

Neue Wege in der Materialversorgung einer Fließmontage

## Speicherwechselltürme sorgen für Nachschub ohne Ende

New material supply means for assembly lines

High Storage Towers provide endless continuity of new material supplies

*Eine moderne, leistungsstarke Fließfertigung setzt voraus, dass das benötigte Material zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort in der richtigen Menge zur Verfügung steht. Inzwischen wurde in der Produktion ein derart hoher Grad an Effizienz erreicht, dass herkömmliche Lager- und Transportsysteme den Anforderungen an die Logistik nicht mehr genügen. Das Beispiel dezentral orientierter Lagersysteme, sogenannter Speicherwechselltürme, zeigt einen Weg, wie sich die Materialversorgung auf kreative Weise wirtschaftlich auf engstem Raum organisieren lässt.*

In Halle 40 der Kölner Deutz AG werden derzeit tagtäglich an zwei Montagelinien etwa 1.000 Dieselmotoren montiert - in einem breiten Leistungsbereich und in insgesamt mehreren Tausend unterschiedlichen Varianten, bis zu

Losgröße 1. Die zusammengebauten Motoren werden anschließend kontrolliert. Sie absolvieren einen Probelauf, werden lackiert, für den Versand vorbereitet und schließlich verschickt. All dies geschieht in einem kontinuierlichen und weitestgehend automatisierten Ablauf.

Maximaler Automatisierungsgrad – reibungsloser Materialfluss

Ein erster Blick in die Montagehalle mutet nahezu futuristisch an: Menschen sieht man zunächst nur wenige. Statt dessen bewegen sich unbemannte Transportfahrzeuge, wie von Geisterhand gesteuert, durch die riesige Halle – insgesamt sind mehr als 60 dieser Fahrzeugroboter im Einsatz. Eine überdimensionale Info-Tafel an der Stirnseite der Halle informiert über den augenblicklichen Stand

*A modern, efficient assembly line works on the assumption that the necessary materials will always be available at the right time, at the right place and in the right amount. Nowadays, however, production has attained so high a degree of efficiency that conventional storage and transport systems can no longer meet the logistical requirements. The example of decentralised storage systems, known as High Storage Towers (HSTs), demonstrates how material supply can be organised economically and creatively in a very restricted space.*

*In shed 40 at Deutz AG in Cologne about 1,000 diesel engines – covering a wide range of powers and in a total of several thousand different one-off variants – are at present assembled every day on two assembly lines. The assembled engines are then inspected, subjected to a test run, lacquered, prepared for dispatch and finally sent on their way. All this takes place in a continuous sequence which is as fully automated as possible.*

Maximum automation level – smooth material flow

*At first sight the inside of the assembly shed has an almost futuristic look: at first only a few people can be seen. Instead, unmanned transport vehicles controlled as if by spectral hands move through the enormous shed: in all, more than 60 such robot vehicles are in use. A huge monitor screen at one end of the shed displays the situation of the work at any instant: line 1 is behind time with one unit, line 2 is ahead of schedule with another assembled unit – so everything is “on green”.*



Vollautomatische Materialanlieferung per Lkw: Wenn das Fahrzeug ange-dockt ist, werden die Ladungsträger automatisch überführt

Fully automatic material delivery in trucks: when the vehicle has docked, the load carriers are transferred automatically

A closer look reveals more clearly the way that the work in shed 40 is structured. The individual components needed for engine assembly are delivered in specified containers (KANBAN principle) by roll-on-roll-off trucks. The transfer station is, as it were, designed as a lock in which the vehicle is docked. The load – wire mesh pallets or suchlike – is automatically transferred from a semitrailer (roll-on-roll-off principle) to the goods transfer station, automatically inspected, and booked into the system. Driverless transport vehicles (DTVs) take over the load carriers delivered and bring them to the workplace where they are needed. The material supply is organised according to the “just in time” principle, i.e. there is no goods entry store.

The complex diesel aggregates are put together step by step on the two assembly lines. To enable them to pass automatically along the line and also through the downstream working areas a universal positioning base was developed, which, bolted onto the engine block, at the same time adjusts the aggregate to its working position. This device is a sine-qua-non for automating the working sequence throughout the plant as fully as possible. The level of automation achieved is striking: even the test run, for which the aggregate has to be connected to various medium and exhaust lines, takes place on separate test stands without any manual intervention by a worker.

