

Manuskript zum Vortrag:

„Flurfreie Materialflusstechnik für die Produktion“

Prof. Dr.-Ing. W. A. Günthner, Dipl.-Ing. A. Bambynek

Inhalt

1	AUTOMATIKKRANE IM MATERIALFLUSS	1
2	EINSATZ EINER LEICHTKRANANLAGE IM PROJEKT MATVAR.....	3
3	SICHERHEITSKONZEPT	6
4	FLEXIBLES AUTOMATISIERUNGSKONZEPT	8
5	INTEGRATION DER KRANANLAGE IN DEN MATERIALFLUSS	9
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	13
7	LITERATUR	14

1 Automatikkrane im Materialfluss

Bislang sind typische Einsatzfelder von Kranen begrenzt auf die Handhabung schwerer und sperriger Lasten, auf manuelle Montagevorgänge und auf automatisierte Spezialanwendungen. Dazu zählen Lageranwendungen oder Maschinenbeschickungen mit hohen Anforderungen an die Positioniergenauigkeit. Die umgesetzten Automatikkrananlagen sind sehr kostenintensiv, da sie eine hohe Steifigkeit der Kranbrücke voraussetzen und oft Maßnahmen zur Lastpendeldämpfung beinhalten. Auch der hohe Spezialisierungsgrad und die geringe Wiederverwendbarkeit der Lösungen führen zu den hohen Kosten. Deshalb bleibt derzeit ihr Einsatz wegen der fehlenden Effizienz auf wenige Anwendungsgebiete beschränkt, die durch hohe Einspareffekte, insbesondere von Personal gekennzeichnet sind.

Das Potential von Automatikkrananlagen erstreckt sich jedoch auf einen weiten Bereich, von den genannten Einsatzfeldern bis hin zum Fördersystem für den innerbetrieblichen Materialfluss. Die Vorteile des Krans als flurfreies Fördermittel wurden in den letzten Jahren oft genannt. Unbestritten ist die Einsparung von Transportflächen durch flurfreie Fördersysteme und die hohe Ortsflexibilität von Kranen bei der Verlegung von Arbeitsplätzen. Hinzu kommen bei automatisierten Systemen die Reduzierung der Personalbindung und die Integrationsfähigkeit in ein übergeordnetes Leitsystem, das u.a. Bestände, Fahr- und Produktionsaufträge verwaltet, koordiniert und visualisiert.

Im Zusammenhang mit der Automatisierung wurde in der Literatur der Begriff der Skalierbarkeit geprägt. Um die Anforderungen und gleichzeitig die Kosten zu reduzieren, brauchen nicht alle Achsbewegungen automatisiert abzulaufen. Beispielsweise können die Kran- und Katzbewegung automatisch, die Hub- und Senkbewegung aber zusammen mit der Lastauf- und Lastabgabe unter Aufsicht eines Bedieners manuell vor Ort erfolgen. Die Einteilung der Stufen orientiert sich, wie in dem genannten Beispiel, an den Abläufen, aber auch an den Komponenten, die für eine bestimmte Funktionalität des Kransystems notwendig sind. Beispielsweise wird zur Anbindung an ein übergeordnetes Leitsystem ein Kran-PC eingesetzt. Die zugehörige Automatisierungsstufe ist dann ein PC-gestützter Kranbetrieb.

Die Erweiterung des Einsatzgebiets von skalierbar automatisierbaren Kranen auf den Materialfluss setzt eine Systemfähigkeit voraus, die eine leichte Integration in das Gesamtsystem ermöglicht. Die dafür notwendige Beschreibung von allen Anlagenelementen beinhaltet nicht nur allein die Krananlage mit ihren Systemgrenzen sondern auch andere Elemente des Materialflusssystems (Abb. 1). Diese Form der Aufgabenbeschreibung zwingt zur Gesamtbetrachtung und zur Festlegung von Standards, da sich ansonsten Veränderungen bei anderen Teilnehmern der Transportkette auf die Krananlage auswirken. Die Berücksichtigung von Flexibilitätsanforderungen bekommt dadurch in der Planungsphase eine wichtige Bedeutung. Bislang werden zu Beginn eines Projekts abgrenzende Spezifikationen für das Kransystem festgelegt, die dann zu den genannten Speziallösungen führen. Eine Anpassung an die veränderte Aufgabe erfordert dann einen unverhältnismäßig hohen Aufwand und

entsprechende Kosten. Eine höhere Effizienz ist allerdings erforderlich für eine größere Akzeptanz bei Planern und Betreibern.

