

MEDIZINTECHNIK

VDI

PRAXIS

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) – Einsatz in der Krankenhauslogistik



Beuth

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) – Einsatz in der Krankenhauslogistik

(Leerseite)



VDI PRAXIS

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) – Einsatz in der Krankenhauslogistik

1. Auflage 2016

Herausgeber:
VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Herausgeber: VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.

© 2016 Beuth Verlag GmbH

Berlin · Wien · Zürich

Am DIN-Platz

Burggrafenstraße 6

10787 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0

Telefax: +49 30 2601-1260

Internet: www.beuth.de

E-Mail: kundenservice@beuth.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

© für VDI-Richtlinien VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Titelbild: © Sashkin, Benutzung unter Lizenz von shutterstock.com

Satz: B & B Fachübersetzergesellschaft mbH, Berlin

Druck: Medienhaus Plump GmbH, Rheinbreitbach

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISBN 978-3-410-26391-3

ISBN (E-Book) 978-3-410-26392-0

Autoren

Nachfolgende Autoren haben bei der Ausarbeitung und Erstellung dieser Publikation mitgewirkt. Die Auflistung erfolgt in alphabetischer Reihenfolge.

Frank Bauder

Leuze electronic GmbH,
73277 Owen/Teck

Thomas Bömer

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),
53757 Sankt Augustin

Bernd Dalhoff

2-IT GmbH,
82140 Olching

Andreas Drost

MT Robot AG,
CH-4222 Zwingen

Wolfgang Holl

DS Automotion,
A-4030 Linz

Wolf-Peter Hoppe

MLR System GmbH,
71640 Ludwigsburg

Christian Kurtz

EK-Automation,
21224 Rosengarten-Nenndorf

Jan Oberländer

MT Robot AG,
CH-4222 Zwingen

Karl Rapp

Frog AGV Systems GmbH,
73054 Eisligen

Rolf-Jürgen Trabold

Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik
Körperschaft des öffentlichen Rechts,
68145 Mannheim

Andreas Trenkle

KIT/IFL Karlsruher Institut für Technologie,
76131 Karlsruhe

Gerd Schneider

Swisslog Munich GmbH,
82178 Puchheim

Rolf Schumacher

Sick AG,
79183 Waldkirch

Klaus Uhl

FZI Forschungszentrum Informatik,
76131 Karlsruhe

Dr. Günter Ullrich

Unternehmensberatung,
46562 Voerde

Weitere Informationen zum VDI-Fachausschuss Fahrerlose Transportsysteme sowie der VDI-FTS-Leitfaden sind unter www.vdi.de/FTS zu finden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Warentransport im Krankenhaus	3
2.1	Transportarten	3
2.1.1	Essentransporte	4
2.1.2	Wäschetransporte	5
2.1.3	OP-Transporte	5
2.1.4	Abfalltransporte	5
2.1.5	Apothekentransporte	5
2.1.6	Lager-/Magazintransporte	6
2.1.7	Transporte von/nach extern	6
2.1.8	Sonstige Transporte	6
2.2	Hygiene	6
3	Vom manuellen Transport zum fahrerlosen Transportsystem	8
3.1	Krankenhauslogistik vor dem FTS	9
3.2	Die Zeit der ersten Automatisierung	9
3.3	Die Anfänge des FTS als automatische Warentransportanlage (AWT)	13
3.4	Was spricht für einen FTS-Einsatz in Krankenhäusern?	22
4	Aktueller Stand der Technik in der Krankenhauslogistik	24
4.1	Fahrerlose Transportsysteme	24
4.2	Fahrerlose Transportfahrzeuge	26
4.3	Transportgut/Container	26
4.4	FTS-Leitsteuerung	28
4.4.1	Layout	31
4.4.2	Visualisierung	32
4.4.3	IT-Schnittstellen	32
4.4.4	Sonstiges	34
4.5	Fahrzeugtechnik	34
4.5.1	Fahrzeugtypen	34
4.5.2	Beschreibung der Fahrzeughauptkomponenten	37
4.6	Infrastruktur und periphere Einrichtungen	42
4.6.1	Infrastruktur zur Navigation	42
4.6.2	Containerübergabestationen	42

