

Intellistore®

Das innovative Lagersystem für Blechtafeln

Ing. Lukáš Skřivan

Abstrakt

Tento příspěvek se zabývá prezentací unikátního automatizovaného skladovacího systému INTELLISTORE®, jež byl vyvinut ve spolupráci společnosti KEMPER GmbH a Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik. Námět pro realizaci tohoto projektu vznikl na základě řešené diplomové a později disertační práce.

Automatizovaný skladovací systém INTELLISTORE® je tvořený těžkým etážovým regálem, inovačním regálovým obslužným zařízením a speciálním softwarem správy skladu. Funkční principy tohoto systému tkví v registraci každého uskladněného formátu plechu zvlášť, čímž se příprava plechů stává výrazně rychlejší, efektivnější a otevírají se tak nové možnosti skladování, přípravy a správy plechů ve výrobních závodech.

Klíčová slova

Lagerverwaltung, Lagersystem, Blechtafeln, Einlagerung

INTELLISTORE[®]



1. Technologische Merkmale / Innovationen

1.1 Ausgangssituation

In der Metall verarbeitenden Industrie erfolgt die erste Verarbeitungsstufe bei der Blechbearbeitung zunehmend auf automatisierten Maschinen, z.B. durch Laser- bzw. Plasmaschneidanlagen oder mittels Stanzmaschinen. Dabei bietet sich schon bei kleinem bis mittlerem Verbrauch (ca. 3 bis 20 Tafeln pro Stunde) von Blechen verschiedener Abmessungen und unterschiedlicher Materialbeschaffenheit zur Optimierung des gesamten Produktionsprozesses an, auch das Lagersystem für die Blechtafeln sowie die Zuführung der einzelnen Bleche zu der oder den Bearbeitungsmaschinen zu automatisieren.

Bei den bisher am Markt angebotenen Lösungen erfolgt die Bevorratung der zu bearbeitenden Blechtafeln in Hochregallagern mit so genannter Schubladen- oder Kassettentechik. Unter Schubladen“ sind in diesem Zusammenhang die Ladehilfsmittel zu verstehen, die – jeweils sortenrein mit Blechtafeln gefüllt – in den Fächern eines Hochregals eingelagert sind. Wegen des relativ hohen Lastgewichts – üblich ist die Anlieferung und Einlagerung von Blechpaketen mit Gewichten von etwa 2 bis 3 Tonnen – werden die Schubladen entsprechend massiv ausgeführt, was wiederum zu einem hohen Eigen- oder Leergewicht dieser Ladehilfsmittel führt. Infolgedessen fällt auch der Stahlbau des gesamten Regalsystems stark und gewichtig aus.

Der entscheidende Nachteil dieser Schubladentechnik liegt ganz offensichtlich darin, dass jeweils eine komplette Schublade aus dem Regal herausgenommen und zu einem Entladeplatz befördert werden muss, auch wenn dort nur eine einzelne Blechtafel entnommen werden soll. Damit ist auch das vor oder im Regalsystem arbeitende Handlingsgerät für solche Schubladen eine entsprechend große, schwere und mit starken Antrieben versehene Maschine, die die großen Lastgewichte nur mit relativ geringen Geschwindigkeiten befördert.

Folgendes – absolut realistische – Beispiel soll die Verhältnisse verdeutlichen: Um eine einzelne Blechtafel mit einem Gewicht von 35 kg auszulagern (dies entspricht Abmessungen von 3.000 mm x 1.500 mm und einer Dicke von 1 mm), wird eine 2 Tonnen schwere Schublade, die mit weiteren 3 Tonnen Blech befüllt ist, von einem ca. 10 Tonnen schweren Handlingsgerät aus dem Regalfach gezogen, zum Entnahmeplatz gebracht und die um 35 kg verringerte Restmenge anschließend in das Regalfach rückgelagert. Der Zeit- und Energiebedarf für solch einen Vorgang ist verständlicherweise hoch. Da zudem bei dieser Lagertechnik die einzelne Schublade erst dann wieder bestückt werden kann, wenn die letzte Blechtafel entnommen wurde, fällt der Füllgrad der Schubladen bzw. des gesamten Lagers unbefriedigend gering aus. Weiter sind sowohl die Gestehungs- als auch die Betriebskosten des Systems aus den geschilderten Gründen vergleichsweise hoch.