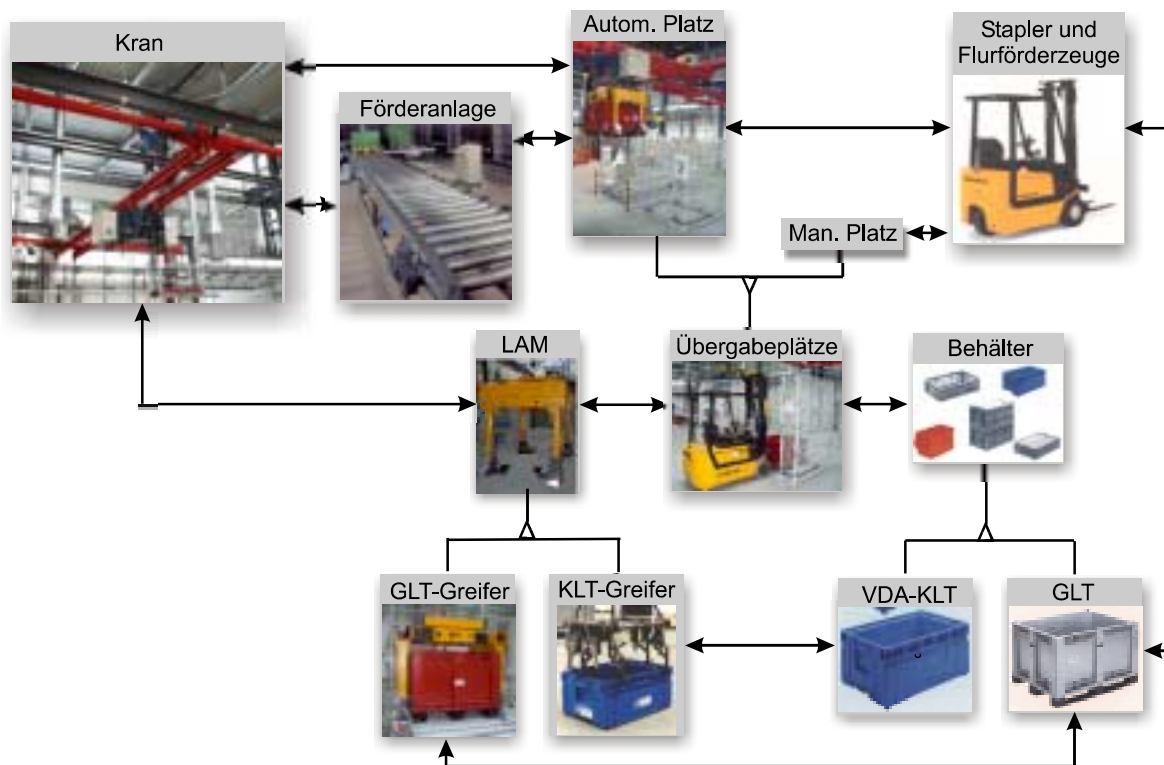


Abb. 1: Beschreibung eines Materialflusssystems mit einem Automatikkran

2 Einsatz einer Leichtkrananlage im Projekt MATVAR

Als variables Materialflusssystem in einer sich ständig verändernden Produktion wurde im Projekt MATVAR¹ (= Materialflusssysteme für flexible Fertigungssegmente im dynamischen Produktionsumfeld) eine automatisiertes Hängekran-/ Hängebahnsystem (KBK-System der Fa. Mannesmann Dematic) ausgewählt. Entscheidend dafür ist die Ausgangssituation im Projekt, die bestimmt wird durch flexible Fertigungsinseln. Sie können auf eine hohe Dynamik, ausgelöst durch ein sich schnell wandelndes Käuferverhalten, reagieren (Abb. 2). Da sich u.U. durch Veränderung

¹ gefördert im Rahmen des Programms „Produktion 2000“ mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) über das Forschungszentrum Karlsruhe, Projektträger für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung (PFT)

der Arbeitsschritte die Quellen- und Senkenbeziehungen ändern, ist eine entsprechend flexible Materialflusstechnik erforderlich, die zusätzlich auch auf Änderungen im Produktionslayout angepasst werden kann [Gün-00].

