

**Automatisierung von Containerkränen
Stand der Technik
und
Entwicklungsmöglichkeiten**

Bericht B 3

Ausschuss für Hafenumschlagtechnik

AHU

Hafenbautechnische Gesellschaft e.V.

HTG

INHALTSVERZEICHNIS**Seite**

Einleitung	4
1 Hubwerk	4
1.1 Allgemein	4
1.2 Beschreibung	5
1.2.1 Weg = Hubposition	5
1.2.2 Soft-Touch	5
1.2.3 Trimmung (Trim)	5
1.2.4 Krängung (List)	6
1.2.5 Drehwinkel des Spreaders (Skew)	6
1.2.6 Lastmessung	7
1.2.7 Pendelwinkel	7
1.2.8 Spreaderfunktion	7
1.2.9 Überlast	7
1.2.10 Lastmoment	7
1.2.11 Verhaklast (Snag Load)	7
1.2.12 Ungewollte Bewegung	8
2 Katzfahrwerk	8
2.1 Allgemein	8
2.2 Beschreibung	8
2.2.1 Wegerfassung	8
2.2.2 Lastpositionierung	9
2.2.3 Pendelwinkelerkennung	10
2.2.4 Katzgeschwindigkeit	11
3 Kranfahrwerk	12
3.1 Allgemein	12
3.2 Transponder	12
3.3 Induktive Schleife	13
3.4 Optische Lenkung	14
3.5 Distanzlaser	14
3.6 GPS-Systeme	15

INHALTSVERZEICHNIS**Seite**

4	Auslegereinziehwerk und Drehwerk	16
5	Übergeordnete Funktionen	17
5.1	Kollisionsschutz	17
5.1.1	Radar	17
5.1.2	Laser	17
5.1.3	Ultraschall	18
5.1.4	Lichtschraken	18
5.1.5	Software-Verriegelung	18
5.2	Schutzfeldüberwachung/Laserscanner	19
5.3	Maschinen- und Betriebsdatenerfassung	19
5.3.1	Maschinendatenerfassung	19
5.3.1.1	Vibrationsmessung	19
5.3.1.2	Temperaturmessung	20
5.3.2	Betriebsdatenerfassung	20
5.3.2.1	Betriebsstunden	20
5.3.2.2	Lastmessung	20
5.3.2.3	Energiebedarf	21
6	Kranmanagementsysteme	21
7	Kommunikation	22
7.1	Lichtwellenleiter	22
7.2	Datenfunk	23
7.3	Schlitzhohlleiter	24
8	Ausblick	25
8.1	Integration und Vernetzung von Systemen	25
8.2	Automatisierung	26

Einleitung

Ziel des Arbeitskreises ist es, den Stand der Technik und die Entwicklungsmöglichkeiten der Automatisierung von Hafenkränen darzustellen.

Die ständige Forderung nach Verbesserung der

- Wirtschaftlichkeit,
- Sicherheit und
- Ökologie

führt zu einer immer weiter fortschreitenden Automatisierung von Hafenkränen.

Bei der Auswahl der Sensorik ist darauf zu achten, dass die Anforderungen der Risikoanalyse erfüllt werden.

Die Grenzen der Automatisierung werden im Wesentlichen durch die eingesetzte Sensorik bestimmt. Im Rahmen dieses Arbeitskreises wird nur die zusätzlich erforderliche Sensorik für einzelne Automatisierungsaufgaben beschrieben. Auf konventionelle Geräte, die auch auf jedem nicht automatisierten Kran zu finden sind, wird hier nicht eingegangen.

Die verschiedenen Automatisierungskonzepte werden anhand der Haupttriebwerke und übergeordneten Aufgaben dargestellt.

1 Hubwerk

1.1 Allgemein

Die Automatisierung eines Hubwerkes fordert einen automatischen Bewegungsablauf mit definierter Start- und Zielposition. Zu diesem Zweck sind drehzahlgeregelte Antriebe mit überlagerter Wegregelung erforderlich. Zur automatischen Bestimmung der Lastposition können folgende Größen gemessen werden.

- Weg = Hubposition
- Soft-Touch
- Trimmwinkel (Trim)
- Krängungswinkel (List)
- Drehwinkel (Skew)
- Zusätzlich werden für das Hubwerk folgende Parameter für die Automatisierung und Überwachung erfasst:
- Lastmessung
- Katzposition (Pendelwinkel)
- Spreaderfunktionen
- Überlast
- Lastmoment

- Snag Load
- Ungewollte Bewegung (Getriebebruch, Versagen der Betriebsbremse)

Diese Aufgaben wurden in ausgeführten Anlagen wie folgt realisiert:

1.2 Beschreibung

1.2.1 Weg = Hubposition

Es werden Impulsgeber oder Absolutwertgeber eingesetzt. Im Gegensatz zum Absolutwertgeber verliert der Impulsgeber bei Spannungsausfall seine Weginformation und muss bei Wiedereinschaltung neu synchronisiert werden.

1.2.2 Soft-Touch

Eine Automatikfunktion zur Reduzierung der Absetzgeräusche im Containerumschlag, bei der die Endposition ohne lange Schleichfahrt mit möglichst geringer Geschwindigkeit angefahren wird.

1.2.3 Trimmung (Trim)

Zur Erfassung der Wegdifferenz zwischen den Hubwerken werden wiederum Impulsgeber oder Absolutwertgeber verwendet, die je nach Konstruktion, entweder an den rotierenden Teilen des Triebwerks oder an verstellbaren Seilfestpunkten angebracht sind. Alternativ kann ein Neigungsgeber (Inklinometer) verwendet werden, der die Neigung des Spreaders in zwei Achsen erfasst.