1.2 Neue Lösung: ohne Schubladen

Das Regalbediensystem KEMPER INTELLISTORE® arbeitet ohne Schubladen. Vielmehr erfolgt das Handling der Blechtafeln sowohl beim Einlagern als auch beim Auslagern im Einzelzugriff. Dabei liegt ein Stapel von Blechen, der nun nicht mehr sortenrein sein muss, ohne Ladehilfsmittel in den Fächern eines Hochregals, der Zugriff auf das jeweils zu oberst liegende Blech erfolgt mittels seitlich teleskopierbarem Vakuum-Sauggreifer von einem Regalbediengerät aus. Aufgrund des eingesparten Schubladengewichts können sowohl das

Regal als auch das Regalbediengerät entsprechend leichter gebaut werden und der für die Auslagerung einer Blechtafel erforderliche Energie- und Zeitbedarf reduziert sich deutlich.

Das vom Fraunhofer IML im Kundenauftrag entwickelte, speziell an die Besonderheiten dieses innovativen Lagersystems angepasste Warehouse Management System (WMS) verwaltet dabei einerseits den gesamten Lagerbestand und die Lagerorte jeder einzelnen Blechtafel – selbstverständlich auch innerhalb eines gemischten Stapels im Lagerfach oder auf den verschiedenen Puffer-/Bereitstellplätzen des Systems. Darüber hinaus beauftragt es mittels der integrierten Materialflusssteuerung auch die Bewegungen der für das vor- und nachgelagerte Handling der Bleche eingesetzten Komponenten wie Portal-Roboter und Verschiebetische.

Die Software ist modular aufgebaut und weitgehend parametrierbar und kann dadurch einfach und schnell an die jeweiligen Ausführungen der Einsatzumgebung und Organisation des Kunden angepasst werden.

Die wesentlichen Komponenten des Blechlager und Handlingsystems werden auf den folgenden Seiten detailliert vorgestellt.

1.3 Regalbediengerät

Bei dem RBG handelt es sich um ein 2-Schienen- 2-Mast-Seriengerät des Herstellers Systraplan, Herford, das in einigen Details an die besonderen Erfordernisse der Aufgabenstellung angepasst wurde. Insbesondere das Geräte-Design – Größe und Form der Masten und der Schaltschränke sowie die Farbgebung – wurde dabei in enger Abstimmung mit der Fa. Kemper erarbeitet. Das RBG verfügt über einen integrierten Puffer-/Speicherplatz für ca. 2 Tonnen Blech, der auf mehrere Arten genutzt werden kann: Zum einen können hier Kommissionen – Stapel von Blechtafeln aus unterschiedlichem Material oder mit verschiedener Stärke – für eine Verarbeitungsmaschine gebildet werden. Zum anderen werden Auslagervorgänge beschleunigt, wenn Regalfächer nicht sortenrein mit selten benötigten Blechen belegt sind und daher vor der Auslagerung der benötigten Blechtafel ggf. erst einige darüber liegende Tafeln aufgenommen, auf dem Pufferplatz für kurze Zeit abgelegt und anschließend wieder rückgelagert werden. Außerdem kann beim Einlagern eines ganzen Pakets neuer Bleche das gesamte Paket zunächst auf das Regalbediengerät übernommen und dann zu dem von der Software ausgewählten Regalfach gefahren werden. Die geringe Masse des RBG ermöglicht bisher im Blechhandling ungekannte Beschleunigungen und Geschwindigkeiten. Bei der Längsfahrt ist – ausreichende Gassenlänge vorausgesetzt – eine Geschwindigkeit von 160 m/min möglich, der Hub verfährt mit 45 m/min und das (beladene) Teleskop mit 50 m/min.