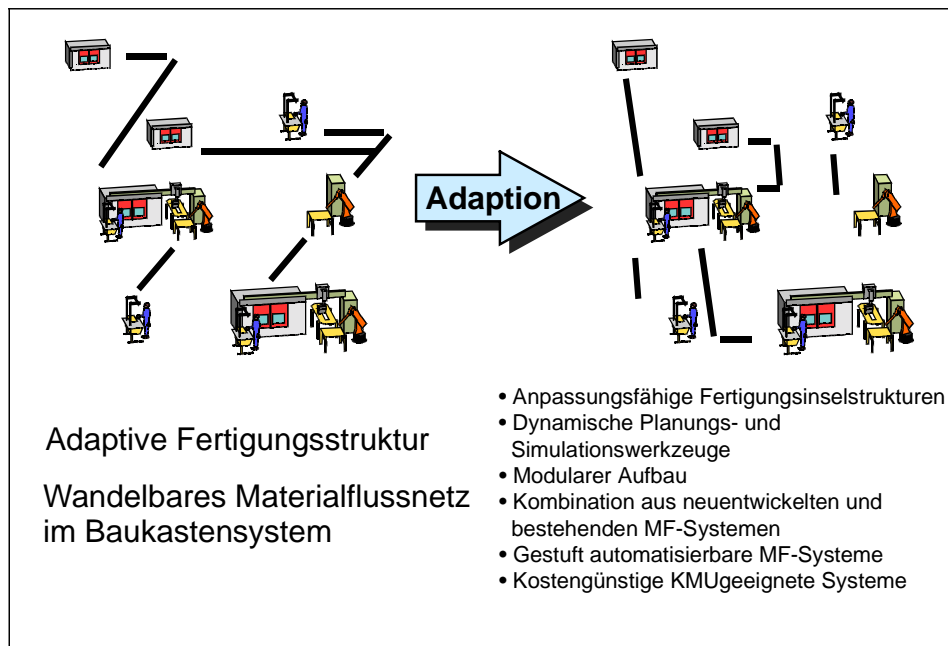


Abb. 2: Adaption von Materialflusssystemen an sich ändernde Produktionsstrukturen

Unter Zugrundelegung des beschriebenen Produktionsszenarios lieferte eine Marktbefragung [Gün-98], die der Lehrstuhl fml im Rahmen des Projekts durchgeführt hat, Ergebnisse hinsichtlich der Anforderungen für ein Leichtkransystem im Überflurbereich. Dazu zählen u.a. Angaben zum Automatisierungsgrad, zum Einsatz von Ladehilfsmitteln, zu Transportlasten, zur Zahl der Lastübergabestellen. Es bleibt festzuhalten, dass für die überwiegende Zahl der Einsatzfälle ein teilautomatisierter Betrieb ausreichend ist. Die Transportlasten liegen, abgesehen von einem geringen Prozentsatz, unter 1t und der Transport erfolgt überwiegend mit Ladehilfsmitteln. Wegen der Aufrüstungskompatibilität ist aber der Vollautomatikbetrieb für die Konzeption der Anlage zugrunde zu legen, obwohl er nur die äußerste Rüststufe darstellt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse- und Konzeptphase wurde von den Projektpartnern Mannesmann Dematic, OBTEC Steuerungstechnik, HBC Funktechnik und fml in der Versuchshalle des Lehrstuhls eine erste Referenzanlage aufge-

baut, die aus zwei Kranbrücken, drei Krankatzen und angeschlossener Hängebahnen besteht. Mit dem kostengünstigen Kransystem KBK wurden eine Vielzahl von Anwendungen realisiert, von der vollautomatischen Ver- und Entsorgung von Förderstrecken und Lagersystemen bis hin zu einer teilautomatischen Bedienung von Arbeitsplätzen, die eine Lastübergabe manuell unter Kontrolle eines Bedieners erfordert. Die einzelnen Halbspiele dürfen dabei im Automatisierungsgrad variieren. Die Anlage ist darüber hinaus in ein zentrales Leitsystem eingebunden. Dieses übernimmt u.a. die Auftragssteuerung und die Vergabe von Fahr-, Ein- und Auslagerungsaufträgen.

