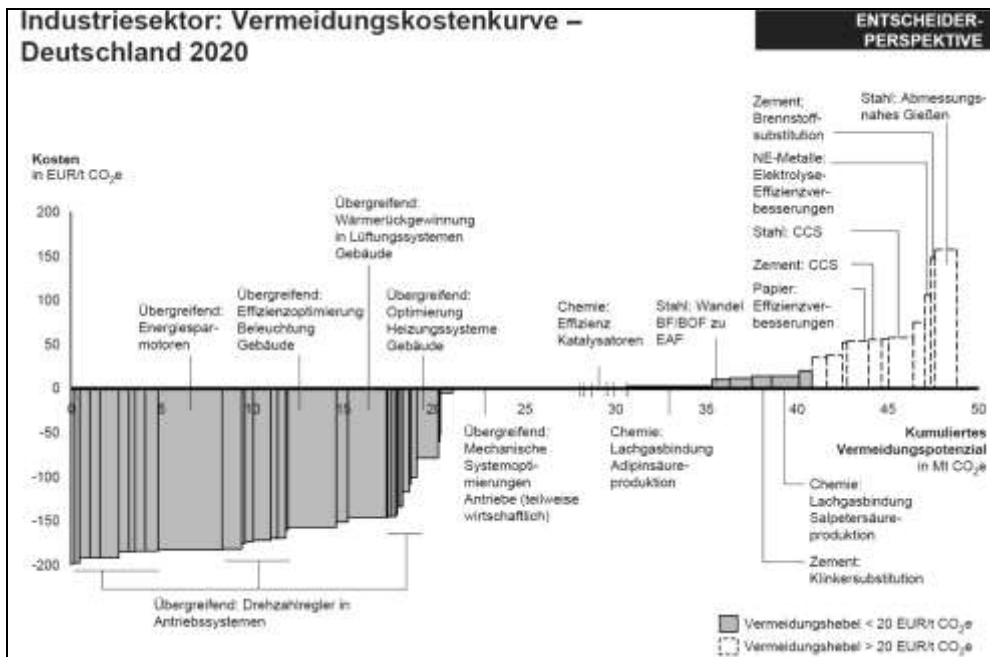


Abbildung 3: Vermeidungskostenkurve Industriesektor [11]

Gefördert durch die aktuelle Nachhaltigkeitsdiskussion werden diesbezüglich unterschiedlichste Konzepte und Ansätze diskutiert. Ziel des Beitrages ist es, dem Leser einen Überblick über die möglichen Einsparungspotenziale im Bereich der Intralogistik am Beispiel eines modernen Kommissioniersystems zu geben. Dabei soll der Beitrag dem Leser Impulse für die Ressourcenschonung im eigenen Unternehmen liefern.

2 Potenziale in der Intralogistik

Für die systematische Untersuchung von Nachhaltigkeits-Potenzial in der Intralogistik wird das Intralogistiksystem in die in Abbildung 4 aufgeführten vier Bereiche unterteilt. In den folgenden Kapiteln 2.1 bis 2.4 werden Optimierungsmöglichkeiten für die einzelnen Bereiche dargestellt. Der Argumentation aus Kapitel 1 folgend, bildet das Zieldreieck der Nachhaltigkeit dabei den Maßstab für die Bewertung der Potenziale.

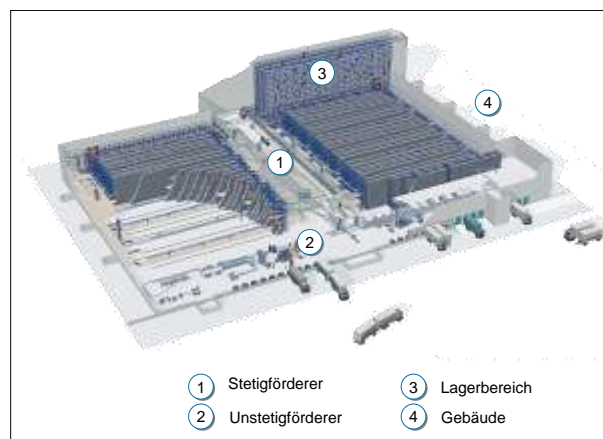


Abbildung 4: Betrachtete Bereiche eines Intralogistiksystems

2.1 Stetigförderer

Für den Transport großer Materialmengen auf festgelegten Strecken sind Stetigförderer die geeignete Lösung. Transportprozesse lassen sich mit Hilfe von Stetigförderern gut automatisieren. Die dafür notwendigen Investitionen und Betriebskosten können sehr hoch sein. Aufgrund der fest vorgegebenen Transportwege lassen sich diese nicht flexibel an veränderliche Prozesse anpassen. Unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit ist dies sicherlich ein Manko von Stetigförderern. Allerdings ist der Anpassungsaufwand in den vergangenen Jahren durch die Verwendung von Standardkomponenten und Speicherprogrammierbaren Steuerungen stark gesunken.

Auf die Antriebskomponenten einer einfachen Fördertechnik (Rollenförderer, Antriebsleistung 0,25 KW pro Antrieb) entfallen ca. 20-30% der Investitionen [14]. Ein Blick auf die Lebenszykluskosten von Stetigförderern zeigt, dass auf Grund der vielen elektrischen Antrieben die Energiekosten den größten Anteil darstellen. Einfluss auf den Anteil der Energiekosten haben der Antriebstyp, die Leistung und die Nutzungsdauer. Die Abbildung 5 stellt die Kostenanteile für drei Beispielmotoren dar.

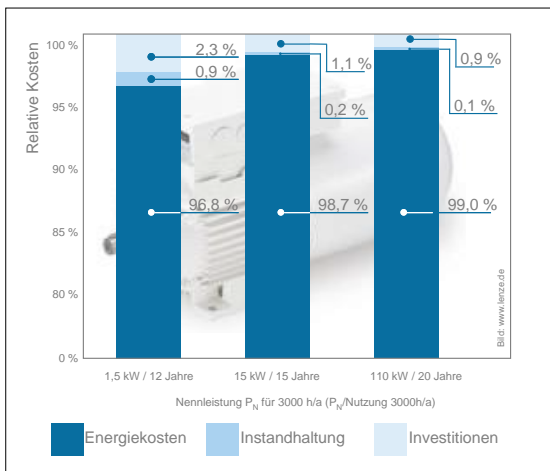


Abbildung 5: Anteil der Kostenarten im Lebenszyklus von Motoren [18]