1.4 Teleskop mit Vakuumsauggreifer

Zur Aufnahme und Abgabe der Blechtafeln verfügt das RBG über ein zu beiden Seiten um 1.600 mm ausfahrbares, sehr flach bauendes Teleskop, das mit sechs Reihen zu je fünf federnd aufgehängten Vakuum-Sauggreifern ausgestattet ist. Da das Lagersystem für Blechtafeln mit Stärken zwischen 1mm und 20 mm ausgelegt ist, muss die Saugkraft an die Dicke des zu greifenden Blechs angepasst werden. Dies erfolgt automatisch und unter Kontrolle durch das Warehouse Management System, da in den Stammdaten zu jedem Artikel ein so genanntes „Greifprogramm“ hinterlegt ist. Dadurch wird zum einen durch Wahl der korrekten Saugkraft bei dünnen Blechen ein Verformen und bei dicken/schweren Blechen das Ablösen vom Greifer und Abstürzen einer Blechtafel vermieden. Zum anderen kann durch gezieltes Abschalten ganzer Saugerreihen auf Tafeln mit kleineren Abmessungen reagiert

werden. Weiter beinhaltet das Greifprogramm eine Vorgabe für das zeitlich gestaffelte Einschalten der einzelnen Saugerreihen, was sich insbesondere bei der Aufnahme von dünnen Blechen als vorteilhaft erwiesen hat. Durch dieses „Abschälen“ kann zuverlässig verhindert werden, dass ein oder sogar mehrere weitere Bleche aneinander kleben und dadurch ungewollt gemeinsam aufgenommen werden.

Um eine maximal hohe Sicherheit und Zuverlässigkeit der Abläufe zu erreichen – eine unbemerkt aufgenommene weitere Blechtafel könnte im Verlauf der weiteren Bewegungen abstürzen, würde aber auf jeden Fall zu einem gravierenden Fehler in der Bestandsführung des WMS führen – wurde zusätzlich in den Greifer eine Sensorik zur Doppelblecherkennung integriert. Dadurch kann nach der Lastaufnahme überprüft werden, ob tatsächlich nur eine einzelne Blechtafel aufgenommen wurde. Auch diese Doppelblecherkennung arbeitet mit den Artikelstammdaten des WMS, d.h. vor dem Lastaufnahmeprozess wird dem Sensor die zu erwartende Materialstärke vorgegeben, die dann von der Messtechnik positiv oder negativ quittiert wird.

Um die Lärmbelastung in der Umgebung des RBG und des Vakuumsauggreifers so gering wie möglich zu halten, wurde das RBG mit einem mitfahrenden Vakuumspeicher ausgestattet, der mittels in der Energiekette verlegter Schlauchleitung von einem stationären, schallisoliert aufgestellten Vakuumerzeuger versorgt wird.

1.5 Regal

Bei dem Regal handelt es sich um ein herkömmliches Schwerlast-Fachbodenregal, das modular aufgebaut und dadurch in weiten Grenzen in der Länge und Höhe erweiterbar ist. Das Fach-raster ist in der Höhe anpassbar, die Fachböden sind aus einzelnen Tragprofilen aufgebaut, die in entsprechenden Auflageelementen liegen. In jedem Regalfach können bis zu 3 Tonnen Material lagern bei einer maximalen Stapelhöhe je Fach von 125 mm. Damit liegen – abhängig von der Dicke und dem Gewicht der einzelnen Blechtafeln – zwischen 6 und 120 Bleche übereinander in einem Fach.

Da das Regal keine Schubladen oder andere beweglichen Teile enthält, kann es aus standardisierten Komponenten preiswert gefertigt und sehr schnell aufgebaut werden. Der Einsatz eines Regalbediengeräts bedeutet dabei keine für den Stahlbau ungewohnten (geringen) Toleranzmaße, da nach dem Errichten des Regals während der Inbetriebsetzung des RBG in einer Lernfahrt die Positionen aller Regalfächer einzeln aufgenommen und im WMS abgespeichert werden können.

1.6 Eingangs- und Ausgangsplatz als Verschiebetische

Die Schnittstelle des Lagersystems zum Wareneingang wird durch zwei Verschiebetische gebildet. Die beiden miteinander gekoppelten, auf Schienen über-/untereinander verfahrenen Tische bilden zwei Ablageplätze, auf denen das jeweils einzulagernde Material – in der Regel in Form von ca. 3 Tonnen schweren Blechpaketen – abgelegt werden kann. Dadurch können vom Regalbediengerät Blechtafeln von einem Ablageplatz aufgenommen und zum Lagerfach transportiert werden, während gleichzeitig auf dem Anderssen Ablageplatz weitere Bleche zur Einlagerung vorbereitet und bereitgestellt werden.