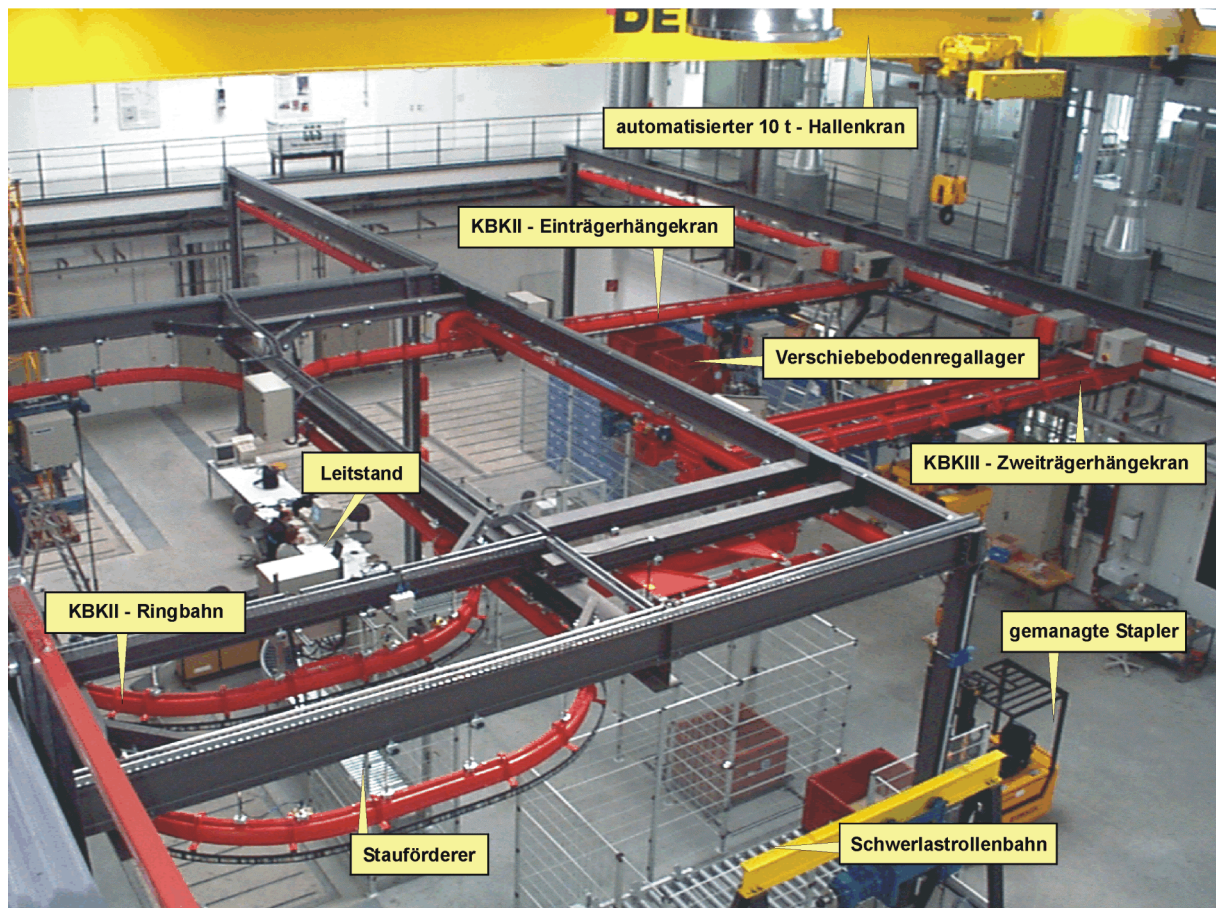


Abb. 3: Referenzanlage am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

3 Sicherheitskonzept

Ein Schlüsselaspekt beim Einsatz von Automatikkrananlagen im produzierenden Umfeld ist die erreichbare Sicherheit. Vorgaben dafür liefern neben den Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften die VDI-Richtlinie 3653 „Automatisierte Kransysteme“. Aus Gründen der Einbuße an Ortsflexibilität kommen einige, mögliche Maßnahmen zur Absicherung der automatische Lastfahrt, wie z.B. das Unterfangen der Last über Zwischendecken, nicht in Betracht. Um dennoch die Arbeitsräume von Kran und Personen zu trennen, erfolgt der Transport stets in der obersten Hakenstellung. Diese Stellung lässt sich darüber hinaus noch verriegeln. Zur Sicherheit tragen außerdem Mehrseilkatzen, der automatische Transport geschlossener Ladehilfsmittel, das formschlüssige Greifen der Last, die redundante Überprüfung der Position und die Einhaltung von Mindestabständen bei.



Abb. 4: Mögliches Sicherheitskonzept für Krane im produzierenden Umfeld

Für einer automatischen Lastübergabe sind weitere Maßnahmen erforderlich: Üblicherweise ist der gesamte Arbeitsraum des Automatikkrans abgesperrt. Da sich im produzierenden Umfeld Personen aufhalten, werden nur die Übergabepätze selbst

abgesperrt. Die Einhausung kann im Betrieb jedoch nicht betreten werden, ohne einen Stillstand der Anlage hervorzurufen. Bei automatisch bedienten Lagern beispielsweise besteht keine Notwendigkeit zum Betreten.

Bereits einen Sonderfall stellt der Teachbetrieb dar, der eine Zugänglichkeit im Betrieb der Anlage erfordert. Bei vom Kran automatisch bedienten Plätzen, auf die das Transportgut manuell zu- und abgeführt wird, ist jedoch eine erweiterte Lösung erforderlich. Das im Projekt erarbeitete Konzept sieht eine Intelligenz für die unterschiedlichen Platzzustände vor und sorgt über redundante Steuerungen und durch die Auswertung verschiedener Schaltsignale für eine Stromzufuhrunterbrechung, wenn die Absperrung während der Lastübergabe betreten wird.