4.6.3	Batterieladestationen	43
4.6.4	Stationäre Sicherheitseinrichtungen	44
4.6.5	Gebäudeeinrichtungen	45
4.6.6	Allgemeine Anforderungen	47
4.7	Sicherheit im nicht öffentlichen Bereich	48
4.7.1	Fahrzeugsicherheit FTF	48
4.7.2	Anlagensicherheit FTS	51
5	Die Zukunft des FTS im Krankenhaus?	52
5.1	Räumliche Weiterentwicklung	52
5.2	Organisatorische Weiterentwicklung	53
5.3	Technische Weiterentwicklung	53
5.3.1	Nutzung von Verkehrswegen gemeinsam mit Personen	53
5.3.2	Verbesserung der FTF-Sicherheit	54
5.3.3	Intelligentere Navigation	54
5.3.4	Schnellere Inbetriebnahme	54
5.3.5	Einfachere und intuitivere Bedienung	55
5.3.6	Dezentraler Betrieb	55
5.4	Öffentlicher Krankenhausbereich	56
5.4.1	Verantwortlichkeit	57
5.4.2	Gefährdungen	57
5.4.3	Lösungsansätze	58
5.4.4	Technische Schutzmaßnahmen	60
6	Zusammenfassung	61
Anhang	Übersicht relevanter Gesetze, Normen und Richtlinien	63
Literatur	66

1 Einleitung

Der automatische Warentransport (AWT) in der Krankenhauslogistik umfasst eine Vielzahl verschiedener Technologien. Nachfolgende Übersicht zeigt die wesentlichen Fördertechniken im Krankenhaus:

- Power&Free-Anlagen
- Einschienen-Hängebahnen (EHB)
- fahrerlose Transportsysteme (FTS)
- Container
- Containerfördertechnik
- Containerlager
- Containerwaschanlage
- Lastenaufzüge
- Rohrpostanlagen
- und andere mehr

Diese Publikation beschreibt den Werdegang von fahrerlosen Transportsystemen (FTS) in der Krankenhauslogistik vom Beginn dieser Technologie in den frühen 1980er-Jahren über den aktuellen Stand der Technik sowie die Trends von heute und morgen. Zudem werden zukünftige Einsatzmöglichkeiten moderner FTS in der Krankenhauslogistik aufgezeigt.

In dieser Publikation finden alle Interessierten und Beteiligten neutrale Informationen über den aktuellen Stand der Krankenhauslogistik. Dieses soll zum einen informieren, zum anderen eine einheitliche Betrachtung ermöglichen und Missverständnisse vermeiden. Darüber hinaus wird ein Ausblick auf mögliche Technologien, Anwendungen und Einsatzbereiche in der Zukunft gegeben.

Folgende Zielgruppen werden angesprochen:

- Planungsbüros
- Logistikverantwortliche
- Krankenhausbetreiber
- Facility-Manager
- Anlagenbetreiber
- FTS-/AWT-Hersteller
- Anlagenbauer (Fördertechnik, Waschmaschinen, Aufzüge usw.)
- Komponentenlieferanten (Container usw.)

Rechtlicher Hinweis

Aus den folgenden Ausführungen lassen sich keinerlei Ansprüche – gleich aus welchem Rechtsgrund – ableiten, da vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Vorschriften und Normen jedes FTS in der Krankenhauslogistik eine spezifische Lösung erfordert!

2 Warentransport im Krankenhaus

Die Kernkompetenz eines Krankenhauses ist die Verbesserung des Gesundheitszustands des Patienten.

Die Krankenhauslogistik muss in diesem Kontext die Verfügbarkeit sämtlicher dafür benötigter Ressourcen sicherstellen, um die optimale Versorgung der Patienten zu gewährleisten. Gleichzeitig sollte sie durch eine effiziente Prozessgestaltung die Wirtschaftlichkeit im Krankenhaus nachhaltig steigern.

Im weiteren Verlauf werden nur die automatisierbaren Warentransporte (u. a. Speisen, Wäsche, Medikamente) berücksichtigt. Der Transport von Personen/Patienten/Organen und Betten wird hier ausdrücklich nicht weiter betrachtet.