Wenn es die Platzverhältnisse erlauben und es aufgrund des Materialflusses sinnvoll und möglich ist, sollten Eingang und Ausgang des Lagers physisch entkoppelt sein. Der Ausgang des Lagersystems kann dann mit zwei weiteren Verschiebetischen aufgebaut werden, die so die Schnittstelle zur Produktionsanlage bilden. Auch hier dienen die schienengeführten über-/untereinander verfahrenen Tische als Ablageplätze für eine oder mehrere Blechtafeln. So

können von dem einen Ablageplatz Bleche für die Produktion entnommen werden, während gleichzeitig das Regalbediengerät zuvor aus einem Regalfach aufgenommene Blechtafeln auf dem anderen Ablageplatz ablegt.

Da sowohl der Eingangs- als auch der Ausgangsplatz auf der einen Seite durch das automatische RBG und auf der anderen Seite von Workern bedient werden, kommen dem Sicherheitskonzept und den eingesetzten Sicherheitskomponenten entscheidende Bedeutung zu: es müssen einerseits die einschlägigen Richtlinien zum Schutz der manuellen Arbeitsplätze eingehalten werden, andererseits soll der Arbeitsprozess so wenig wie möglich gestört bzw. beeinträchtigt werden. Das gemeinsam erarbeitete und vom TÜV Nord zertifizierte Sicherheitskonzept erfüllt diese Anforderungen.

1.7 Wechseltisch und Handlingsgerät

Zwei weitere – optionale – System-Komponenten sind ein oder mehrere Wechseltische zur automatischen Beschickung der Schneidanlage(n) sowie ein oder mehrere als Portalroboter aufgebaute Handlingsgeräte zur automatischen materialflusstechnischen Verknüpfung der RBG-bedienten Übergabepplätze und der Wechseltische.

Ein Wechseltisch besteht aus zwei Wechselrahmen inklusive Schneidauflage, die jeweils alternierend in den Arbeitsbereich der Schneidanlage gefahren werden. So lässt sich eine Schneidauflage bzw. entladen, während gleichzeitig auf der anderen geschnitten wird. Der Wechseltisch verfügt über eine eigene Steuerung und kann wahlweise mit der Schneidanlagensteuerung verbunden oder manuell bedient werden. Außerdem ist eine Anlage zur Oberflächenabsaugung der Schneidstäube in das System integriert.

Wenn zwischen Lager und Aufstellort der Schneidanlage bzw. Blechbearbeitungsmaschine eine gewisse räumliche Distanz zu überbrücken ist und der damit erforderliche Transport der Blechtafeln automatisiert erfolgen soll, bietet sich hierfür ein als aufgeständerter Portalroboter ausgeführtes Handlinggerät an. Es nimmt die oberste, vom Regalbediengerät auf dem Übergabepplatz bereitgelegte Blechtafel mit Hilfe eines Sauggreifers – baugleich mit dem am RBG eingesetzten – auf und befördert diese auf den vorgesehenen Platz, beispielsweise auf den Wechseltisch einer

1.8 Warehouse Management System

Das Warehouse Management System wurde auf der Basis des Open Source Rahmenwerks myWMS® in einer Schichtenarchitektur umgesetzt. Die Software ist modular aufgebaut und weitgehend parametrierbar und kann dadurch einfach und schnell an die jeweiligen Prozesse und Systeme des Kunden angepasst werden. Es verwaltet den gesamten Lagerbestand sowie die Lagerorte jeder einzelnen Blechtafel und beauftragt darüber hinaus mittels der integrierten Materialflusssteuerung auch die Bewegungen der für das vor- und nachgelagerte Handling der Bleche eingesetzten automatischen Komponenten wie Verschiebetische und Portalroboter. Durch die Verbindung mit einem übergeordneten System, beispielsweise ERP- oder PPS-Software, lässt sich die Steuerung des gesamten Lager- und Handlingsystems komplett automatisieren und ein beschleunigter, mannlöser Ablauf wird ermöglicht.

Das WMS kennt alle erforderlichen Details zu jeder einzelnen im Lager befindlichen Blechtafel. Darunter sind zu verstehen: aktueller Lagerort im Regal bzw. auf den verschiedenen Puffer-/Bereitstellplätzen des Systems (selbstverständlich auch innerhalb eines gemischten Stapels), Abmessungen, Gewicht und Materialbeschaffenheit, Einlagerungsdatum, Hersteller/Lieferant, Chargennr. oder auch dynamische Flags wie „durch QS gesperrt“, Inventurdaten usw. Darüber hinaus sind im WMS lagerfachbezogene

Informationen hinterlegt, wie z.B. die relative Lage und Entfernung zu Einlager- und Übergabepunkten oder die Flags „sortenrein belegen“ und „Fach gesperrt“, die bei der Fachauswahl bei Ein- und Umlagerungsvorgängen berücksichtigt werden.