**Growth and diversification create logistical problems**

Besides information management the particular challenges of such a modus operandi concerns above all the material flow and its control all the way from the supplier to the worker on the assembly line. Ever since the plant was started in 1992 the logistics specialist Herrmann + Hieber GmbH in Denkendorf near Esslingen has played a decisive role in the creation and extension of the logistics system. to begin with, H + H first supplied the au-



Wareneingang: Die angelieferten Ladungsträger werden über Barcodes erfasst und ins System eingebucht

Goods reception: the load carriers delivered are registered by bar-codes and booked into the system

der Arbeiten: Linie 1 ist mit einer Einheit im Rückstand, Linie 2 liegt mit einer montierten Einheit über Plan – alles im grünen Bereich.

Bei genauerem Hinsehen werden die Strukturen, nach denen in Halle 40 gearbeitet wird, deutlicher erkennbar. Die zur Motorenmontage benötigten Einzelteile werden in vorgeschriebenen Behältern (KANBAN-Prinzip) per Lkw angeliefert. Die Übergabestation ist gleichsam als Schleuse ausgebildet, an die das Fahrzeug andockt. Die Ladung - Gitterboxpaletten oder Ähnliches - wird automatisch vom Sattelaufleger (Roll on/Roll off-Prinzip) in den Wareneingang überführt, vollautomatisch geprüft und ins System eingebucht.

Fahrerlose Transportfahrzeuge übernehmen die angelieferten Ladungsträger und bringen diese zu dem Arbeitsplatz, an dem sie benötigt werden. Die Materialversorgung ist „just in time“ organisiert, d.h. ein Wareneingangslager existiert nicht.

In den beiden Montagelinien entstehen Schritt für Schritt die komplexen Diesel-Aggregate. Damit diese die Montagelinie und darüber hinaus auch die nachgelagerten Arbeitsbereiche selbstständig durchlaufen können, wurde ein universeller Stellfuß entwickelt, der, angeschraubt an den

Motorblock, zugleich auch das Aggregat in seiner Arbeitsposition justiert. Diese Vorrichtung gehört zu den grundlegenden Voraussetzungen des weitestgehend automatisierten Arbeitsablaufes im gesamten Werk.

Der auf diese Weise erreichte Automatisierungsgrad ist beeindruckend; selbst der Probelauf, zu dem das Aggregat an verschiedene Medien bzw. Abgasleitungen angeschlossen werden muss, geschieht in separaten Prüfständen ohne irgendeinen Handgriff eines Werkers.

**Wachstum und Diversifizierung schaffen Logistikprobleme**

Die besondere Herausforderung einer solchen Arbeitsweise ist, neben dem Informationsmanagement, vor allem im Materialfluss und dessen Steuerung - vom Lieferanten bis zum Werker am Montageband - begründet. An dessen Auf- und Ausbau hat seit dem Start des Werkes im Jahre 1992 der in Denkendorf bei Esslingen ansässige Logistikspezialist H+H Herrmann + Hieber GmbH maßgeblichen Anteil. H+H lieferte zu Beginn zunächst das automatische Fördersystem, das den Warenübergang mit dem (durch einen externen Dienstleister betrieb-



Übergabe: Die Ladung kann von einem fahrerlosen Transportfahrzeug übernommen und ans Montageband transportiert werden

Transfer: loading can be carried out by a driverless transport vehicle which transports the goods to the assembly line

nen) 12 km entfernten Materiallager verbindet. In der Folge stellte das wachsende Deutz-Werk die Logistik vor immer neue Herausforderungen. Die Problematik der innerbetrieblichen Logistik wird deutlich, wenn man bedenkt, dass auf den Bändern der Fließmontage praktisch kein Motor dem anderen gleicht. Individuelle Kundenwünsche machen eine entsprechend flexible Motorenproduktion erforderlich.

Die zunehmende Differenzierung der Kundenwünsche und auch der Hochlauf der Produktion führten zu einer stetig ansteigenden Anzahl von Einzelteilen, die an den Bändern bereitgestellt werden mussten. Folgerichtig kam es bei Deutz zu Engpässen bei der Nachschubversorgung der Fließmontage. Es wurde zunehmend schwierig, die Teilebehälter an den Arbeitsplätzen neben dem Fließband von den Transportrobotern so aufzustellen, dass der Werker die jeweils benötigten Teile zur Hand hat. Gerade dies jedoch ist die Basis der gewünscht hohen Produktivität.