In Bezug auf den innerbetrieblichen Materialfluss sind in der Prozesskette als Beteiligte im Wesentlichen die Bereiche Medizin (z. B. OP, Apotheke, Zentralsterilisation), Pflege (z. B. Bettenstation), Speiserversorgung (hier: zentrale Küche), Magazin/Lager und Technikdienste (z. B. Entsorgung, Containerlager, Containerwaschanlage) zu nennen.

Die Ver- und Entsorgung der einzelnen Bereiche erfolgt heute dabei meist über Container in verschiedenen Varianten, z. B. für Speisen, Wäsche, Sterilgut, Lagerware und Abfälle. Wichtig ist insbesondere bei der Speiserversorgung eine termingerechte Lieferung der Container an den Empfänger. Hier müssen die Prozesse an den festgelegten und strikt einzuhaltenden Zeitplänen ausgerichtet sein und haben damit oberste Priorität.

Üblicherweise findet man Transportwege von einigen hundert Metern bis zu mehreren Kilometern vor. Hierüber werden in der Größenordnung von einigen hundert bis zu wenigen tausend Transporten pro Tag abgewickelt.

2.1 Transportarten

Im Folgenden werden die logistischen Prozesse dargestellt, die heutzutage nach aktuellem Stand in einem Krankenhaus ausgeführt werden. Die Auflistung hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Den Containern gleichgesetzt werden auch andere Arten von Ladungsträgern wie Rollwagen, Gitterboxen usw., die in der Krankenhauslogistik eingesetzt werden.

Die Container – die eigentlichen Transportmittel für die Waren – unterliegen einem prozessspezifischen Transportkreislauf (z. B. Essenstransporte, Stationsvorräte, Apothekengüter, Wäsche und Abfall). In der Regel erfolgt die Versorgung der Stationen aus verschiedenen Zentralbereichen. Die Entsorgung aus den Stationen zurück zu den jeweiligen Zentralbereichen komplettiert den

Kreislauf. Die Zentralbereiche sind jeweils die Heimatbahnhöfe der entsprechenden Rollcontainer.

Die genaue Ausprägung der einzelnen Transporte hängt von der Organisation des jeweiligen Krankenhauses ab.

2.1.1 Essentransporte

Unter Essentransporten versteht man die Anlieferung der Mahlzeiten (Speisen und Getränke) in den Containern zu den Stationen sowie die Abholung des benutzten Geschirrs und eventueller Essensreste.

Die besonderen Anforderungen an den Essentransport ergeben sich aus den strengen lebensmittelrechtlichen Vorschriften. Ein längeres Warmhalten von Speisen ist aufgrund des Qualitätsverlustes in Bezug auf Aroma, Konsistenz und Nährwert, aber auch wegen der Gefahr von Keimvermehrungen nicht zulässig. Hier greifen organisatorische Maßnahmen, z. B. die Auslieferung der Mahlzeiten nach strikten Terminplänen.

Bei der Vorbereitung der warmen Mahlzeiten sind in erster Linie zwei Verfahren zu nennen:

- Bei Cook-and-Serve werden die Speisen in der meist zentralen Küche produziert und in speziellen Behältern in Wärmewagen (Wärmecontainern) heiß gelagert. Die Auslieferung auf die Stationen muss unverzüglich erfolgen.
- Die Cook-and-Chill-Methode beschreibt aus dem Englischen wörtlich übersetzt „Kochen und Kühlen“. Die Speisen werden nach wie vor konventionell zubereitet, jedoch nur vorgegart. Anschließend werden die Speisen in einen Schockkühler eingefahren und heruntergekühlt. In diesem Zustand können die Speisen mehrere Tage kühl gelagert werden. Nach der patientengerechten Portionierung auf Tablett werden die Mahlzeiten in vorgekühlte Container eingesetzt. Anschließend erfolgt der Transport auf die Stationen. Hier findet dann etwa 30 Minuten vor dem auf der Station gewünschten Verteilzeitpunkt die schonende Regenerierung der Speisen statt.