1.2.4 Krängung (List)

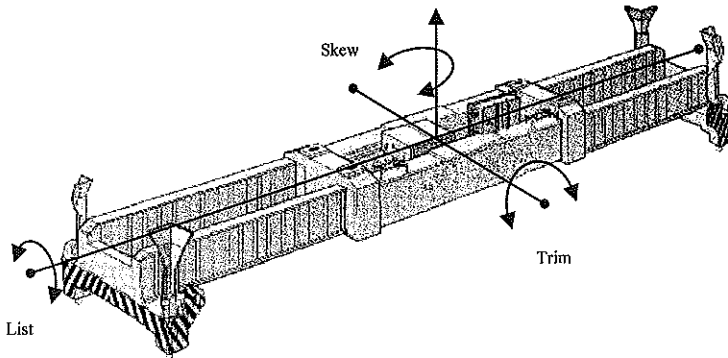
Zur Erfassung der Wegdifferenz zwischen den Hubseilen werden auch hier Impulsgeber oder Absolutwertgeber verwendet, die an den verstellbaren Seilfestpunkten angebracht sind. Bei Verwendung eines Neigungsgebers (s. o.) kann auch dessen Signal verarbeitet werden.

1.2.5 Drehwinkel des Spreaders (Skew)

Der Drehwinkel des Spreaders kann betriebsmäßig an den Seilfestpunkten verstellt werden, um die Spreaderstellung der aufzunehmenden Last anzupassen.

Durch unterschiedliche Seillängen und exzentrische Lasten können Drehschwingungen der Last erzeugt werden, die einen Automatikbetrieb behindern. Um diesen Drehwinkel zu messen, werden optische Systeme eingesetzt. Dies kann eine auf der Katze installierte Videokamera sein, die die Drehung über zwei auf dem Spreader angebrachte Licht-

quellen erfasst und ein winkelproportionales Signal liefert. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Drehung mit zwei Laserscannern zu messen. Beide Sensorsysteme werden auch für die Erfassung des Pendelwinkels bei Verfahren zum Pendelausgleich verwendet.



1.2.6 Lastmessung

Die Last wird entweder aus dem Motorstrom oder mit einem elektronischen Lastmesssystem ermittelt. Dieses Signal wird ausgewertet, um folgende Aufgaben zu realisieren:

- Lastabhängige Hubgeschwindigkeit (Feldschwächung)
- Lastabhängiger Katzfahrtweg (siehe 2.2.4)
- Schlaffseil (Last \rightarrow Null, Anheben mit reduzierter Geschwindigkeit, Verringerung des Hublastbeiwertes)
- Übergeordnete Funktionen (s. u.)

1.2.7 Pendelwinkel

Um die Last in der Zielposition absetzen zu können, muss die Pendelung nahezu ausgeglichen, d. h. der Pendelwinkel $\approx 0^\circ$ sein (siehe 2.2.3).

1.2.8 Spreaderfunktionen

Die Funktionen des Spreaders (Verriegelungsbolzen ver- bzw. entriegelt, Flipper oben - unten, Teleskopieren, Taststifte) sind in die Hubwerkssteuerung einzuarbeiten, so dass ein sicherer Betrieb gewährleistet ist.

1.2.9 Überlast

Es werden elektronische Lastmesssysteme eingesetzt, die entweder ein lastproportionales, elektrisches Signal liefern, das in der Kransteuerung ausgewertet wird, oder die die Auswertung im Gerät vornehmen und über potenzialfreie Kontakte mit der Kransteuerung verbunden sind.

1.2.10 Lastmoment

Um das Lastmoment zu erfassen, ist die Katzposition mit dem Lastsignal zu verknüpfen.

1.2.11 Snag Load

Unter "Snag Load" versteht man das Verkanten der Last in den Führungsschienen ("Cell Guides") im Laderaum eines Containerschiffes. Um die schlagartigen Kräfte auf den Kran zu begrenzen, wurden hydraulische Systeme entwickelt.

1.2.12 Ungewollte Bewegung

Bei automatisierten Kranen ist es insbesondere erforderlich, dass ungewollte Bewegungen erkannt werden und darauf reagiert wird. Solche Bewegungen können z. B. durch Versagen der Betriebsbremse oder Getriebebruch auftreten. Das Erkennen erfolgt aus dem Signal des Weggebers, der auch bei nicht aktiviertem Triebwerk ausgewertet wird.

2 Katzfahrwerk

2.1 Allgemein

Das Katzfahrwerk ist neben dem Hubwerk die zweite wichtige Hauptachse zur Bestimmung der Position der Last. Bei automatisierten Kranen werden folgende Größen erfasst:

- Weg
- Lastposition
- Pendelwinkel
- Katzgeschwindigkeit
- Schiefelauf der Katze

Zusätzlich werden noch folgende Parameter für die Automatisierung und Überwachung genutzt:

- Hubposition (Pendellänge)
- Motormoment (als Führungsgröße für einen Algorithmus zum Pendelausgleich ohne einen weiteren Sensor)

Bei ausgeführten Anlagen wurden diese Funktionen wie folgt realisiert:

2.2 Beschreibung

2.2.1 Wegerfassung

Für die Wegerfassung der Katze, werden hauptsächlich drei verschiedene Systeme eingesetzt:

- Impulsgeber
- Absolutwertgeber
- Distanzlaser

Bei den Impulsgebern und Absolutwertgebern gelten grundsätzlich die schon vorher genannten Eigenschaften und Einschränkungen.