Ein wesentlicher Vorteil des INTELLISTORE darin besteht, dass die Lagerfächer nicht sortenrein befüllt werden müssen. Allerdings kann es deswegen insbesondere bei Blechen, die selten benötigt und daher nur in geringer Stückzahl bevorratet werden, zu häufigen Umlagerungen kommen, bevor die finale Auslagerung vorgenommen wird. Hierbei ergibt sich für die WMS-Software eine Optimierungsaufgabe, die darin besteht, für all die Blechtafeln geeignete (optimale) „Umlagerfächer“ auszuwählen, die oberhalb eines weiter unten im Stapel liegenden und aktuell zur Verarbeitung an einer Maschine erforderlichen Blechs lagern.

Bei diesem „Freiräumen“ sind die Optimierungsergebnisse offensichtlich in hohem Maße davon abhängig, wie viel Kenntnis das WMS über die in nächster Zukunft anstehenden Auslagerungsaufträge hat.

Im gesamten Lagersystem wird keine Ident-Technik eingesetzt, d.h. die einzelnen Blechtafeln sind bzw. werden in keiner Weise gekennzeichnet. Da viele Bleche trotz unterschiedlicher Legierungen und Materialeigenschaften nahezu gleich aussehen, lassen sich die Blechtafeln praktisch kaum oder gar nicht durch Inaugenscheinnahme identifizieren. Vom Moment der Einlagerung eines Bleches an kommt daher dem WMS eine besondere Bedeutung zu: jede Bewegung jedes einzelnen Blechs, die zwischen der ersten Aufnahme vom Einlagerplatz bis zur endgültigen Bereitstellung an der Verarbeitungsmaschine stattfindet, muss absolut fehlerfrei erfasst und gebucht werden. Dies gilt natürlich nicht nur für alle automatisch initiierten und ausgeführten Materialbewegungen, sondern auch bei einem manuellen Eingriff, der z.B. zur Behebung eines Greiferfehlers bei der Blechaufnahme erforderlich geworden sein könnte. Fehler des WMS, z.B. ein Buchungsversatz, würden unweigerlich innerhalb kürzester Zeit zu Problemen in der nachgelagerten Produktion führen und ließen sich nur durch einen extrem aufwändigen Neu-Aufbau des Lagerspiegels beheben.

Das Bedienkonzept sieht ein oder mehrere maschinennah aufgestellte Touch-Screens zur manuellen Initiierung der Ein- und Auslagerungsvorgänge vor sowie mindestens ein Terminal in einem Anlagen- Leitstand. An diesem Arbeitsplatz kann der Anlagenfahrer/Schichtführer den Lagerspiegel ansehen, Bestandsdaten abfragen und ggf. editieren, Manipulationen an Artikel-stammdaten oder am Auftragspuffer vornehmen, er kann Lagerfächer oder eine Charge sperren bzw. wieder frei geben, er kann Umlagerungen zur Lageroptimierung anstoßen und er kann neue Benutzer einrichten oder ihre Nutzerrechte verändern.

2. Erreichter Nutzen für den Betreiber

Zunächst einige allgemeine Vorteile eines automatisierten Lagersystems für Blechtafeln im Vergleich mit einem manuell betriebenen Lager:

- Mehr Transparenz und Effizienz der Abläufe führen zu kürzeren Auftragsdurchlaufzeiten und Senkung der Produktionskosten.
- Schneller Zugriff auf das Lagergut und automatische Beschickung der Produktionsmaschinen führen zu einer besseren Auslastung der Produktionsinfrastruktur.
- Hoher Lagerfüllgrad ermöglicht bessere Raumnutzung.
- Lagersystem in Verbindung mit WMS-Software führt zu besserer Übersicht über Lagerbestände und effizienterer Lagerbewirtschaftung.