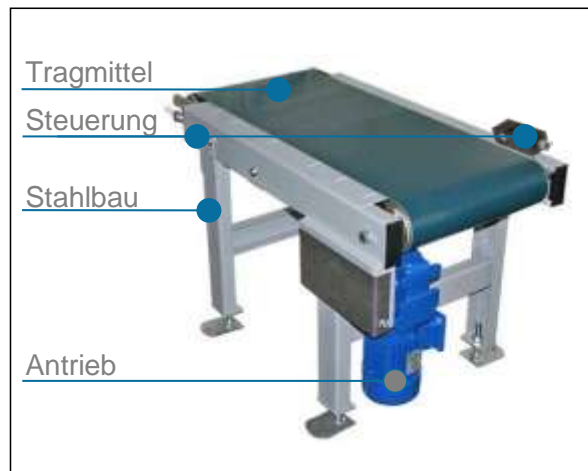


Abbildung 6: Komponenten eines Unstetigförderers am Beispiel eines Gurtförderers

Eine wichtige Stellgröße auf dem Weg zu einer nachhaltigen Fördertechnik ist die Reduzierung des Stromverbrauches. Die wesentlichen Komponenten eines Stetigförderers sind der Stahlbau, das Traggittel, der Antrieb und die Steuerung. Voraussetzungen für energetisch günstige Förderanlagen sind der Einsatz energiesparender Antriebe, eine präzise Dimensionierung des Motors sowie eine Reduktion der in Förderanlagen auftretenden Übertragungsverluste vom Motor zum Traggittel.

Übertragungsverluste können z.B. durch Reibung zwischen dem Transportband und den Laufrollen eines Gurtförderers auftreten. Erste Versuche haben gezeigt, dass durch ein Nanobeschichtung der Gurte die Gleitreibwerte zwischen Gurt und Gleitblech um bis zu 60% reduziert werden könne [13]. Durch die Reduzierung der Reibung verringert sich die benötigte Antriebsleistung, was zu einer Reduzierung des Energiebedarfes führt.

Im Rahmen der Planung von Stetigförderern werden die Antriebe oft überdimensioniert, da die Planer sichergehen wollen und Leistungsreserven einplanen. Dies kann über den Planungsprozess hinweg mehrmals vorkommen, so dass der verwendete Antrieb am Ende

viel zu leistungsstark für die vorgesehene Aufgabe ist. Durch die Reduzierung der Leistungsreserve kann der Energiebedarf und zumeist auch der Investitionsbedarf reduziert werden.

Ein weiterer Punkt, der die Nachhaltigkeit von Stetigförderern beeinflusst, ist der Einsatz von energieeffizienten Antrieben. Dazu müssen Motoren mit einem hohen Wirkungsgrad eingesetzt werden. Zurzeit haben Synchronmotoren in der Fördertechnik nur eine sehr geringe Verbreitung. Synchronmotoren haben im Vergleich zu Asynchronmotoren einen höheren Wirkungsgrad. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass die Erregerleistung durch den Permanentmagneten erbracht wird und nicht dem Stromnetz entnommen wird. Es ist davon auszugehen, dass bei steigenden Energiepreisen der Anteil von Synchronmotoren für den Antrieb von Stetigförderern steigen wird [17].

Stetigförderer laufen in der Regel mit einer konstanten Geschwindigkeit. Ein Frequenzumrichter macht in diesem Betriebsfall keinen Sinn. Häufig wird der Stetigförderer so ausgelegt, dass er die geforderte Spitzenlast abdeckt. In Zeiten, in denen die Spitzenlast nicht benötigt wird, ist die Geschwindigkeit des Förderers daher evtl. zu hoch. Durch neue Steuerungsansätze, die die Geschwindigkeit der Förderer nach dem Prinzip „Run on Demand“ in Abhängigkeit der geforderten Last variieren oder den Förderer abschalten, kann Energie eingespart werden [4]. Für solche dynamischen Betriebsfälle ist ein Frequenzumrichter notwendig. Der Einsatz hocheffizienter Elektromotoren sowie die Verwendung von Frequenzumrichtern zur elektronischen Drehzahlregelung können den Stromverbrauch in der deutschen Industrie um ca. 8% reduzieren [17].

Für die Aufteilung von Materialströmen auf Steigförderern wurden zumeist mechanische Ausschleuselemente wie seitlich angeordnete pneumatisch betriebene Pusher, Schwenk- oder Rotations-Abweiser verwendet. Dafür ist ein hoher Bedarf an Druckluft notwendig, welche nicht zu unrecht als teurer Energieträger gilt. In den letzten Jahren haben sich vollständig in die Förderstrecke integrierte Ausschleuser etabliert. Am häufigsten sind dabei angehobene und geschwenkte Rollenausschleuser. Diese Technik spart bis zu 90% der Druckluft im Vergleich zum klassischen Pusher [12].

2.2 Unstetigförderer

Der größte Anteil an Unstetigförderern in der Intralogistik entfällt auf Gabelstapler. Einsparpotenzial für Gabelstaplertransporte können durch eine Steigerung der Effektivität der Prozesse erzielt werden. Dies gelingt zum einen mit schlanken Transportprozessen und zum anderen durch die Nutzung von neuen Steuerungsstrategien. Der Einsatz von Staplerleistsystemen erlaubt eine Optimierung der Auftragszuordnung mit dem Ziel die Fahrwege zu reduzieren. Dies spart Energie und beim Überschreiten einer gewissen Fuhrparkgröße kann auch die Anzahl der notwendigen Gabelstapler reduziert werden. Nach Einschätzungen der Firma PSI Logistics können so bis zu 30% der Fahrzeugbewegungen vermieden werden [1]. Im Bereich der Kommissionierung kann durch das sogenannte Multiorder-Picking die Anzahl der Fahrten pro Auftrag reduziert werden.

Weitere Einsparungen können durch den Einsatz umweltschonender und effizienter Antriebstechnik erzielt werden. Spätestens auf der CeMAT 2008 hat sich gezeigt, dass das Thema bei den Staplerherstellern angekommen ist. Die durch die Automobilindustrie

bekanntesten neuen Antriebskonzepte lassen sich auf die Flurförderzeuge übertragen. Die Anforderungen an Flurförderfahrzeuge, wie der permanente Stop-and-go Betrieb, kommen Technologien wie dem Elektro- oder Hybridantrieben zugute. So kann beispielsweise die schwere Batterie bei einem Elektro-Gegengewichtsstapler gleichzeitig als Gegengewicht genutzt werden.