Zu beachten ist jedoch, dass bei selbst angetriebenen Katzen (kein Seilzugsystem) die Messungenauigkeit (z. B. durch Schlupf) der Räder zu berücksichtigen ist. Zur Kompensation solcher Messfehler und zum Kalibrieren eines evtl. verwendeten Impulsgebers sind Synchronisierungseinrichtungen notwendig.

Die Synchronisierung kann durch einen betriebsmäßig häufig angefahrenen Endscharter oder bei Katzfahrwegen bis ca. 100 m auch durch Distanzlaser erfolgen. Hierbei wird ein Entfernungslaser auf dem Brückenträger angebracht und über die Laufzeit des von der Katze reflektierten Laserstrahls die Katzposition bestimmt.

2.2.2 Lastpositionierung

Die Wegerfassung der Katze ermittelt nur eine relative Position der Last zum Boden, da sich das gesamte Messsystem auf dem Kran befindet. Für einen automatisierten Kran ist es jedoch erforderlich, dass die Last auf einer absoluten Position am Boden positioniert wird. Abweichungen zwischen absoluter und relativer Position werden zunächst mit den Messsystemen nicht erfasst. Diese Abweichungen ergeben sich auch durch z. B. Toleranzen und Verformungen im Stahlbau.

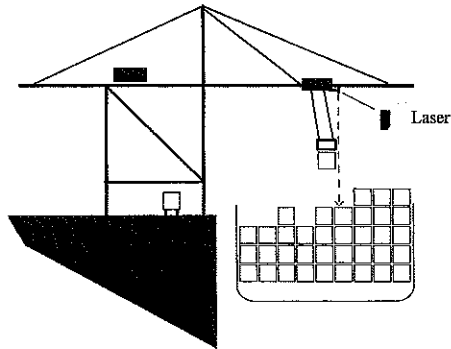
Bei Containerkränen bietet sich die Erfassung der Katzposition über die am Boden oder auf dem Schiff gestapelten Container an. Diese sogenannte „Stack Profile Detection“ ermöglicht die direkte Erfassung der Position der Katze relativ zum Container. Eingesetzt werden Laser-scanner oder Distanzlaser, die an der Katze angebracht das Bodenprofil abtasten, und somit eine Erkennung der Container ermöglichen (siehe Bild).

Vorteile dieses Systems:

- Höhere Positioniergenauigkeit möglich

Nachteile:

- Verarbeitungsgeschwindigkeit der Scanner/Auswertung ist zu berücksichtigen.



Beispiel: Erfassung der Containerposition relativ zum Kran

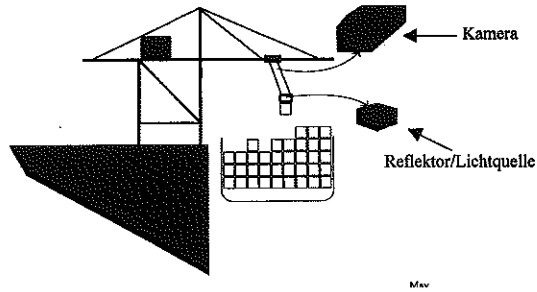
2.2.3 Pendelwinkelerkennung

Bei automatisierter Katzfahrt ist ein pendelfreies Erreichen der Zielposition erforderlich. Um die Pendelung auszugleichen muss der Pendelwinkel erfasst werden. Aus Pendelwinkel und Katzposition ergibt die Position der Last, die letztlich die bestimmende Größe ist. Zur Bestimmung der Position der Last werden folgende Systeme eingesetzt:

- Mechanische Pendeldämpfungssysteme zur schnellen Positionierung der Last senkrecht unterhalb der Katze
- Elektrisch gesteuerte Systeme, die aufgrund der Pendellänge, Geschwindigkeit und Motormoment die Position der Last berechnen
- Elektrisch geregelte Systeme, die mit Hilfe von Sensoren die Lastposition ermitteln.

Bei automatisierten Kranen werden vielfach geregelte Systeme eingesetzt. Bei diesen Regelsystemen wird eine gezielte Lastpositionierung (Zielfahrt) ermöglicht.

Überwiegend werden optische (Kamera-) Systeme mit und ohne Reflektor verwendet.

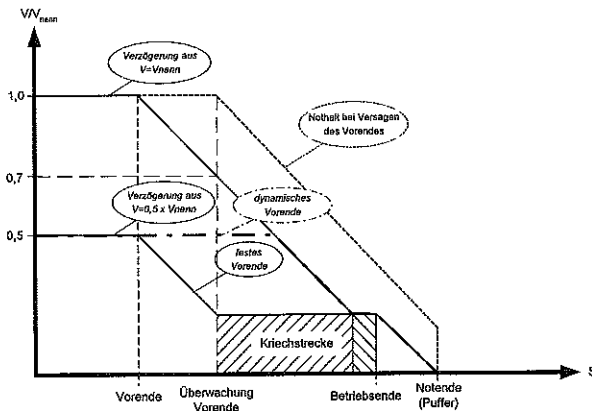


Beispiel: Anordnung Kamerasystem

2.2.4 Katzgeschwindigkeit

Zur Optimierung der Katzgeschwindigkeit, werden Vorendschalter eingesetzt, die in Abhängigkeit der Katzgeschwindigkeit und Katzposition, die Geschwindigkeit dynamisch zum Ende der Katzfahrtstrecke reduzieren.

Aus Sicherheitsgründen ist eine Überwachung der Vorendschaltergeschwindigkeit vorzusehen.