- Lagersystem mit WMS-Software erlaubt die Integration des Lagers in das IT-Umfeld (PPS-, ERP-Systeme) eines Unternehmens.
- Geringerer und effizienterer Personaleinsatz führt zu Kostensenkung.
- Weniger (keine) Materialbeschädigungen durch automatisiertes Handling.

Darüber hinaus und insbesondere im Vergleich mit bisher am Markt angebotenen automatischen Blechlager- mit Schubladentechnik bietet das innovative Blechlager- und Handlingsystem

INTELLISTORE folgende Vorteile für den Betreiber:

- schneller Aufbau des Regals, in Länge und Höhe nahezu beliebig variabel
- keine Schubladentechnik, daher geringerer Verschleiß und verringerter Wartungsaufwand durch weniger bewegte Teile
- geringere bewegte Massen (Eigen- und Handlinggewicht) führen zu reduziertem Energieverbrauch und dadurch Einsparungen bei den Betriebskosten
- schnellere Abläufe im Wareneingang, da aufwändiges „Entpalletieren“ der auf Unterleghölzern angelieferten Blechpakete entfällt
- höhere Flexibilität bei der Lagernutzung durch gemischte Belegung der Lagerfächer
- höhere Dynamik, größere Zugriffs-Geschwindigkeit, höhere Ein-/Auslagerleistung
- Verschiebetische ermöglichen optimierte Abläufe durch paralleles Arbeiten
 - o beim Eingangsplatz: gleichzeitiges Bereitstellen und Einlagern von Blechen
 - o beim Ausgangsplatz: gleichzeitiges Bereitstellen und Auslagern von Blechen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das INTELLISTORE eine hocheffiziente Versorgung der Produktionsanlagen ermöglicht, die im Vergleich mit den bisher am Markt erhältlichen Lösungen deutlich mehr Flexibilität, eine höhere Leistung und einen besseren Lagernutzungsgrad bietet bei gleichzeitig reduziertem Energieverbrauch.

Die Erfahrungen mit der seit nunmehr 6 Monaten betriebenen ersten Anlage, die voll in den 2-Schicht-betrieb integriert ist, zeigen, dass all diese Entwicklungsziele und konzeptionellen Vorteile erreicht wurden und das System zur Zufriedenheit des Betreibers arbeitet.

3. Bildergalerie



Abb. 1. Regalbediengerät



Abb. 2. Teleskop mit Vakuumgreifer



Abb. 3. Handlingsgerät



Abb. 4. Handlingsgerät



Abb. 3. Handlingsgerät über dem Verschiebetisch



Abb. 4. Vakuumgreifer des Handlingsgeräts



Abb. 5. Regalkonstruktion



Abb. 6. Regalfächer

4. Zusammenfassung

Das teil- oder vollautomatische Ein- und Auslagern von Blechen sowie deren Zuführung zu einzelnen Produktionsanlagen war bislang ein äußerst aufwändiger Prozess. Zur Optimierung des Blech-Handlings hat die KEMPER GmbH mit Hauptsitz im westfälischen Vreden in Zusammenarbeit mit dem Dortmunder Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik ein völlig neues Regallager- und -bediensystem für Blechtafeln konzipiert, im eigenen Betrieb in der Niederlassung in Porici, Tschechien, eine erste Anlage aufgebaut und ein weiteres System auf der EuroBlech 2008 in Hannover der Öffentlichkeit vorgestellt. Die wesentliche Innovation des KEMPER INTELLISTORE® besteht darin, dass im Gegensatz zu allen bisher am Markt erhältlichen Lagersystemen für Blechtafeln auf Schubladen oder Kassetten als Ladehilfsmittel verzichtet wird. Dieser Verzicht auf Ladehilfsmittel, die folglich weder ein-/ausgelagert noch transportiert werden müssen, führt dazu, dass nicht mehr Gewicht (Ladehilfsmittel + Blechtafeln) bewegt werden muss, als für den nächsten Verarbeitungsschritt benötigt wird. Weiter verringert sich das Gewicht aller Systemkomponenten, der Lager-nutzungsgrad erhöht sich, die Ein- und Auslagervorgänge werden beschleunigt, die Energiebilanz des Systems verbessert sich und es entstehen sowohl geringere Investitions- als auch Betriebskosten.



Eingereicht durch:



Kemper GmbH, Vreden
Systemkonzept, Anlagenbetreiber, Systemlieferant



Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund
Entwicklung des Warehouse Management Systems