Die Suche nach neuen Antriebskonzepten für Flurförderfahrzeug ist primär getrieben durch die steigenden Energiepreise und verschärfte Abgasvorschriften. Das Umweltbewusstsein spielt noch eine untergeordnete Rolle im Vergleich zur Wirtschaftlichkeit, doch stellen die Marketingabteilungen der Hersteller diesen Aspekt immer stärker heraus.

Die Hersteller entwickeln Fahrzeuge mit Hybridantrieben, Brennstoffzellen, Wasserstoffmotoren oder Freikolbenmaschinen. Dabei werden dem Mild-Hybrid die größten Marktchancen zugeschrieben. Bei diesem Konzept wird der Startvorgang des Verbrennungsmotors durch einen Elektromotor unterstützt. Das Einsparungspotenzial an Treibstoff liegt bei ca. 25-30% [3]. Eng verknüpft mit der Entwicklung von Hybridantrieben ist die Weiterentwicklung der Batterien bzw. alternativer Energiespeicher, wie hydraulischer Blasenspeicher oder Kondensatoren. Ziel der Bemühungen ist es Energiedichte, Leistungsdichte, Ladezeit und energetischer Nutzungsgrad der Speicher zu verbessern. Um den unterschiedlichen Anforderungen an den Energiebedarf möglichst gut gerecht werden zu können, gehen die Bemühungen dahin, dass verschiedene Batterietypen in einem Gehäuse kombiniert werden.

Neben den bereits genannten Ansätzen gibt es weitere Ideen, mit denen der Energiebedarf und Materialeinsatz optimiert werden kann. 10% des Energieverbrauches lässt sich laut einer Studie der DEKRA durch eine Verbesserung des Rollwiderstandes der Reifen erzielen [2]. Ein weiterer Ansatz ist die Rückgewinnung von Energie angefangen bei Bremsen bis hin zur Rückgewinnung aus der Abwärme des Verbrennungsmotors. Direktantriebe in Form von Synchronantrieben bieten die Möglichkeit, auf ein stark untersetzendes Getriebe zu verzichten. Damit entfallen mechanische Verluste im Getriebe. Die Verluste bei Fahrtrieben liegen je nach Getriebe zwischen 3-10%. Durch den Wegfall des Getriebes entstehen weitere Kostenvorteile [19]. Der elektrische Direktantrieb wurde in einer Studie von Jungheinrich mit dem Namen „Concept 08“ umgesetzt. Die Studie zeichnet sich durch eine ergonomische und sicherheitsorientierte Gestaltung der Fahrplattform aus, so dass sie allen drei Zielkriterien der Nachhaltigkeit gerecht wird.

2.3 Lagerbereich

In energieintensiven Bereichen wie Kühllägern beeinflusst der Energieverbrauch stark die Betriebskosten. In diesem Lagertyp lässt sich durch die Reduzierung von Wärmequellen bares Geld sparen. Ein Ansatz ist die verstärkte Automatisierung dieser Bereiche. Dadurch kann die Wärmeeinbringung durch Tore und Beleuchtung verringert werden. Außerdem wird vermieden, dass Mitarbeiter in diesen ergonomisch bedenklichen Bereich tätig sind. Durch die Automatisierung von Kühllägern aber entstehen wiederum Wärmeeinbringungen durch die installierten Antriebe. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zum Minimieren der elektrischen Antriebe. Die Möglichkeiten dafür sind im Kapitel 2.1 erläutert. Durch die Automatisierung von Kühllägern kann der Volumennutzgrad erhöht werden, was zur Folge

hat, dass durch die Reduzierung des Volumens bis zu 50% der Energie für die Kühlung eingespart werden kann [4].

Bei mobilen Förderkomponenten, wie Regalbediengeräten, beeinflusst das Verhältnis zwischen Eigengewicht und Nutzlast die Energieeffizienz. Ein Regalbediengerät für Kleinladungsträger hat z.B. ein Gewicht von 825 kg und kann bis zu 100 kg transportieren (RBG in der Versuchshalle des Lehrstuhls fml). Bei neueren Ansätzen, wie der Shuttle-Technologie ist dieses Verhältnis wesentlich besser. Ein Shuttle wiegt ca. 60 kg und kann Ladungsträger mit einem Gewicht bis zu 40 kg transportieren. Dadurch können wesentlich kleinere Antriebe eingesetzt werden, was den Energieverbrauch bezogen auf ein Ein- bzw. Auslagerung reduziert.

Inzwischen schon fast ein Standard bei Regalbediengeräten ist die Energierückgewinnung bei der Verzögerung. Dabei wird die freiwerdende Bremsenergie im RBG primär innerhalb des Geräts für parallel laufende Bewegungen genutzt und Übermengen ins Versorgungsnetz zurückzuspeisen. So wird bei einem RBG für 1.000 kg-Lasten (Paletten) beispielsweise Energie von mehr als 50 kW frei. Durch Einsatz von Servomotoren mit über 95%igem Wirkungsgrad, in Verbindung mit entsprechenden Komponenten der Leistungselektronik, wird die beim Verzögern der Antriebsachsen entstehende Energie nicht wie üblich mittels Bremswiderständen in Wärme umgewandelt, sondern ins Versorgungsnetz eingespeist. Diese Energiemenge (bis 30%) steht unmittelbar anderen Geräten und Maschinen zur Verfügung.

Kommissionierbereiche für B- und C-Artikel zeichnen sich dadurch aus, dass bei klassischen Kommissionierverfahren eine große Fläche benötigt wird, auf der nur wenige Kommissionierer arbeiten. Trotzdem ist die komplette Fläche voll beleuchtet. Dem Leitgedanken der effektiven Gestaltung von Intralogistiksystemen sollte dies vermieden werden und nur in den Bereichen (Lagergassen) die Beleuchtung eingeschaltet werden, in denen die Kommissionierer arbeiten. Die praktische Umsetzung kann durch den Einsatz von Bewegungsmelder und Lichtsensoren erfolgen. Durch diese Maßnahme können bis zu 40% des vorherigen Energiebedarfes für die Beleuchtung eingespart werden [6].

2.4 Gebäude

Auch außerhalb des Lagerbereiches sind Energieeinsparungen durch effiziente Beleuchtungskonzepte möglich. Immerhin entfallen wie in Abbildung 2 gezeigt 15% des Energiebedarfes eines Logistikzentrums auf die Beleuchtung. Durch die Nutzung von Tageslicht kann teilweise auf eine zusätzliche Beleuchtung am Tag verzichtet werden. Ist dies nicht möglich, so sollte die Aufteilung der Beleuchtungsbereiche so erfolgen, dass die Beleuchtung in selten genutzten Bereichen ausgeschaltet werden kann. Die Verwendung von energieeffizienten Leuchtmitteln bietet weitere Einsparungspotenziale. Werden in Gebäudebereichen verschiedene Aufgaben erledigt (Transport und Kommissionierung), für die unterschiedliche Helligkeiten notwendig sind, so kann durch eine zweistufige Schaltung der Beleuchtungsanlage Energie gespart werden.