3 Kranfahrwerk

3.1 Allgemein

Bei automatisierten Kranen werden für das Kranfahrwerk die gleichen Größen wie für das Katzfahrwerk (Abs. 2) erfasst. Für die Wegerfassung werden die gleichen Systeme (Impulsgeber, Absolutwertgeber, Distanzlasers) wie für Katzfahrwerke eingesetzt. Das Kranfahrwerk stellt u. U. darüber hinaus noch spezielle Anforderungen an

- Schiefelaufüberwachung
- Spurführung
- Kollisionsschutz

Bei ausgeführten Anlagen wurden diese Funktionen wie folgt realisiert:

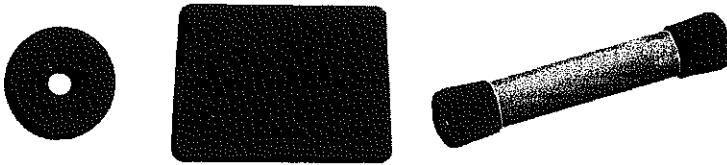
3.2 Transponder

Transponder sind elektronische Bauelemente, die entlang des Fahrwegs auf definierten Positionen angebracht werden. Beim Überfahren des Transponders wird über eine Antenne eine eindeutige Identifikation des Transponders ausgelesen und ein Impuls erzeugt, wenn die Mitte des Transponders überfahren wird.

Die Antenneneinrichtung versorgt einerseits den Transponder mit Energie und liest andererseits den Code und das Positionssignal. Das Positionssignal geht beim Überfahren des Mittelpunktes des Transponders durch Null. Dieser Nulldurchgang wird von einer Auswertelektronik erfasst und als Synchronisierungssignal an den Fahrwerksantrieb gegeben. Ferner können besondere Transponder auch ein zusätzliches Signal liefern, dass proportional zur Abweichung von einem Sollwert ist. Dieses Signal kann zur Lenkung (s. u.) gummiberechtigter Krane verwendet werden. Diese Transponder ermöglichen also sowohl Längs- als auch Querlenkung.

Die Transponder werden in einer großen Vielzahl von Formen und Schutzarten, die z. B. auch eine Überflutung zulassen, angeboten. Sie können sowohl neben der Kranschiene montiert als auch im Boden vergossen werden.

Beispiele verschiedener Bauformen:



Transponder können zur Erfassung der absoluten Position und zur Gleichlaufüberwachung eingesetzt werden, indem auf beiden Seiten des Fahrwerks Transponder angebracht werden.

Ferner werden sie zur Spurführung von gummbereiften Container-Stapelkranen eingesetzt, indem sie in regelmäßigen Abständen im Boden eingelassen werden und der Kran an dieser virtuellen Linie gelenkt wird. Hierzu werden Transponder üblicherweise in einem Abstand von 3m im Boden eingelassen.

Vorteile:

- Keine Beeinflussung durch Schnee, Regen, Staub oder Öl
- Bezogen auf die induktive Schleife, geringere Investitionskosten für den Aufbau der Transponderstrecke
- Leseabstand Antenne – Transponder unkritisch, da bis zu 50 cm realisierbar (beachten: mit zunehmendem Leseabstand verringert sich die Lesegenauigkeit)

Nachteile:

- Am Kran muss ausreichender Anbauplatz für Antennen vorhanden sein
- Armierungen in der Fahrbahn und Schienen können das Magnetfeld und damit die Funktion beeinträchtigen

3.3 Induktive Schleife

Ein weiteres Verfahren zur Spurführung (Lenkung) von gummbereiften Container-Stapelkranen ist die induktive Schleife. Bei diesem System wird ein Fahrdraht in den Boden entlang der Fahrstrecke verlegt und über am Kran angebrachte Antennen die Mitte des Fahrdrahtes erkannt. Durch Modulationsverfahren ist es auch möglich das induktive System zur Datenübertragung zu nutzen.

Vorteile:

- Möglichkeit der Datenübertragung über die induktive Schleife
- Die Antennen sind sehr kompakt und lassen sich gut am Kran integrieren

Nachteile:

- Die Induktionsschleife kann durch Bodensetzungen reißen

3.4 Optische Lenkung

Die optische Lenkung ist ein Verfahren, dass bei gummbereiften Stapelplatzkranen verwendet wird und sich durch einen geringen Aufwand bei der Installation im Terminal auszeichnet, da lediglich ein weißer Strich entlang der Fahrrouete gezogen werden muss. Diese Linie wird durch eine Kamera mit Bildverarbeitung erkannt und es wird daraus ein entsprechendes Regelsignal für die Spurführung erzeugt.

Vorteile:

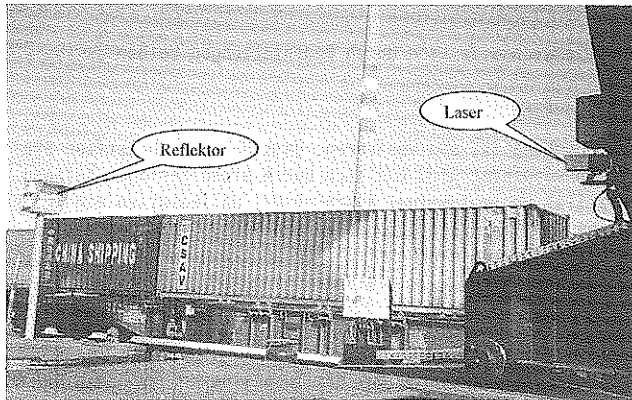
- Geringste Investitionskosten bei der Installation, da lediglich ein Farbstrich auf der Fahrbahn gezogen werden muss

Nachteile:

- Leicht beeinflussbar durch Umwelteinflüsse, z. B. Schnee, Staub, Abrieb, Regen, Wasserspiegelungen, Schattenkanten

3.5 Distanzlaser

Distanzlaser zeichnen sich durch eine große Reichweite, bis ca. 500 m und eine große Messgenauigkeit aus. Bei schienengebundenen Kranen kann mit einem System eine absolute Positionsbestimmung erfolgen und bei Portalkranen kann mit zwei Systemen eine Schieflaufüberwachung bzw. Regelung realisiert werden. Moderne Systeme werden mit Schnittstellen ausgeliefert, die eine direkte Einbindung in die Bussysteme von dezentralen Steuerungssystemen ermöglichen. Prinzipiell ist über solche Systeme auch eine Datenübertragung möglich.