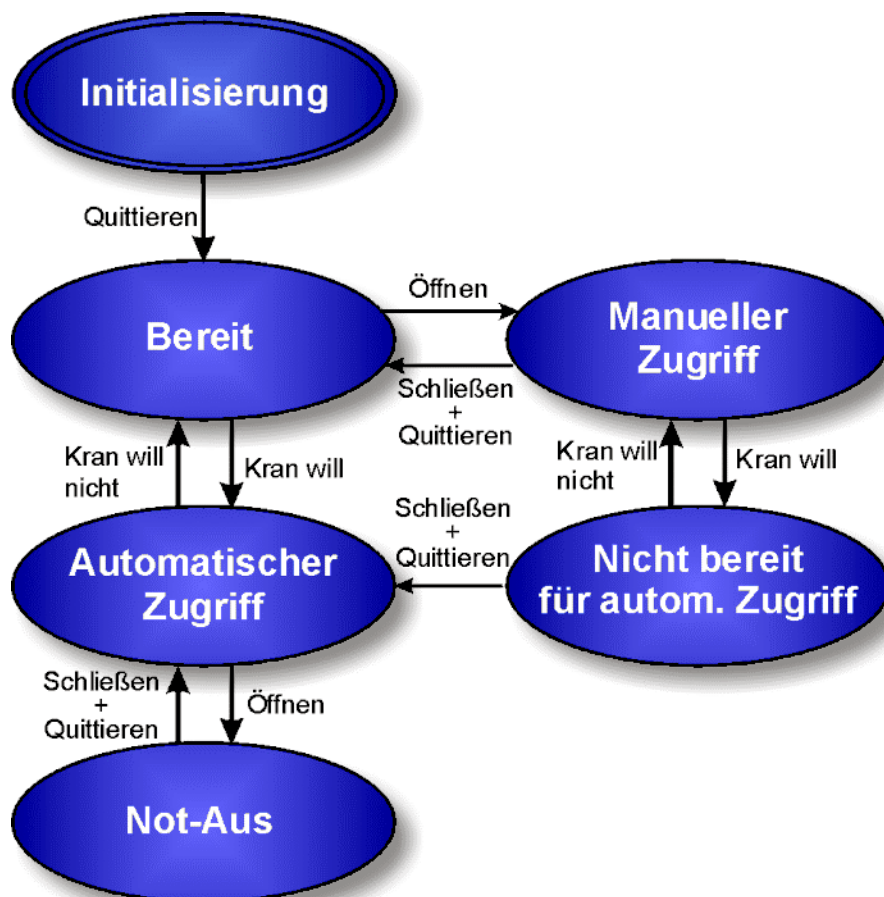


Abb. 5: Zustände eines begehbaren Übergabeplatzes

4 Flexibles Automatisierungskonzept

Einen großen Aufwand erfordert bei Änderungen oder Erweiterungen der Krananlage stets die Anpassung der Steuerungen. Ein Ansatz für eine flexible Steuerungsstruktur ist die Verteilung der Intelligenz auf dezentrale Knoten, die den entsprechenden Krankomponenten zugeordnet sind. Erweiterungen um neue Krankatzen werden beispielsweise durch Hinzufügen eigener, intelligenter Katzmodule realisiert. Das gleiche Konzept wird bei der Erhöhung des Automatisierungsgrads verfolgt. Auch hier geschieht die Erweiterung der Funktionalität über das Hinzufügen neuer Steuerungskomponenten.