Neben der Beleuchtung muss viel Energie für die Beheizung und Lüftung von Logistikzentren aufgebracht werden. Im Vergleich zur klassischen Warmluftheizung können 25-30% der Energie durch den Einsatz von Strahlungsheizungen, wie Infrarotstrahlern, eingespart werden. Eine Heizung kann aber nur dann energieeffizient arbeiten, wenn das Gebäude entsprechend

Isoliert ist. Ist die Isolierung des gesamten Gebäudes zu teuer, so kann bereits mit der Isolierung des Gebäudesockels Heizenergie eingespart werden. [6]

2.5 Flexibilität fördert Nachhaltigkeit

Eine Prämisse für ein nachhaltiges Logistikzentrum ist eine dauerhafte Nutzung von mehr als 15 Jahren – es muss also Flexibel sein. Was trivial klingt stellt für die Planung in der Praxis eine große Herausforderung dar. Das Dilemma ist, dass die Summe aus Veränderungen der Mengen-, Struktur-, Sortiment- und Funktionsanforderungen auf lange Zeit nicht vorhersagbar sind. Die Lösung für das Dilemma findet sich im Kinderzimmer und wird als Lego-Prinzip bezeichnet [16]. Durch das Prinzip der Modularität kann ein Logistikzentrum sich in gewissen Grenzen an die veränderten Anforderungen anpassen. Dazu werden Standardelemente (Bausteine) definiert. Ein Lagerbereich (z.B. Gasse), ein Verpackungsplatz ist ein Baustein. Diese können nach Bedarf hinzugefügt werden. So kann das Logistikzentrum mit seinen Anforderungen wachsen. Dazu müssen bereits bei der Planung die entsprechenden Flächen und Anordnungen beachtet werden [7].

3 Change to Green

Um das Ziel der Nachhaltigkeit gerade im ökologischen Sinne in technischen Bereichen wie dem der Intralogistik zu etablieren, sind Weitblick und Durchhaltevermögen gefragt. Unterstützend können dabei Grundsätze des Veränderungsmanagements (change management) wirken. Dabei wird davon ausgegangen, dass es zunächst alte Denkstrukturen aufzubrechen gilt. Diese Abkehr vom Bewährten geht meist mit Ablehnung und Skepsis seitens der Belegschaft einher und auch Entscheider müssen für tiefgreifende und langfristige Änderungsvorhaben erst gewonnen werden. Zudem besteht auch nach dem Erreichen erster Quick Wins in Form erfolgreicher Pilotprojekte noch immer die Gefahr eines Rückfalls in alte Muster, sowohl im operativen als auch im planerischen Umfeld.

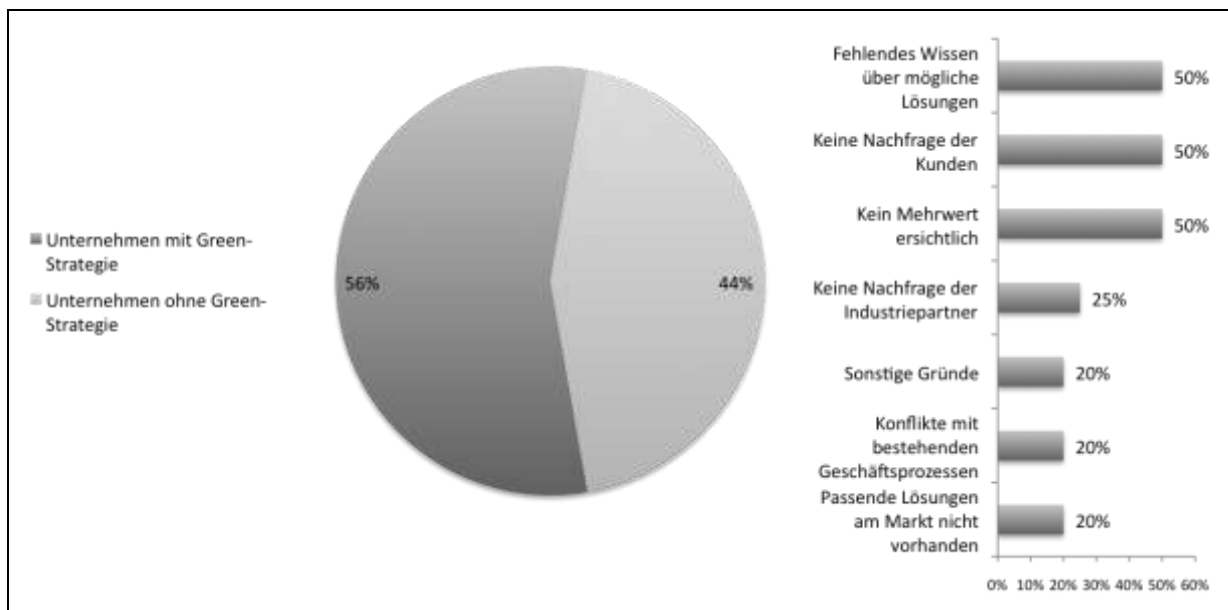


Abbildung 7: „Verfolgt Ihr Unternehmen derzeit eine Green-Strategie und wenn nein, welche Gründe sehen Sie dafür?“

Vor diesem Hintergrund verwundert auch nicht das Ergebnis einer Umfrage im Rahmen der Studie „Change to Green“, die 2008 am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München in Zusammenarbeit mit der Unternehmensberatung Markt und Wirtschaft und dem Fachmagazin LOGISTIK HEUTE entstanden ist [9]. Von den 45 befragten Unternehmen gaben lediglich 56% an, derzeit eine Green-Strategie zu verfolgen. Die Gründe für diese ablehnende Haltung sind vielfältig. Als Hauptgründe wurde das fehlende Wissen über mögliche Handlungsfelder, die geringe Kundennachfrage nach entsprechenden Initiativen sowie der schwer zu beziffernde Mehrwert nachhaltigen Handelns genannt (vgl. Abbildung 7).