Um diese Engpassproblematik zu beseitigen, dachte man bei Deutz zunächst an liniengebundene Hochregallager mit Regalbediengeräten. Die Lager sollten entlang den jeweiligen Montagelinien platziert werden. Von zentralen Punkten aus – so war es vorgesehen – könnten sich die Werker mit Teile-Nachschub versorgen. Diese Lösung hätte funktioniert, sie wäre allerdings mit zwei gravierenden Nachteilen behaftet gewesen:

- ❑ Einmal wäre die Errichtung eines zentralen Lagers bei laufender Produktion nicht denkbar gewesen. Der Produktionsausfall muss in die Kostenkalkulation eingerechnet werden.
- ❑ Zudem hätte man die gesamte Infrastruktur der Montagehalle an die geplante Regalkonstruktion anpassen und die Führungsspuren der Fahrerlosen Transportsysteme (FTS) neu verlegen müssen.

automatic conveyor system that connects the goods transfer station to the material store operated by an external server from a distance of 12 km. Later, the growth of the Deutz plant brought up a series of new challenges. The problem of in-house logistics becomes clear when it is realised that almost no engine on the assembly line on the conveyors is exactly the same as the others. Customers' wishes constantly become more individualised and engine production has to become correspondingly more flexible.

The increasing differentiation of customers' wishes, and also the production build-up, led to a continually growing number of individual components that had to be supplied to the assembly lines. At Deutz this created bottlenecks in the supply of fresh materials for continuous assembly. It became more and more difficult for the robots to position the component containers at the workplace alongside the conveyors in such a way that the worker would have the part required to hand in every case. It is precisely this, however, which is the prerequisite for the desired high productivity.

To overcome this bottleneck problem, the first thought at Deutz was to install line-dedicated high-rise rack stores with storage and retrieval units. The stores were to be located along the respective assembly lines. From central points the workers could then draw supplies of components. This solution had two serious inherent disadvantages:

- ❑ In the first place the building of a central store while production continued was not feasible. The production loss therefore had to be taken into account in the calculation of costs.
- ❑ Furthermore, at Deutz the entire infrastructure would have to be adapted for the planned rack-store construction. Among other things, the guide tracks for the unmanned transport system (DTVs) would all have to be laid out afresh.

A concept with advantages:  
decentralised storage at the  
workplace

*In this situation the proposal by the logistics partner H+H Herrmann + Hieber for decentralised storage at the workplaces seemed clearly more advantageous. For this, H+H proposed individual store components which – extending upwards – make use of the free space above the assembly workplace for storage. The term “High Storage Tower” (HST) indicates both the structure and the function of the system: in the lower section of the tower, with a limited floor area, are on one side the transfer and removal positions for full and empty pallets. On the opposite side, where assembly takes place, the material needed is provided. About two metres above the floor are arranged the storage spaces, between which the storage and retrieval mechanism moves. This arrangement has advantages:*

- The floorspace required is so small that practically no modifications of the assembly workplaces or working sequences are needed.*
- The same applies to all the other installations in the shed; the HSTs adapt flexibly to the existing infrastructure.*
- The installation of the largely preassembled HSTs is so time-saving that with skilful timing, production can continue without substantial interruption.*
- Moreover, this is a cost-effective storage system which, for example, can be operated with only three main drive units.*
- A further advantage is the flexibility of the storage area. HSTs can be made optionally with 30 to 60 storage positions – or more if necessary.*
- Finally, the storage capacity should also be stressed: each position can hold a net maximum load of 1,000 kg. Theoretically therefore, a HST with 60 places could hold up to 60 tonnes of material.*



Speicherwechsellurm: Blick auf die Beladeseite. Dieser gegenüber ist der Montagearbeitsplatz erkennbar.

High Storage Tower (HST): view of the loading side. Opposite this the assembly workplace can be seen.

Ein Konzept mit Vorzügen:  
Dezentrale Lagerung an den  
Arbeitsplätzen

Deutlich vorteilhafter erschien in dieser Situation der Vorschlag des Logistikpartners H+H Herrmann + Hieber, der von einer dezentralen Lagerung an den Arbeitsplätzen ausging. H+H schlug dafür einzelne Lagerkomponenten vor, die – nach oben ausladend – den freien Raum oberhalb des Montagearbeitsplatzes für die Lagerung nutzen. Die Bezeichnung „Speicher-Wechsel-Turm“ lässt den Aufbau und die Funktion des Systems ansatzweise erkennen: Im unteren Turmabschnitt mit begrenzter Grundfläche befinden sich auf einer Seite die Aufgabe- und Entnahmeplätze für volle bzw. leere Paletten. Auf der gegenüberliegenden Seite, wo die Montage erfolgt, wird das benötigte Material bereitgestellt. Von etwa zwei Meter oberhalb des Hallenbodens sind die Lagerplätze angeordnet. Diese werden vom automatischen Regalbediengerät des Turmes angefahren. Diese Anordnung weist

eine Reihe von gravierenden Vorzügen auf:

- Der Flächenbedarf ist derart gering, dass praktisch keinerlei Änderungen an den Montagearbeitsplätzen oder an den Arbeitsabläufen erforderlich sind.
- Gleiches gilt auch analog für alle anderen Installationen in der Halle; der SWT passt sich der existierenden Infrastruktur flexibel an.
- Die Installation des weitgehend vormontierten SWT ist zeitsparend, so dass bei geschickter Terminierung ohne wesentliche Unterbrechung produziert werden kann.
- Es handelt sich zudem um eine kostengünstige Lagerlösung, die beispielsweise mit nur drei Hauptantrieben auskommt.
- Ein weiterer Vorteil ist die Flexibilität des Lagerplatzes. SWT können wahlweise mit 30 bis 60 Plätzen ausgeführt werden – bei Bedarf auch darüber.
- Schließlich ist auch die Kapa-



Beladen der Speicherwechseltürme: Fahrerlose Transportfahrzeuge fahren den Ladebereich an der Rückseite an und übergeben die Ladung

Loading the HST: driverless transport vehicles approach the loading area from the rear and transfer the load

azität der Lagerung hervorzuheben: Jeder Lagerplatz kann mit einer Nettolast von max. 1.000 Kilogramm belegt werden. Theoretisch kann somit ein SWT mit 60 Plätzen bis zu 60 Tonnen Material aufnehmen.

Die technisch elegante Lösung: Vollautomatische Speicherwechseltürme

Der obere Lagerteil des SWT besteht aus zwei parallel angeordneten Palettenregalen mit (im Falle des großen Turms) jeweils 6 Stellplätzen nebeneinander und 5 übereinander. Das integrierte automatische Regalbediengerät im Inneren des Turmes besteht aus einer horizontalen Traverse, die auf Schienen mit max. 60 Meter pro Minute vertikal verfährt. Auf der Traverse fährt ein Schlitten in horizontaler Richtung mit max. 60 Meter pro Minute. Der Schlitten trägt eine in Querrichtung ausfahrbare Teleskopgabel, mit der die Paletten in die Stellplätze transportiert werden. Mit diesen drei Bewegungen kann das Regalbediengerät jeden Palettenplatz schnell anfahren.

Im Betrieb bringt ein FTS die benötigte Materialbox vom Wa-

renübergangsbereich zum Lagerturm. Die Transportbox wird am rückseitigen Eingabeplatz auf einer sogenannten System-Trägerpalette abgesetzt. Das Regalbediengerät übernimmt die Transportbox, deren Barcode zuvor am Eingabefach von einem Scanner eingelesen worden ist, und stellt ihn in das vorgesehene Lagerfach. Der große SWT mit 60 Plätzen ist mit zwei Eingabefächern ausgestattet.

An der gegenüberliegenden Seite des SWT befinden sich die Arbeitsplätze. Diese können übrigens bei Bedarf auch in zwei Ebenen übereinander angeordnet sein. So erfolgt beispielsweise die Vormontage der Lichtmaschine in der oberen Etage. Im exakten Timing wird der jeweils benötigte Lichtmaschinentyp eine Etage tiefer transportiert, wo der entsprechende Motor dafür bereitsteht.

Jeder Werkerplatz verfügt über ein Terminal, mit dem Paletten abgerufen und wieder in den SWT zurückgestellt werden können. Der Mitarbeiter meldet der Warenwirtschaft, wenn eine leere Transportbox wieder abgeholt werden kann. Der Rest geschieht wieder vollautomatisch: Ein FTS nimmt die Box am Abholfach in Empfang und fährt diese zurück in den Warenausgangsbereich. Das Regalbe-

The technically elegant solution: fully automatic high storage towers

*The upper storage zone of the HST consists of two parallel pallet racks, each (in the case of the large tower) having 6 places alongside one another and 5 arranged one above the other. The automatic storage and retrieval mechanism inside the tower consists of a horizontal crossbeam which moves vertically on rails at a maximum speed of 60 m/min. On the crossbeam a carriage moves horizontally at a maximum speed of 60 m/min. The carriage transports a telescopic fork that can be extended transversely, by which the pallets are transported to their stowing positions. With these three movement modes the storage and retrieval unit can move rapidly to any pallet position.*