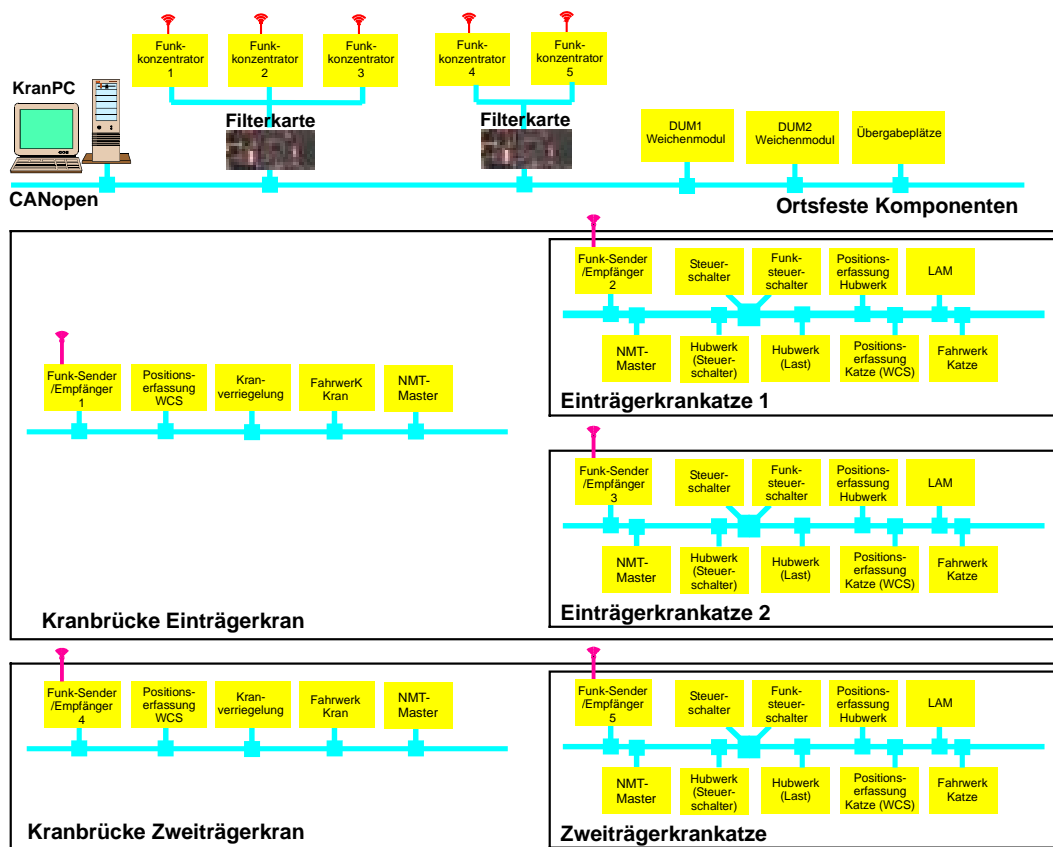


Abb. 6: Dezentrale Steuerungsarchitektur

Voraussetzung für den beschriebenen, modularen Aufbau (Abb. 6) ist der Einsatz eines Feldbussystems. Hierfür wurde der CAN-Bus mit dem Übertragungsstandard „CANopen“ ausgewählt. Die Gründe dafür sind die Multi-Master-Fähigkeit

und die nachrichtenorientierte Prozessdatenübertragung, die das modulare Konzept am besten unterstützt [Mül-00]. Die Standardisierung über die CiA (Nutzerorganisation CAN in Automation) gewährleistet eine Offenlegung der Protokollstandards und damit eine Austauschbarkeit von Modulen.

Die Datenübertragung zu den bewegten Busteilnehmern ist entweder über Schleifleitung oder über Funk realisiert. In beiden Fällen kann der Bus mit einer Datenrate von 125kBit/s betrieben werden. Bei Erweiterung der Anlage um neue Krane oder Katzen steigt stets die Buslast. Um hier die Erweiterungsfähigkeit nicht einzuschränken, ist es sinnvoll, den Feldbus zu segmentieren und Teilnehmer zusammenzufassen. Dieser Ansatz eignet sich insbesondere für die Busdatenübertragung über Funk [Schwa-00]. Da hier die Änderung der Bustopologie durch das Hinzufügen unerwünschter Stichleitungen vermieden wird, können mit der Funktechnologie bei Bus-erweiterungen kurze Inbetriebnahmezeiten realisiert werden.

5 Integration der Krananlage in den Materialfluss

Wie einleitend beschrieben, ist die Integration ein wichtiger Aspekt bei der Gestaltung von Automatikkrananlagen für den innerbetrieblichen Transport. Alle Maßnahmen, die unter diesen Begriff fallen, betreffen nicht nur die informationstechnische Schnittstellen zu einem übergeordnetes Leitsystem sondern auch die Anpassung aller Systemelemente für den gemeinsamen Betrieb [Bam-00]. Die Verbindung und die Gestaltung der Lastübergabestellen für einen verketteten Materialflusses muss ebenso in die Betrachtung mit einbezogen werden wie die Auswahl der eingesetzten Ladehilfsmittel. Besonders betroffen sind die Lastaufnahmemittel. Ihre Anforderungen werden u.a. bestimmt durch:

- den Automatisierungsgrad
- das zu transportierende Behältersystem
- die Gestaltung des Hubwerks
- die Positioniergenauigkeit des Kransystems
- die Raumverhältnisse an den Lastübergabestellen

5.1 Gestaltung multifunktionaler Lastaufnahmemittel

Eine flexibles Lastaufnahmemittel für Kleinladungsträger nach dem VDA-Standard, das alle Automatisierungsstufen abdeckt, wurde im Rahmen des Projekt konzipiert und anschließend realisiert. Es arbeitet nach dem Schwerkraftprinzip, d.h. es nutzt die Schwerkraft zum Schließen des Fingergreifmechanismus. Durch die Anordnung unabhängiger Greifeinheiten kann eine Anpassung auf verschiedene Langlochbilder realisiert werden. Die Löcher sind jeweils an der Oberseite des Behälters angeordnet und ermöglichen ein Greifen von „oben“. Zum Öffnen wird ein Entriegelungsmagnet mit Strom beaufschlagt. Für die Behälterhandhabung müssen keine Mindestabstände für den Greifer eingehalten werden, sofern das Abstellen oder Aufnehmen lagenweise erfolgt.