Daher ist es erforderlich, gerade auf diese Fragestellungen einzugehen und auch die Intralogistik auf Einsparpotenziale bei Energie und anderen Ressourcen hin zu untersuchen. Unter dem Motto „Change to Green“ soll eine nachhaltige Ausrichtung von aktuellen Prozessen und zukünftigen Planungen angestrebt werden, die für Unternehmen und deren Kunden einen ökonomischen und ökologischen Mehrwert schafft.

3.1 Etablierung eines Kontrollsystems

Zur Steigerung der Transparenz und zum Absichern von Veränderungen gilt es dabei, ein Kontrollsystem einzuführen, das umgesetzte Maßnahmen gezielt unter dem Gesichtspunkt der ökologischen Nachhaltigkeit beleuchtet und einen direkten Zusammenhang zu deren ökonomischen Auswirkungen herstellt. Es empfiehlt sich, dieses Kontrollsystem vor der Einführung von Maßnahmen zur Steigerung der ökologischen Nachhaltigkeit zu etablieren, da nur so der Erfolg (oder Misserfolg) messbar wird. Abbildung 8 zeigt die drei vorbereitenden Schritte, die einer Auswahl und Umsetzung geeigneter Maßnahmen (Schritt 4) vorausgehen sollten.

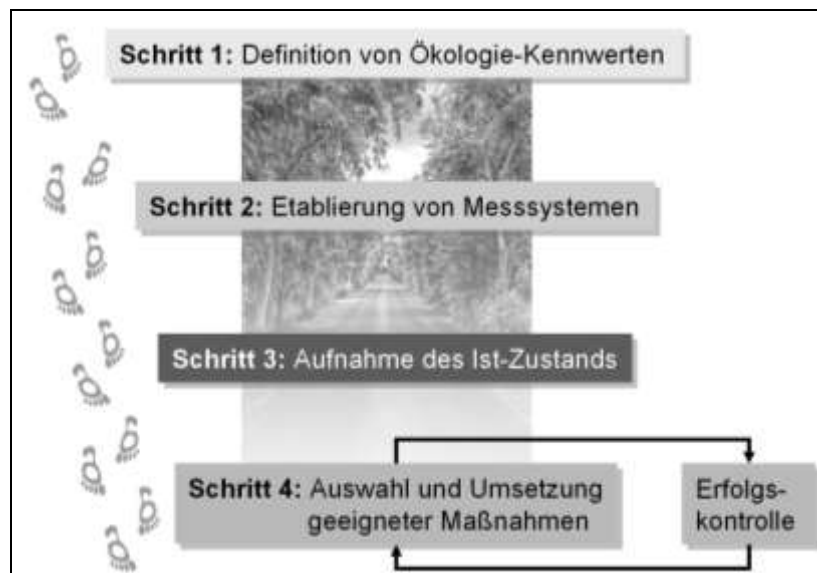


Abbildung 8: Einführung eines Kontrollsystems für Ökologie-Kennzahlen

Idealerweise umfasst ein solches Kontrollsystem das ganze Unternehmensnetzwerk, in dem die Intralogistik lediglich ein Teilsystem darstellt. Dieser ganzheitliche Ansatz umfasst neben der innerbetrieblichen auch die überbetriebliche Logistik im Wertschöpfungsnetzwerk, die Unternehmensstrategie, in der Ziele und Visionen festgelegt werden, sowie die

Unternehmenskultur, die den Nährboden für das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen liefern sollte. Der Bereich der „Intralogistik“ ist einerseits von einem hohen Technologieeinsatz in Form von Stetig- und Unstetigförderern, andererseits aber auch von vielen manuellen Tätigkeiten beispielsweise beim Kommissionieren geprägt. Ein Ansatz für eine nachhaltige Intralogistik sollte also sowohl auf einen sinnvollen und effizienten Einsatz der technischen Komponenten als auch auf die Schaffung eines Bewusstseins für ökologische Ziele und Handlungsweisen unter den Mitarbeitern abzielen.

Schritt 1: Definition von Ökologie-Kennwerten

Was macht eine Maßnahme ökologisch nachhaltig? Und wie wird festgestellt, ob der gewünschte positive Effekt eines Energiesparprogramms auch tatsächlich eingetreten ist? Mit diesen und ähnlichen Fragen sieht man sich zu Beginn von Initiativen zur nachhaltigen Gestaltung der Intralogistik konfrontiert. Es gilt also, eine geeignete Berechnungsmethodik festzulegen und spezielle Ökologie-Kennwerte zu definieren. Zwei mögliche Rechenmodelle seien im Folgenden kurz angeführt.

Die Berechnung des **Carbon Footprints** erfordert eine Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette über alle Produktionsstufen hinweg bis hin zur Rohstoffgewinnung. Sie erfordert damit Kenntnis über die Energieverbräuche verschiedener Standorte und Transporte, um daraus die CO₂-Emissionen zu berechnen. Beim Einsatz von Transportdienstleistern ist zu klären, welche Distanzen mit welchem Volumen zurückgelegt werden und welcher Kraftstoffverbrauch entsteht. Darüber hinaus müssen auch alle Verbräuche während der Produktlebensdauer in die Berechnung mit einbezogen werden.

Der **kumulierte Energieaufwand (KEA)** umfasst alle Energiemengen, die für Produktion, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes verbraucht werden. Damit wird nur der indirekte Energieverbrauch bis zum Verkauf eines Produktes berücksichtigt, die direkten Energieverbräuche bei dessen Benutzung werden nicht bestimmt. Die Bestimmung des KEA ist in VDI-Richtlinie 4600 definiert [15]. Der Kumulierte Energieaufwand kann aber auch für die Intralogistik als abgeschlossenes System Anwendung finden und dort als Messwert dienen. Erschwert wird die ökologische Bewertung von Energieeinsparungen allerdings durch die unterschiedlichen Arten der Stromgewinnung. So stellt sich die Frage, ob der eingesparte Strom in einem Kernkraftwerk, einem Kohlekraftwerk oder aus Wasserkraft gewonnen wurde und wie die jeweilige Stromart ökologisch zu bewerten ist. Fest steht allerdings, dass ein minimierter Energiebedarf sowohl Vorteile für die Umwelt als auch für die wirtschaftliche Situation des Unternehmens in sich birgt.

Als Datengrundlage für die gewählte Berechnungsmethodik dienen Ökologie-Kennzahlen. Dabei kann es sich im Fall des Kumulierter Energieaufwands um den Energieverbrauch einzelner Anlagen handeln, der täglich oder wöchentlich ermittelt wird. Andere Ökologie-Kennzahlen können Emissionen, Wasseraufbereitung oder den Grad der Abfallwiederverwertung umfassen.