Vorteile:

- Höhere Genauigkeit (≈ 5 mm) als bei Impulsgebern und Absolutwertgebern möglich
- Kein Schlupf, keine Synchronisierung notwendig.

Nachteile:

- Derzeit noch höhere Kosten
- Regen und Schmutz können die Verfügbarkeit beeinträchtigen.

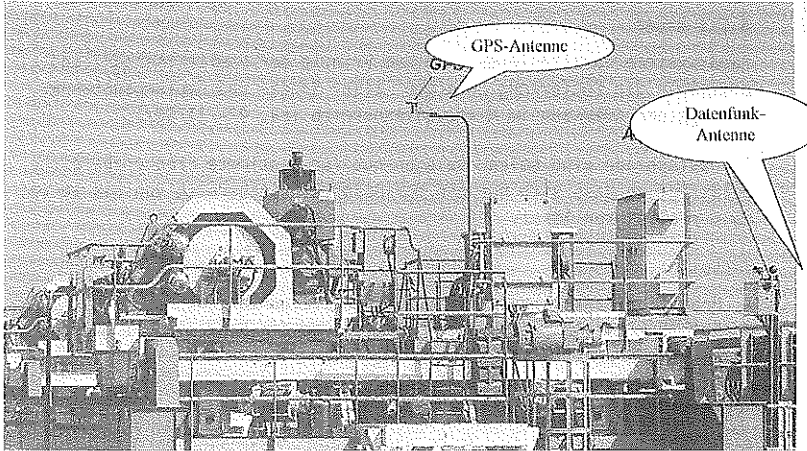
3.6 GPS-Systeme

GPS-Systeme nutzen das Global Positioning System, ein Satellitennavigationssystem zur absoluten Positionsbestimmung. Mit diesem System lassen sich Positionsbestimmungen mit einer Genauigkeit von ca. 3 m erzielen. Um die geforderten Genauigkeiten von ca. 3 cm zu erreichen, wird das Differential Global Positioning System angewendet. Hierzu wird zusätzlich ein geografisch genau vermessener Referenzsender in der Nähe der Anlage installiert, der es ermöglicht, die Abweichungen zu korrigieren.

Die Satelliten wurden ursprünglich von den USA für militärische Zwecke installiert. Gegenwärtig beginnen mehrerer europäischer Staaten ein ziviles System namens "Galileo" zu installieren, das höhere Genauigkeiten auch ohne Referenzsender erlauben wird.

Die GPS-Systeme werden heute zur Positionsbestimmung von Kranen und anderen mobilen Geräten verwendet.

Ferner ist es möglich, mit dieser Technik eine automatisierte Lenkung von gummibereiften Kranen zu realisieren.



Vorteile:

- Geringe Infrastrukturmaßnahmen
- Sehr genaues System mit Absolutpositionen

Nachteile:

- Abschattung durch Bauten und Kranstrukturen (es müssen ständig 5 Satelliten im Sichtbereich der Antenne sein) möglich
- Hochlaufzeiten von ca. 5 Minuten nach Spannungswiederkehr

4 Auslegereinziehwerk und Drehwerk

Da diese Triebwerke in den automatisierten Bewegungsablauf nicht oder nur geringfügig eingebunden sind, wird auf eine Beschreibung der Automatikfunktionen verzichtet.

5 Übergeordnete Funktionen

5.1 Kollisionsschutz

Ein Kollisionsschutz kann vorgesehen werden für z. B. folgende Funktionen:

- Kran gegen Kran

- Container gegen Querriegel
- Ausleger gegen Schiff

Im Folgenden werden die eingesetzten Technologien beschrieben.

5.1.1 Radar

Radarsysteme funktionieren nach dem Prinzip der Laufzeitmessung und ermitteln die Entfernung zwischen einer Sende- und Empfangsantenne. Die Systeme arbeiten im Mikrowellenbereich (ca. 9 - 11 GHz).

In Deutschland sind solche Anlagen nur für bestimmte Frequenzbereiche zulässig, so dass sich nur ein maximaler Arbeitsbereich von bis zu ca. 25 m realisieren lässt.

Vorteile:

- Unempfindlichkeit gegen Wind, Schnee, Verschmutzung
- Aufbau eigensicherer Systeme möglich, da die Sendeeinheit üblicherweise überwacht wird.

Nachteile:

- Genehmigungspflichtige Sendeanlage
- Relativ hohe Kosten

5.1.2 Laser

Die Entfernung zwischen den Kranen wird über je einen Distanzleser (siehe 3.5) erfasst und bei Unterschreiten von Grenzwerten kann eine Schleichgeschwindigkeit eingeleitet werden oder eine Abschaltung erfolgen. Wenn der Laserstrahl moduliert wird, kann über den Doppler-Effekt auch die relative Geschwindigkeit zwischen den Kranen ermittelt werden, so dass eine dynamische Abschaltung erfolgen kann (siehe 2.2.4).