Verunreinigtes bzw. benutztes Geschirr wird im Anschluss in den Containern wieder zur Küche zurückbefördert. Die Container werden nach Entleerung und Reinigung wieder dem Versorgungskreislauf zur Verfügung gestellt.

2.1.2 Wäschetransporte

Unter Wäschetransporten versteht man die Anlieferung von Reinwäsche sowie die Abholung von Schmutzwäsche in Containern. Rein- und Schmutzwäsche dürfen dabei nicht miteinander in Berührung kommen. Saubere Wäsche muss während des Transports frei von Krankheitserregern und Keimen bzw. für bestimmte Zwecke steril gehalten werden.

Wäschetransportbehälter und Wäschewagen sind bei Bedarf zu desinfizieren.

Die Container werden nach Entleerung und eventueller Reinigung/Desinfektion wieder dem Versorgungskreislauf zur Verfügung gestellt.

2.1.3 OP-Transporte

Unter OP-Transporten versteht man z. B. die Anlieferung von sterilem OP-Besteck und OP-Materialien in Containern sowie die Abholung von nicht sterilen Materialien zurück zur Reinigung und Sterilisation. Bei OP-Transporten spielt die Hygiene der Container und gegebenenfalls auch der Transportmittel eine wichtige Rolle.

Die Anlieferung von OP-Containern hat meist in einer definierten Reihenfolge zu festgelegten Zeiten gemäß den OP-Plänen zu erfolgen. Der Rücktransport erfolgt meist ebenfalls nach den OP-Plänen.

Die Container werden nach Entleerung und Reinigung/Desinfektion wieder dem Versorgungskreislauf zur Verfügung gestellt.

2.1.4 Abfalltransporte

Unter Abfalltransporten versteht man den Transport von Abfällen aller Art in Containern zur Abfallentsorgung.

Für den Abfalltransport werden Container verwendet, die üblicherweise nicht für andere Transporte eingesetzt und teils getrennt von allen anderen Containern transportiert und gelagert werden.

Die Container werden nach Entleerung und Reinigung/Desinfektion wieder dem Versorgungskreislauf zur Verfügung gestellt.

2.1.5 Apothekentransporte

Unter Apothekentransporten versteht man die Anlieferung von Ware (z. B. Medikamente/Verbandsmaterialien) aus der Apotheke auf die Stationen oder in die OP-Bereiche.

Wichtigster Aspekt bei den Apothekentransporten ist die Sicherung der Ware/Container gegen unberechtigten Zugriff durch nicht befugte Personen. Die Krankenhausapotheke ist ein Bereich, zu dem ausschließlich befugtes Personal Zutritt hat. Der Container muss während der Bereitstellung und des Transports sicher verschlossen sein, um unbefugten Zugriff zu vermeiden.

Die Transporte sind meist zeitnah auszuführen (Sicherheit/Lagerung/Priorität). Die Container werden nach dem Rücktransport wieder dem Versorgungskreislauf zur Verfügung gestellt.

2.1.6 Lager-/Magazintransporte

Unter Lager-/Magazintransporten versteht man den Transport von allgemeiner Ware in Containern, z. B. Verbrauchsmaterialien. Hierzu gehören unter anderem Transporte vom Wareneingang in die Lager/Magazine (Wareneingang) sowie die Auslieferung von kommissionierter Ware an die verschiedenen Verbrauchsstellen (Warenausgang).

In großen Krankenhäusern kann die Kommissionierung durchaus auch automatisch bzw. per FTS erfolgen.

2.1.7 Transporte von/nach extern

Hierzu gehören unter anderem Transporte von Containern zu einem zentralen Warenausgang für externe Bereiche und vom zentralen Wareneingang in die Krankenhausbereiche.

Externe Bereiche können z. B. sein:

- Wäscherei
- Küche

2.1.8 Sonstige Transporte

Darüber hinaus können in der Krankenhauslogistik weitere Transporte anfallen, die hier als sonstige Transporte bezeichnet werden.