Schritt 2: Etablierung von Messsystemen

Zur Sammlung von Messdaten für Strom, Gas, Wasser, Dampf oder Druckluft empfehlen sich Energie- und Stoffstrommanagementsysteme. Unterstützung beim Monitoring von Ökologie-

Kenngrößen bietet auch der Einsatz spezieller Software zur Öko-Bilanzierung (z.B. SimaPro). Das Messsystem schafft eine Vergleichsbasis auf Grundlage von Energie- bzw. Ressourcenbilanzen für Maschinen, Anlagen und innerbetriebliche Abläufe. Damit wird eine ökologische Bewertung des Gesamtsystems möglich.

Schritt 3: Aufnahme des Ist-Zustands

Sind Berechnungsmethode, Kennzahlen und Messsystem festgelegt und die betrachteten Bereiche klar definiert, erfolgt die Aufnahme eines ersten Ist-Zustands. Die Ermittlung eines Status Quo macht zum einen die anstehenden Herausforderungen fassbar, zum anderen wird so die Möglichkeit geschaffen, aus bisherigen Mängeln zu lernen und die bestehenden Systeme sukzessive zu verbessern.

Schritt 4: Auswahl und Umsetzung geeigneter Maßnahmen

Nach der Aufnahme der Ist-Zustands für die innerbetriebliche Logistik und der Etablierung eines Kontrollsystems für ausgewählte Ökologie-Kennzahlen sollten gezielt Schwachstellen ermittelt und beseitigt werden. Fortschritt und Erfolg der Maßnahmen erfasst anschließend das eingeführte Messsystem. Auf diese Weise können die Auswirkungen der getroffenen Entscheidungen nachvollzogen und sichtbar gemacht werden. Mögliche Handlungsfelder für eine „grüne“ Intralogistik zeigt der folgende Abschnitt auf.

3.2 Handlungsempfehlungen

Für die Intralogistik lassen sich keine allgemeingültigen Basisstrategien für eine umweltverträgliche Gestaltung aufstellen. Zu unterschiedlich sind Prozesse und Rahmenbedingungen in den verschiedenen Industrie- und Handelssektoren. Allerdings lassen sich drei Handlungsebenen definieren, auf denen gezielt nach Potenzialen zur Ressourceneinsparung zu suchen ist (vgl. Abbildung 9):

- Komponenten und Antriebe (untere Ebene)
- Maschinen und Anlagen (mittlere Ebene)
- innerbetriebliche Abläufe und Prozesse (obere Ebene)

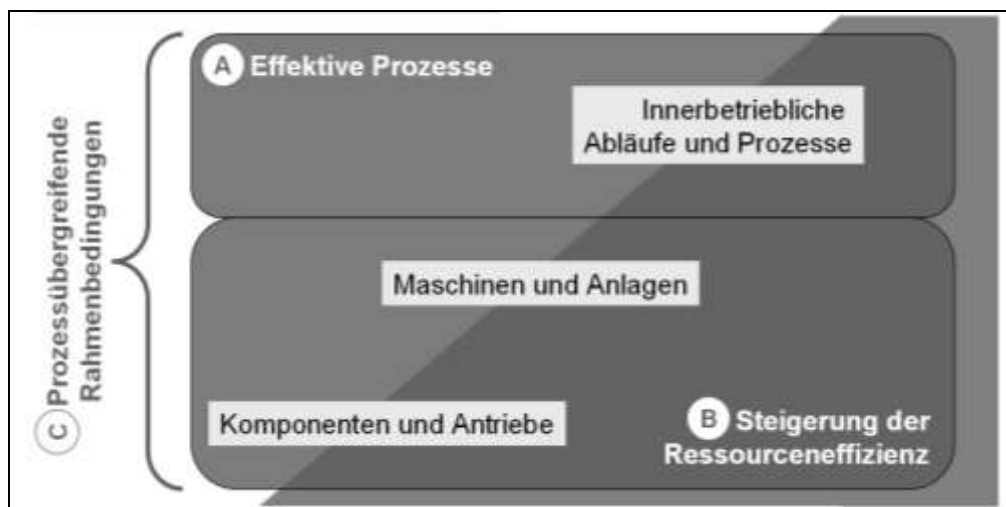


Abbildung 9: Handlungsebenen und Stellhebel für eine nachhaltige Intralogistik

Erst durch die Schaffung einer Vergleichsbasis auf Grundlage von Energie- bzw. Ressourcenbilanzen für Maschinen, Anlagen und innerbetrieblichen Abläufen wird eine ökologische Bewertung des Gesamtsystems ermöglicht. Diese Bewertung ist wiederum Ausgangspunkt für die Einführung ressourcenschonender Prozesse. Mögliche Stellhebel für eine grüne Produktion und Intralogistik lassen sich wiederum in drei Kategorien einteilen. Bestehende wie neuartige Prozesse müssen so effektiv wie möglich gestaltet werden, Verschwendungen gilt es bereits auf diesem abstrakten Level zu vermeiden. Dieser Grundsatz ist mit Sicherheit nicht neu, gewinnt aber angesichts der aktuellen Forderung nach einem verantwortungsvollen Umgang mit Rohstoffen und Energie zusehends an Bedeutung. In der Intralogistik eingesetzte technische Anlagenkomponenten sind ressourcenschonend und energieeffizient zu betreiben. Vom Kommissioniersystem bis zur Lagerhalle sind alle Bereiche, in denen sich intralogistische Tätigkeiten abspielen, zudem eng an Immobilien geknüpft. Nachhaltige Konzepte für prozessübergreifende Rahmenbedingungen wie Hallenbeleuchtung oder Raumwärme können daher zusätzlich zu optimierten, schlanken Prozessen und effizienter Fördertechnik die Ökobilanz in der Intralogistik noch verbessern.

3.2.1 Effektive Prozesse

Einen positiven Effekt liefern energieeffiziente Anlagen erst, wenn zuvor Prozesse und Abläufe effektiv gestaltet wurden. Beispiel „Überdimensioniertes Distributionszentrum“: Kommissioniersystem, Förder- und Lagertechnik können noch so effizient sein in Sachen Energiebedarf und Materialnutzung – solange das Distributionszentrum schlecht ausgelastet ist, hat das Gesamtsystem (bestehend aus Prozessen und Betriebsmitteln) das Prädikat „effektiv“ nicht verdient. Vielmehr wird ungenutztes Volumen geheizt bzw. gekühlt, Transportstrecken laufen, ohne dass sie benötigt werden und Deckenleuchten erhellen Bereiche, in denen sich kein Mensch aufhält. Ein erster Ansatzpunkt findet sich also schon in der Planungsphase intralogistischer Systeme – hierbei gilt es, auf die richtige Dimensionen zu achten, aber auch die Erweiterbarkeit bei steigender Auslastung zu berücksichtigen.