Vorteile:

- Große Reichweite
- Einfache Installation
- Hohe Genauigkeit
- Möglichkeit der Datenübertragung über den Laserstrahl
- Durch spezielle Verfahren ist eine hohe Sicherheit (Erkennen von Störungen) erreichbar

Nachteile:

- Relativ hohe Kosten
- Alle mit optischen Systemen verbundenen Nachteile (Einfluss durch Schnee, Regen etc.)

- Parallel stehender, vibrationsarmer Reflektor erforderlich (Triplespiegel)

5.1.3 Ultraschall

Ultraschall findet kaum Verwendung, da der Schall von Wind beeinflusst wird und nur geringe Reichweiten realisierbar sind.

5.1.4 Lichtschranken

Lichtschranken stellen die kostengünstigste Lösung dar. Sie bestehen aus je einer Sende-/Empfangseinheit und einem Reflektor am gegenüberliegenden Kran oder Fahrbahnende.

Vorteile:

- Kostengünstig
- Einfache Montage

Nachteile:

- Eingeschränkte Reichweite
- Keine dynamische Abschaltung möglich
- Alle mit optischen Systemen verbundenen Nachteile (Einfluss durch Schnee, Regen etc.)

5.1.5 Software-Verriegelung

Wenn die absoluten Positionen der Kranachsen (Fahrwerk, Katze, Last) in der Kransteuerung verarbeitet werden, werden diese in der Software ausgewertet, um Kollisionen zu vermeiden. Bei Kollisionsschutz Kran gegen Kran sind die Daten auf den Nachbarkran zu übertragen. Die Übertragungsrate ist bei der Auslegung mit zu berücksichtigen.

5.2 Schutzfeldüberwachung/Laserscanner

Schutzfelder gewinnen beim automatisierten Containerumschlag zunehmend an Bedeutung, da es Räume gibt, die gegen unbefugtes Betreten oder zum Kollisionsschutz überwacht werden müssen. Hierfür werden Laserscanner eingesetzt, die einen Laserstrahl über einen rotierenden Spiegel ausstrahlen und über Reflektion ein zweidimensionales Abbild der Umgebung erfassen und auswerten.

Vorteile:

- Für viele Anwendungen die einzige Lösungsmöglichkeit

Nachteile:

- Alle mit optischen Systemen verbundenen Nachteile (Einfluss durch Schnee, Regen etc.)

5.3 Maschinen- und Betriebsdatenerfassung

5.3.1 Maschinendatenerfassung

Bei fortschreitender Automatisierung besteht ein zunehmender Bedarf, die Maschinendaten automatisch zu erfassen, da das Betriebspersonal von möglichst vielen Aufgaben entlastet werden soll bzw. diese nicht mehr wahrnehmen kann. Die Erfassung dieser Daten ist zur frühzeitigen Erkennung von Störungen notwendig.

5.3.1.1 Vibrationsmessung

Zur Überwachung des Maschinenzustandes kann eine Vibrationsmessung eingesetzt werden. Das klassische Messverfahren ist die SPM-Methode bei dem Schäden im Lager der Maschine frühzeitig festgestellt werden können. Zur Messung stehen portable Handgeräte oder elektronische Schnittstellen zur Computerauswertung zu Verfügung. Bei anderen Verfahren werden am Maschinengehäuse Beschleunigungsaufnehmer angebracht, die ebenfalls an einen Computer angeschlossen werden und über eine spezielle Auswertungssoftware detaillierte Auskunft über den Lagerzustand liefern können. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass der Kran im Betrieb Beschleunigungen aus allen Triebwerken ausgesetzt ist und Messungen daher nur begrenzt ausgewertet werden können. In jedem Fall sollte eine Kosten-/Nutzenanalyse erstellt werden.

5.3.1.2 Temperaturmessung

Es können Temperaturen von

- Motor- und Getriebe lagern
- Motorwicklungen
- Transformatorwicklungen
- Getriebeöl
- Umgebungstemperaturen

erfasst werden. Es werden vorwiegend Pt 100-Sensoren verwendet, die ein temperaturproportionales Signal liefern, das über die Kransteuerung erfasst und sinnvollerweise über das Kranmanagementsystem (siehe 6.) ausgewertet und dargestellt werden kann. Die Temperaturverläufe können als Grafiken sowohl online als auch historisch dargestellt werden.

Zum Schutz von Motor- und Transformatorwicklungen werden auch Thermistoren eingesetzt (Motorvollschutz), die bei einer definierten Wicklungstemperatur eine Warnung oder Abschaltung auslösen.

5.3.2 Betriebsdatenerfassung

5.3.2.1 Betriebsstunden

Üblicherweise werden diese Daten in Echtzeit über das Kranmanagementsystem (siehe 6.) erfasst und in verschiedene Kategorien wie z. B.

- Betriebsstunden
- Wartezeiten
- Reparaturzeiten
- Stillstandszeiten

unterteilt.

5.3.2.2 Lastmessung

Das Lastsignal (siehe 1.2.9) kann für weitere Auswertungen wie z. B.

- Lastkollektiv
- Containergewicht

genutzt werden.

5.3.2.3 Energiebedarf

Zur Optimierung des Energieverbrauches werden Kompensationsanlagen eingesetzt, die den Leistungsfaktor verbessern und damit die Energiebilanz des Betriebes positiv beeinflussen. Zur Erfassung werden integrierte elektronische Messgeräte eingesetzt, die die Kompensation steuern und

über eine Datenschnittstelle in das Kranmanagementsystem (siehe 6.) und ggf. weiter in das übergeordnete Leitsystem eingebunden werden.