*In operation a HST brings the required material box from the goods transfer area to the storage tower. The transport box is set down at the entry point at the rear, onto a so-called system support pallet. The storage and retrieval unit takes over the transport box, whose barcode has previously been read by a scanner at the entry bay, and carries it to the intended storage bay. The large HST with 60 positions is equipped with two entry bays.*

*On the opposite side of the HST are the workplaces. These, incidentally, can also be arranged on two levels one above the other if necessary, for example so that the generators can be preassembled on the upper level. With exact timing, the generator type needed in each case is moved one level lower, where the corresponding engine is ready for it.*

*Each work position has a terminal with which pallets can be called for or returned to the HST. The worker notifies the goods management system when an empty transport box can be collected again. The rest again takes place fully automatically: a DTV takes up the box from the collection bay and returns it to the "goods out" area. The storage and*

retrieval unit carries the empty support pallet back to a storage position not currently in use.

A successful idea: HSTs do just what was wanted at Deutz AG

*The high storage tower has proved its worth from the beginning at Deutz AG. The first four HST units, which were delivered at the end of the 1990s, were followed in due course by others and now a total of eleven high storage towers are in operation. IN December 2006 H + H received an order for two more systems, and these began operating in April. Today, both assembly lines are almost fully equipped with such systems.*

*The success of this idea demonstrates the extent to which the creativity and experience of the specialised logistics company can optimise in-house sequences. The high storage towers at Deutz were developed in response to the customer's actual problem situation at the time. Since logistical problems in various companies occur in different forms, their solutions also differ accordingly.*

And what next?

*Nevertheless, the high storage tower concept now provides a solution which can also be applied to many logistical problems of a similar nature. The best opportunities for this exist in almost every sector of the automotive and supplier industries. Now that the idea has been granted protection by a European Patent, its marketing on a wider scale will begin.*

*As Georg Konti, Managing Director of Herrmann + Hieber explains: "Now that Deutz AG, as the world's leading manufacturer of diesel engines, has tested our storage system and over the course of a few years re-equipped its production operation with it, for us this confirms that we are able to offer our customers a really useful innovation. There is no doubt that the system will be a success on the market!"*

Lagerung des Montagematerials: Der Speicherwechsellurm vervielfacht das Lager volumen bei beengten Platzverhältnissen

Storage of the assembly material: the HST multiplies available storage volume within a restricted space



diengerät befördert die leere System-Trägerpalette zurück zu einem gerade nicht genutzten Stellplatz.

Eine erfolgreiche Idee:  
Bei der Deutz AG hat sich der SWT durchgesetzt

Die Idee des Speicherwechsellurmes hat sich bei der Deutz AG von Beginn an bewährt. Den ersten vier SWT-Einheiten, die Ende der neunziger Jahre geliefert wurden, folgten nach und nach weitere. Inzwischen sind insgesamt elf Speicherwechsellürme in Betrieb. Im Dezember 2006 erhielt H+H Herrmann + Hieber den Auftrag über zwei weitere Systeme, die im April in Betrieb genommen worden sind. Heute sind beide Montagelinien nahezu komplett mit solchen Systemen ausgerüstet.

Der Erfolg dieser Idee lässt zunächst einmal erkennen, in welchem Ausmaß die Kreativität und die Erfahrung des spezialisierten Logistikunternehmens H+H die innerbetrieblichen Abläufe zu optimieren vermag. Die Speicherwechsellürme bei Deutz wurden aus der aktuellen Problemlage des Kunden entwickelt. Da die Logi-

stikprobleme in den verschiedenen Unternehmen immer wieder anders gelagert sind, wird auch die Problemlösung differenziert ausfallen.

Und wie geht es weiter?

Gleichwohl steht mit dem Konzept des Speicherwechsellurmes jetzt eine Lösung zur Verfügung, die sich durchaus auch auf ähnlich gelagerte Logistikprobleme übertragen lässt. Beste Möglichkeiten dazu bieten sich in praktisch allen Bereichen der Fahrzeug- und Zulieferindustrie. Nachdem die Idee aktuell durch ein Europäisches Patent geschützt ist, soll die Vermarktung jetzt in breiterem Umfang starten.

Georg Konti, Geschäftsführer der Herrmann + Hieber GmbH: „Wenn die Deutz AG als weltweit führender Hersteller von Dieselmotoren unser Lagersystem erprobt und in den Folgejahren seine Produktion damit schrittweise umrüstet, dann ist das für uns der Beleg, dass wir unserem Kunden eine nutzbringende Innovation zur Verfügung stellen konnten. Das System wird sich ohne Zweifel am Markt durchsetzen!“