Für die eingesetzte Fördertechnik sollte das in Abschnitt 2.1 beschriebene Prinzip „Run on Demand“ gelten, sofern die Pausen zwischen einzelnen Transporten dies zulassen. Auf Druckluftsysteme sollte nach Möglichkeit verzichtet werden. Da die Druck erzeugenden Luftverdichter keine Druckspeicherung zulassen und daher kontinuierlich laufen, benötigen sie auch permanent elektrischen Strom. Bei der Suche nach weiteren Einsparpotenzialen empfiehlt sich, wie oben erwähnt, die Implementierung von Systemen zum Energie- und Stoffstrommanagement. Diese machen die Verbräuche einzelner Anlagen sichtbar und helfen dabei, Stromfresser und Abfallproduzenten zu identifizieren.

3.2.2 Steigerung der Ressourceneffizienz

Von den im produzierenden Gewerbe sowie in Anlagen der Intralogistik genutzten Ressourcen steht derzeit vor allem der Energieverbrauch auf dem Prüfstand. Die Dematic GmbH gab im Oktober 2007 ein Weißbuch mit Vorschlägen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Fördertechnik heraus. Die Kernaussage der Broschüre lautet [4]: „With power, less can be more... more environmental, more money“. Für eine gesteigerte Aufmerksamkeit für den „Rohstoff“ Energie sorgen in erster Linie Prognosen über weiter

steigende Energiekosten. So prognostizierte die überwiegende Mehrheit der 200 Energiemarktexperten des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung im August 2008 einen starken Anstieg der realen Stromkosten bis ins Jahr 2020 [21]. Darüber hinaus haben die Unternehmen erkannt, dass umweltfreundliche Initiativen das Firmenimage bei Kunden, Aktionären und in der Öffentlichkeit positiv beeinflussen. Grundsätzlich gilt für einen effizienten Energieeinsatz, dass über den gesamten Arbeitsbereich elektrischer Antriebssysteme hinweg die aufgebrauchte elektrische Energie nur unwesentlich oberhalb der benötigten mechanischen Energie liegen sollte. Zwei weitere Grundsätze sind der intelligente Einsatz elektrischer Energie, von der so wenig wie nötig zu verbrauchen ist, sowie die konsequente Nutzung von Bremsenergie, sofern diese in nennenswertem Umfang zurückgespeist wird. Weitere Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz können die Senkung des Wasserverbrauchs, die Vermeidung von Umweltgiften und unnötigen Abfällen sowie die verstärkte Wieder-/Weiterverwertung und -verwendung von Rohstoffen sein.

3.2.3 Prozessübergreifende Rahmenbedingungen

Prozessübergreifende Randbedingungen betreffen das Umfeld, in dem logistische Prozesse stattfinden. Im Fall der Intralogistik wird dieses Umfeld von Gebäuden bestimmt, in denen Lager-, Kommissionier- und Transportprozesse ablaufen. Aus diesem Grund spielen energieeffiziente Immobilien eine immer größere Rolle auch bei Industriegebäuden. Sowohl Investoren als auch Mieter legen immer mehr Wert auf „grüne“ Immobilien und nicht zuletzt fordert und fördert die Bundesregierung in dieser Hinsicht einen hohen Standard. Durch Förderprogramme und gesetzliche Maßnahmen wie die Energieeinsparverordnung (EnEV) soll der Gebäudebestand in Deutschland unter ökologischen Gesichtspunkten weiterentwickelt werden [20], für eine gesteigerte Energieeffizienz in Industriegebäuden setzt sich beispielsweise das europäische GreenBuilding-Programm ein [5]. Die Handlungsfelder im nachhaltigen Gebäudebau – Wärmeschutz, Gebäudetechnik wie Heizung, Klimaanlage und Beleuchtung sowie Energieversorgung durch regenerative Energiequellen – sollen im Folgenden näher beschreiben werden.

Ein erster Schritt, um den Energieaufwand für **Kühlung und Heizung** zu minimieren, besteht darin, das zu heizende bzw. zu kühlende Volumen zu reduzieren. Wie im Beispiel eines überdimensionierten Distributionszentrums in Abschnitt 3.2.1 schon erwähnt, kann dieses Ziel durch eine sorgfältige und nachhaltige Planung erreicht werden. Beispielsweise bietet der Einsatz automatischer Kleinteilelager (AKL) durch eine erhöhte Lagerungsdichte Möglichkeiten zur Bauraumminimierung und hält zugleich bei Bedarf die Option einer Erweiterung offen. Ein weiteres Ziel im Zusammenhang mit Wärmeenergie ist es, Wärmeverluste durch schlecht gedämmte Gebäude oder unnötig geöffnete Tore zu vermeiden. Zudem bietet der Einsatz von Strahlungsheizungen Vorteile im Vergleich zur herkömmlichen Warmluftheizung. Die Strahlungsheizung vermeidet die Aufwirbelung staubhaltiger Luft, spart beim Brennstoffbedarf, erwärmt gezielt einzelne Arbeitsplätze, benötigt keine Umwälzung großer Luftmengen und verfügt über kurze Aufheizzeiten. Bei vorhandenen Warmluftheizungen lohnt es sich über den Einsatz von Hocheffizienzpumpen nachzudenken, da veraltete Heizungspumpen eine geringe Energieeffizienz besitzen. Unvermeidbare Prozesswärme lässt sich schließlich mittels Wärmerückgewinnung nutzbar machen. Mögliche

Wärmequellen sind z.B. Maschinen mit hohen Abgastemperaturen und hohen Laufzeiten, die Dampf- oder Heißwassererzeugung oder die Ölkühlung bei Schraubenverdichtern zur Druckluftherzeugung.

Auch bei der Suche nach Einsparpotenzialen bei der **Hallenbeleuchtung** sollte zunächst als Ziel gelten: so wenig wie möglich, so viel wie nötig! Wird aktuell in einem Bereich kein Licht benötigt, so sollte dieser auch nicht beleuchtet werden. Beispiele sind automatisierte Lagerbereiche oder Gassen, in denen nur selten kommissioniert wird. Auch sollte das Tageslicht die künstliche Beleuchtung ergänzen und bestenfalls ersetzen. Technische Einrichtungen wie Bewegungsmelder und Dimmer können diese Bestrebungen unterstützen. Zudem sollte je nach Anwendungsfall die energieeffizienteste Beleuchtungslösung gewählt werden. Die richtige Wahl der Leuchtmittel entscheidet dabei wesentlich über die Effizienz.