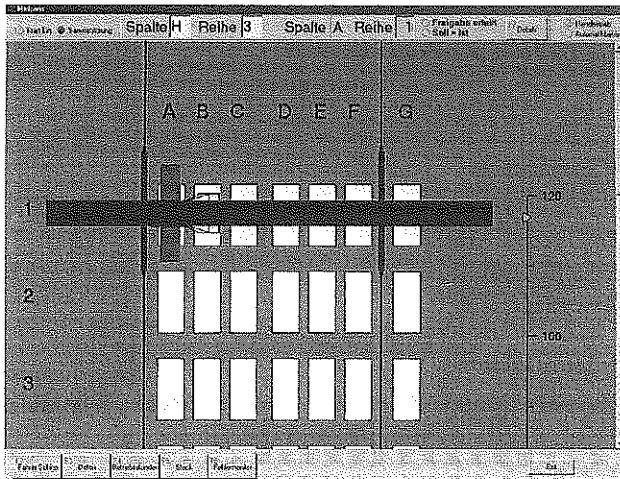
6 Kranmanagementsysteme

Kranmanagementsysteme basieren heute weitgehend auf standardmäßigen Bedien- und Beobachtungssystemen und bieten deren vielfältige grafische Möglichkeiten:

- Grafische Darstellungen der Anlage mit aktuellen Betriebsdaten
- Übersichten über aktuelle und historische Fehler und Störungen
- Fehlerdiagnose
- Unterstützung von Wartung und Instandhaltung
- Statistische Auswertungen von Produktivität und Lastspielen
- Integrierte Programmiersoftware für Antriebe und Steuerung
- Integration von Logistikdaten (z. B. Fahraufträge, Positionserkennung)
- Kommunikation zur übergeordneten Terminalsteuerung (Maschinen-, Betriebs- und Logistikdaten)

Die Kranmanagementsysteme stellen die visuelle Schnittstelle zum Prozess dar. Gerade bei automatisierten Containerkranen ist ein System zur Überwachung und zur Steuerung des automatischen Betriebes notwendig. Die Systeme werden zunehmend in die gesamte Terminalsteuerung eingebunden, wodurch automatisierte Abläufe ermöglicht werden.

Beispiel: einfache Eingabemaske für einen Container-Stapelplatzkran:



Durch Eingabe der Daten für Spalte und Reihe kann ein Fahrauftrag für den Kran generiert werden und der Kran fährt automatisch zu der vorgegebenen Position.

7 Kommunikation

7.1 Lichtwellenleiter

Lichtwellenleiter (LWL) werden zur Datenübertragung genutzt und zeichnen sich durch eine sehr hohe Übertragungsrate und geringe Störempfindlichkeit aus. Für alle gängigen Datenübertragungsnetze (CAN, Profibus etc.) gibt es LWL-Umsetzer.

Im Kranbereich werden vorzugsweise Multimode Gradientenfasern eingesetzt, die sich durch hohe einkoppelbare Lichtleistung und unkritisches Verhalten an den notwendigen Übergängen (Stecker) auszeichnen.

Vorteile:

- Hohe Datenraten möglich

- Sehr gute EMV (elektromagnetische Verträglichkeit), d. h. sehr unempfindlich gegenüber Störeinstrahlungen
- Bei flexibler Verlegung hohe Standzeiten gegenüber abgeschirmten Kupferleitungen

Nachteile:

- Höhere Kosten als bei Kupferkabeln (Kabelkosten, Stecker und Umsetzer)
- Aufwendigere Installation, da Anschluss komplizierter als bei Kupferkabeln

7.2 Datenfunk

Datenfunknetze werden für fast alle Bereiche speziell zugeschnitten angeboten. Von der Punkt-zu-Punkt Kommunikation, bei der je ein Empfangs- und Sendemodem genutzt wird, geht die Entwicklung zunehmend auf Netzwerke über. Hier wird die s. g. „Wireless LAN“ (drahtloses lokales Netzwerk) Technologie eingesetzt, da hierbei die Dateninfrastruktur des fest installierten Netzes direkt mit den drahtlosen Komponenten gekoppelt werden kann. Hier ist insbesondere das Ethernet zu nennen, das sich zum Quasi-Standard entwickelt hat.

Vorteile:

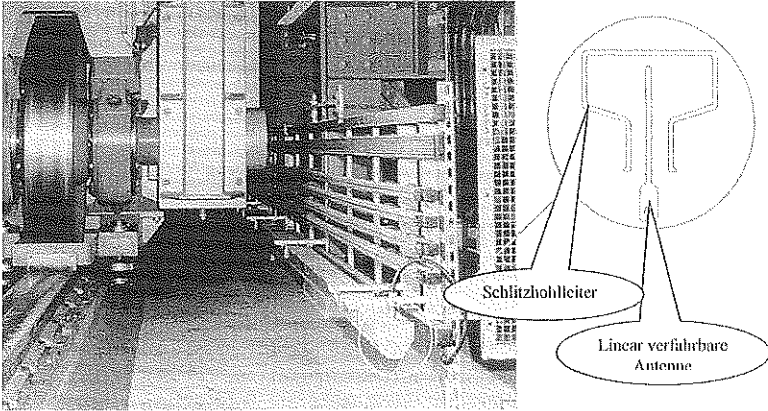
- Im Allgemeinen geringe Kosten für die Netzinfrastruktur,
- Leicht, auch nachträglich zu installieren
- Sehr flexibel einsetzbar