Abb. 7: Multifunktionales Lastaufnahmemittel für Kleinladungsträger

Die einfache Konstruktion² eignet sich für alle Betriebsarten. Schwenkbare Einführhilfen ermöglichen eine automatische Lastaufnahme mit der erreichbaren Positioniergenauigkeit des Hängekransystems ohne weitere Maßnahmen zur Lastpendel-

² Das Greifmechanismus und das Prinzip zur Einführhilfe wurden zum Patent angemeldet und unter den Patentnummern DE 199 38 025 A1 und DE 199 41 647 A1 offengelegt.

dämpfung. Die Konstruktion greift die Last formschlüssig, ist eigensicher, hat einen kontrollierbaren Verriegelungszustand vor dem Anheben und erfüllt damit die Anforderungen für den flurfreien, automatischen Behältertransport. Es besitzt eine eigene Steuerung, die das selbsttätige Öffnen steuert und die Verbindung zur Kransteuerung herstellt. Die jeweiligen Greifzustände stehen damit der Kransteuerung zur Auswertung zur Verfügung. Dadurch kann das Lastaufnahmemittel ständig überwacht werden.

5.2 Verkettung mit flurgebundener Förder- und Lagertechnik

Für die Verkettung zu flurgebundenen Fördergeräten und Lagern, die vom Kran automatisch bedient werden können, dürfen in einem effizienten System keine Sonderlösungen entstehen. Dies bedeutet, dass alle Lastwechselläufe stets gleich ablaufen. Genauso wenig darf sich eine Erweiterung um Plätze auf der Seite der Förder- und Lagertechnik auf die Kransteuerung auswirken. Bei einer Erweiterung um Krane oder Katzen gilt das gleiche für die Förder- und Lagertechnik. Diese Forderung konnte für eine Vielzahl von Anwendungsfällen realisiert werden.

Hierzu trägt ein universeller Datenaustausch bei, der nicht teilnehmer-, sondern nachrichtenorientiert ist. Es werden hierbei die Eigenschaften des CAN-Bus genutzt. Die jeweils betroffene Steuerung der Förder- und Lagertechnik fungiert dabei als Berechtigungsserver. Es handelt sich dabei um eine logische Funktionseinheit, die auf eine oder mehrere Steuerungen für jeweils einzelne Anlagenabschnitte verteilt sein kann. Sofern die Voraussetzungen erfüllt sind, erhält die Katze über den Bus die Freigabe, die über die angefragte Platznummer adressiert ist. Dabei ist es unerheblich welche der Krankatzen auf den Platz zugreift. Genauso wenig ist von Interesse, welche der bekannten Steuerungen auf die Anfrage antwortet. Dieses Konzept führt zu einer Entkopplung der Gerätesteuern, da die Zustände der bodengebundenen Peripherie von der Kransteuerung nicht verarbeitet werden müssen.

Zur Verdeutlichung des Konzepts dient das nachfolgende Beispiel:

Bevor der Lagerplatz eines Verschiebebodenregallagers [Han-00b] bedient werden kann, muss dieser zuvor manuell angefahren und geteacht werden. Zusätzlich ist die

Nummer des Übergabeplatzes einzugeben, um einen Signalaustausch für den Platz herzustellen. Ein Aus- oder Einlagervorgang wird über das zentrale Leitsystem in Form von Fahraufträgen ausgelöst. Die Krankatze fährt daraufhin die Auf- oder Abgabeposition in der obersten Hakenstellung an, kontrolliert diese und wartet nach der erfolgten Anfrage auf die Freigabe.

Zur Erteilung der Erlaubnis muss u.a. das Verschiebebodenregal in eine Stellung gefahren sein, in der der gewünschte Zugriff möglich ist. Anschließend wird von der Steuerung des Verschiebebodenregals die Freigabe für den Platz auf dem Bus gesendet. Der damit aufgebaute Signalaustausch bleibt solange bestehen, bis das Lastaufnahmemittel wieder die oberste Hakenstellung erreicht hat. Der Signalaustausch erfolgt dabei asynchron, d.h. ereignisorientiert. Im Fall einer Störung wird die Freigabe entzogen und das Hubwerk muss anhalten. Die Verbindung zum Lager kann nur vom Kran beendet werden, der dafür von der Lagersteuerung eine Quittung erhält.