4 Zusammenfassung

Dass Maßnahmen der drei vorgestellten Bereiche „Effektive Prozesse“, „Steigerung der Ressourceneffizienz“ und „Prozessübergreifende Rahmenbedingungen“ bereits in vielen Unternehmen Anwendung finden, zeigt folgende Statistik (Abbildung 10) aus der Studie „Change to Green“ [9]:

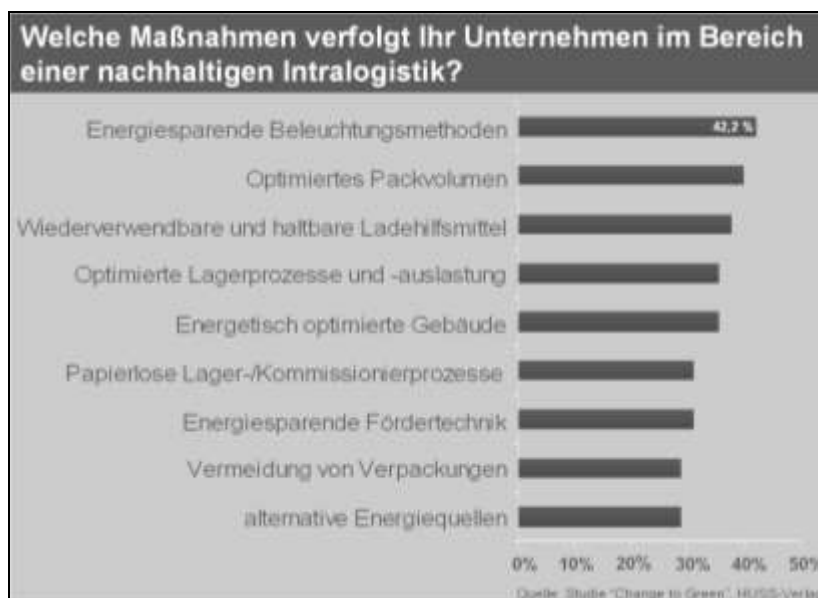


Abbildung 10: Umfrageergebnis aus der Studie "Change to Green"

Einige technische Innovationen, die zu einer weiteren Steigerung der Ressourceneffizienz führen und somit eine umwelteffiziente Intralogistik fördern können, befinden sich derzeit noch im Entwicklungsstadium, andere stehen wie im vorliegenden Beitrag gezeigt aber schon bereit und warten nur noch auf ihren Einsatz. Der Weg zu energie- und ressourcenschonenden Logistikprozessen ist also vorgezeichnet – er muss nur noch gegangen werden. Langfristig werden diejenigen Unternehmen die Gewinner sein, die als erste auf diesem Weg ihre Spuren hinterlassen.

Literaturverzeichnis

- [1] Albrecht, W. (2008). Energieeinsparungen durch moderne Lagersteuerung. *Tagungsband Energieeffizienz im Lager*.
- [2] Bruns, R. (2008). Alternative Antriebe bei Flurförderfahrzeugen. *Tagungsband Energieeffizienz im Lager*, Köln.
- [3] Bruns, R. und A. Frenkel (2008): Auf dem Weg zur Marktreife. *Flurförderfahrzeuge Marktbild 2008/2009*, Vereinigte Fachverlage GmbH, Mainz.
- [4] Dematic S.E.A. Pte Ltd (2007). White Paper - Conserve Power: Be Green, Save Money. Dematic.
- [5] Deutsche Energie-Agentur (dena) (2008). GreenBuilding – Energieeffizienz in Nichtwohngebäuden.
- [6] Diez, R. (2008). Wie sich Energie in bestehenden Lägern mit einfachen Maßnahmen einsparen lässt. *Tagungsband Energieeffizienz im Lager*, Köln.
- [7] Dorrie, H. (2007). Modularität ist eine Planungsgrundlage für zukunftsfähig angelegte Lagerkomplexe. *MM Das Industriemagazin, Vogel Business Media, 37/2007, S.60*.
- [8] Fritz, S. (2008). Lieber effizient als insolvent. *VDI Nachrichten, 15/2008, S.15*.
- [9] Günthner, W. A., P. Seebauer, J. Boppert und P. Tenerowicz (2009). Studie „Change to Green – Handlungsfelder und Perspektiven für nachhaltige Logistik und Geschäftsprozesse“. HUSS, München.
- [10] Kramm, M. (2008). Der Energieausweis für Distributionszentren. *Tagungsband Energieeffizienz im Lager*, Köln.
- [11] McKinsey & Company, Inc. (2007). Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc im Auftrag von „BMI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Industrie. McKinsey & Company, Inc., Berlin.
- [12] N.N. (2008). (Energie)Sparen beim Fördern. *Materialfluss Mai 2008. Verlag Moderne Industrie, S. 74-76*.
- [13] Overmeyer, L., S. Falkenberg und T. Wennekamp (2008). DotTrans – Dotierung von Transportbandmaterialien mit nanoskaligen Füllstoffen zur Adaption innovativer Funktionseigenschaften. *Tagungsband 4. Fachkolloquium der WGTL, S. 59-64*.
- [14] Transnorm System GmbH (2009). Telefoninterview. Harsum, 09.01.2009.
- [15] VDI-Richtlinie 4600 (1997). Kumulierter Energieaufwand - Begriffe, Definitionen, Berechnungsmethoden. VDI, Düsseldorf.
- [16] Vollmers, V. (2007). Moderne Lager nutzen das Lego-Prinzip. *Handelsblatt 60/2007*
- [17] Volz, G. (2008). Elektrische Motoren und Antriebssysteme. *Infoblätter Fördertechnik. dena*.
- [18] Volz, G. (2008). Lebenszykluskosten und Energieeffizienz. *Infoblätter Fördertechnik. dena*.
- [19] Weber, Ch. und A. Knie (2008). Concept 08: Neue Konzepte für Energieeffizienz und Ergonomie. *Tagungsband zur Hamburger Staplertagung 2008, Hamburg*.
- [20] WirtschaftsKurier (2008). Grünes Bauen muss sich rechnen. *WirtschaftsKurier, September 2008, S.18*.
- [21] Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (2008). Schwerpunkt Energiemarkt - basiert auf dem ZEW-Energiemarktbarometer. ZEW, Mannheim.