Nachteile:

- Genehmigungspflichtig, begrenzte Frequenzkapazitäten
- Insbesondere im Hafenbetrieb, Störmöglichkeiten durch Schiffsfunkanlagen
- Gegenüber Festinstallationen geringere Datenraten möglich

7.3 Schlitzhohlleiter

Bei der Schlitzhohlleiter-Technologie macht man sich eine Eigenschaft der Hochfrequenz nutzbar, bei der die Informationsübertragung nicht durch ein Kabel, sondern an der Oberfläche eines abgestimmten Gehäuses verläuft. Die Technik der Schlitzhohlleiter besteht aus einer Übertragungsschiene, in der an einer Seite eine linear verfahrbare Antenne angebracht ist. Durch diese Anordnung ist diese Technik ideal für Portalkrane, da die Katze bzw. das Fahrwerk auch eine lineare Bewegungen vollziehen.



Vorteile:

- Hohe Verfahrensgeschwindigkeiten und Beschleunigungen möglich
- Ideal bei Schleifleitungseinspeisung

Nachteile:

- Aufwendiger als Kupferkabel
- Mehrkanalbetrieb mit hoher Datenrate nur durch parallele Systeme möglich
- Zulassungspflichtig, da HF-Sender

8 Ausblick

8.1 Integration und Vernetzung von Systemen

Der Einsatz moderner Informationstechnologien wird eine Vielzahl von zusätzlichen Diensten ermöglichen, wie z. B. die Erfassung einer Störung, die gleichzeitig Meldungen und Aktivitäten in folgenden vernetzten Systemen auslösen kann:

- Steuerung und Einsatz des Service-Personals
- Aktualisierung einer Erfahrungs-Datenbank (lernende Systeme)
- Verwaltung der Ersatzteile
- Initiierung von Ausweich-Strategien in der Terminal-Logistik
- Statistische Auswertungen über Verfügbarkeit (MTBF – MeanTime Between Failure, MTTR – MeanTime To Repair)

Eine Anbindung an das Internet kann eine Ferndiagnose ermöglichen und eine Betriebsdatenerfassung über größere Entfernungen (weltweit) in jedem Detail realisieren.

Bei der Planung von Datennetzen und bei der Anschaffung von EDV Komponenten und Systemen wird man zunehmend auf die Durchgängigkeit der einzelnen Teilsysteme achten müssen, um eine möglichst offene Architektur zu gewährleisten.

Ziel wird es sein, die Infrastruktur auch für noch nicht absehbare Lösungen und Möglichkeiten einer späteren Integration vorzubereiten.

Solche offenen Architekturen verwenden standardisierte Komponenten und Datenprotokolle wie z. B. Profibus oder Ethernet TCP/IP und setzen auf herstellerunabhängigen, internationalen Standards auf.

8.2 Automatisierung

Die Automatisierung von Containerkränen wird heute noch in weiten Bereichen durch unzureichende Sensorik und/oder Verarbeitungsgeschwindigkeiten der Mikroprozessoren begrenzt. Nach wie vor ist der kritische Bereich das automatisierte Arbeiten des Kaikranes über dem Schiff.

Alle weiteren Schritte wie

- Aufnehmen, Absetzen des Containers auf der Kaje
- Einstapeln, Ausstapeln und Umstapeln der Container auf dem Lagerplatz
- Automatisierter Transport zwischen Kaikranen und Stapelkränen

wurden bereits automatisiert, wobei noch weitere Optimierungen möglich sind.

Bildverarbeitende Systeme, die Gefährdungen von Personen auf dem Schiff vermeiden könnten, liefern bisher noch keine befriedigenden Ergebnisse, da die Ladung und die Schiffskonstruktion ein wenig kooperatives Umfeld mit geringen Helligkeitskontrasten darstellen.

Die derzeit verfügbaren Bildverarbeitungssysteme sind außerdem wegen der hohen erforderlichen Rechenleistung und ungenügenden Auflösung nicht für den Einsatz auf Containerkränen geeignet.

Wenn der Einsatz von Personal auf den Schiffen im Arbeitsbereich des Kranes vermieden werden kann, ist es durchaus vorstellbar, dass in absehbarer Zeit mehrere Kaikrane von einer zentralen Warte aus gesteuert werden, wobei das Bedienungspersonal den Lastweg nicht mehr einsehen kann, und der Kran automatisch einen zeitoptimalen Weg über dem Profil der Last bzw. des Schiffes fährt.

Das Einfahren des Spreaders in die Cell-Guides zum Erreichen der Zellen unter Deck wird nach wie vor ein Problem darstellen, das mit dem

herkömmlichen System flexibler Tragseile nur schwer zu lösen sein wird. Hier könnten weitere Fortschritte in der Bildverarbeitung Lösungen aufzeigen.

Es ist vorstellbar, dass dem Bedienungspersonal ein virtuelles Abbild des Schiff- bzw. Ladungsprofils auf einem Bildschirm dargestellt wird, das in Echtzeit alle Kranbewegungen anzeigt und diese mit den logistischen Daten verknüpft. Das gleiche wäre für den Lagerplatz realisierbar, so dass ständig ein aktuelles dreidimensionales, virtuelles Bild des Lagerplatzes zur Verfügung steht. Die Kranbewegungen können dann entweder automatisch oder am Bildschirm durch das Bedienungspersonal ausgelöst werden. Solche virtuellen Bedienungssysteme befinden sich jedoch gegenwärtig noch alle im Versuchsstadium.

Oktober 2002