Abb. 8: Verschiebebodenregallager³ zur Kranbedienung

³ Das Lagerprinzip ist zum Patent angemeldet und unter der Nummer DE 199 42 584 A1 offengelegt.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des vorgestellten Projekts MATVAR konnte die Eignung eines Hängekran-/ Hängebahnsystems für den innerbetrieblichen Materialfluss nachgewiesen werden. Die realisierte Anlage stellt ein ortflexibles Materialflusssystem dar und erfüllt eine Vielzahl von Funktionen im innerbetrieblichen Materialfluss. Hierzu wurden Konzepte für die beteiligten Systemelemente unter Berücksichtigung der Sicherheit und Flexibilität der Anlage entworfen und umgesetzt. Die Gestaltung gewährleistet ein Zusammenwirken bei verschiedenen Anwendungen wie z.B. bei der Lager- oder Einzelplatzbedienung, bei der Ver- und Entsorgung von Förderstrecken oder bei der Bedienung von Arbeitsplätzen. Der gesamte Umfang umfasst dabei alle Automatisierungsgrade. Dazu gehört in der Endausbaustufe auch der Vollautomatikbetrieb des Leichtfördersystems. Das vorgestellte Sicherheitskonzept ermöglicht den automatischen Betrieb im produzierenden Umfeld. Intelligente Plätze lassen zusätzlich ein Begehen während des Betrieb zu. Es ist dabei stets sichergestellt, dass eine ausreichende Personensicherheit gewährleistet ist.



Abb. 9: Ergebnisse im Projekt MATVAR

Eine Voraussetzungen für den skalierbaren Aufbau ist der Einsatz des CAN-Bus und der dezentrale Aufbau der Kransteuerung. Durch eine stetige Erweiterung um Bus-teilnehmer konnten ein Manuellbetrieb und ein Automatikbetrieb, der wahlweise nur die automatische Kran- und Katzfahrt oder auch die automatische Lastübergabe abdeckt, realisiert werden. Die Endstufe bildet der Betrieb in einem Leitsystem, das Aufträge und Bestände im System verwaltet und Transportvorgänge kontrolliert. Die Systematisierung des Materialflusssystems zusammen mit universellen Abläufen gewährleistet die Erweiterbarkeit und Anpassungsfähigkeit. Dies gilt sowohl für die Steuerung als auch für die Mechanik. Beispielsweise lassen sich die eingesetzten Lastaufnahmemittel für unterschiedliche Behälter und Plätze anpassen und einsetzen.

Ursache für lange Aufbau- und Inbetriebnahmezeiten sind bisher die noch nicht durchgängig modulare Steuerungsstruktur und ein stets großer Montageaufwand. Hier sind noch weitere, konzeptionelle Ansätze notwendig, um das Ziel autonomer Fördersysteme im innerbetrieblichen Materialfluss realisieren zu können. Dieses Ziel scheint mit den ersten Vorarbeiten realisierbar und soll am Lehrstuhl fml in Angriff genommen werden. Die aufgebaute Versuchsanlage dient auch als Referenz für die Beurteilung der Sicherheit im industriellen Einsatz. Das entwickelte Sicherheitskonzept soll deshalb im Rahmen des AiF-Projekts Sicherheitsleitlinien für Automatikkrane im produzierenden Umfeld überprüft und die Berechtigung für den Betrieb der Automatikkrananlage zum innerbetrieblichen Behältertransport nachgewiesen werden.

7 Literatur

- [Bam-00] Bambynek, A.: Flexible Fördersysteme: Einbindung einer flurfreien Krananlage. In: Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 40 (2000) Nr. 5, S. 276-280.
- [Gün-00] Güntner, W. A.; Hamke, N.: Verbundforschungsprojekt MATVAR: Wege zum wandelbaren Materialflussnetz. In: Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 40 (2000) Nr. 5, S. 267-270.

- [Gün-98] Günthner, W. A.; Handrich, W.: Entwicklung eines stufenweise automatisierbaren Leichtfördersystems im Überflurbereich. In: Marquardt, H.-G. (Hrsg.): Logistik aktuell, 6. Kranfachtagung, Verlag Praxiswissen, Dresden 1998.
- [Han-00a] Handrich, W.: Transport im Überflurbereich: Leichtfördersysteme – manuell bedient und automatisiert. In: Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 40 (2000) Nr. 5, S. 272-275.
- [Han-00b] Handrich, W.; Lechner, B.: Krangerecht verschoben: Dynamisches Lagersystem kann vom Automatikkran beschickt werden. In: Materialfluss, Oktober 2000, S. 28-29.
- [Mül-00] Müller, S.; Praczyk, J.: Lösungen aus dem Baukasten: Leichtkransystem auf der Basis des KBK. In: Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 40 (2000) Nr. 5, S. 282-285.
- [Preu-00] Preuß, T.: Hoch mit den Transporten – freie Bahn für die Fertigung. In: Industrieanzeiger 21/2000.
- [Schwa-00] Schwarz, D.: Einsatzmöglichkeiten für die Funktechnik- Integration in Feldbussysteme (CAN). In: Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 40 (2000) 6, S. 358-360.