2.2 Hygiene

Container und Transportmittel kommen in Bereichen mit unterschiedlichen hygienischen Anforderungen zum Einsatz. Da sie selbst infektiöses Material transportieren oder mit infiziertem Material in Berührung kommen, können gefährliche Keime verschleppt werden. Eine Übertragung von Krankheitserregern durch Container und Transportmittel sollte möglichst vermieden werden.

Die Transportabläufe sind daher so zu planen, dass entsprechend den gegebenen hygienischen Anforderungen getrennte Transportwege genutzt werden. Dies kann dazu führen, dass eine Station nur unter Umgehung einer anderen Station erreichbar ist (z. B. dürfen Müllcontainer nicht über den OP-Bereich transportiert werden). Grundsätzlich gelten für automatisierte Transporte dieselben Hygieneanforderungen wie für manuelle Transporte.

Es empfiehlt sich, zumindest drei unterschiedliche, entsprechend gekennzeichnete Arten von Containern zu benutzen, und zwar für:

- Speisen und Geschirr
- sonstige Güter
- Abfälle

Die Art des Containers muss für das Personal leicht erkennbar sein.

Container und gegebenenfalls Transportgestelle müssen jederzeit desinfiziert und gereinigt werden können. Für die Desinfektion kommen sowohl chemische als auch physikalische Verfahren in Betracht, deren Wirksamkeit unter Betriebsbedingungen erwiesen sein muss [1]. In der Regel sind die Transportmittel aus Edelstahl gefertigt und lassen sich dadurch leicht reinigen und desinfizieren.

3 Vom manuellen Transport zum fahrerlosen Transportsystem

In Europa entwickelten sich die heute bekannten Lehrkrankenhäuser im 18. Jahrhundert aus den vorher üblichen Armenhäusern. Das bekannteste Beispiel eines frühen modernen Krankenhauses ist die Charité in Berlin, die im Jahr 1710 als Pest-Krankenhaus gegründet wurde.

Kleinere Häuser bieten ab 100 Planbetten, große bis zu 1.000 und mehr; der Durchschnitt lag 2012 in Deutschland bei 250 Betten pro Krankenhaus [2]. Das bedeutet, dass täglich mehrere Hundert Patienten versorgt werden wollen, woraus sich die verschiedensten Warenströme ergeben:

- 1) Speisenversorgung (morgens, mittags, abends; einschließlich der Getränkeversorgung)
- 2) Wäsche, insbesondere Bettwäsche
- 3) Waren/Produkte aus der Apotheke
- 4) sterilisiertes OP-Besteck
- 5) Waren aus dem Magazin (Büromaterial und allgemeine Transporte)
- 6) Müllentsorgung der Pflegestationen
- 7) medizinische Unterlagen, Berichte in Papierform, ein- und ausgehende Post
- 8) Proben und Blutkonserven

Die entstehenden Materialflüsse der Arten 1 bis 6 haben feste Liefer- und Empfangspunkte. So wird das Essen für die Patienten in einer Zentralküche zubereitet und üblicherweise auch patientenbezogen portioniert. Die fertigen Tablett mit dem Frühstück, dem Mittagessen und dem Abendbrot müssen also von der Zentralküche auf die Pflegestationen gebracht werden, damit sie dort auf die Zimmer verteilt werden können.

Die Versorgung mit Apothekenwaren erfolgt aus einer zentralen Apotheke, die Sterilwaren werden in einer Zentralsterilisation bereitgestellt. Für die übrigen Waren gibt es ein mehr oder weniger großes Zentrallager: Alle diese zentralen Bereiche erzeugen Materialströme auf die Pflegestationen. Natürlich erzeugen diese Pflegestationen ihrerseits auch wieder vielfältigen Müll, der zu einer zentralen Müllstation transportiert werden muss, wo er weiterverarbeitet/entsorgt wird.

Etwas komplexer sind die Materialströme der Arten 7 und 8. Zunächst gibt es hier ein komplexeres Netz von Liefer- und Empfangspunkten, da die Operationssäle (OPs) und diverse Labore „Material“ erhalten und versenden. Dann sind die Abmessungen der zu verschickenden Einheiten mitunter speziell, z. B. bei den Blutkonserven und den Proben.

3.1 Krankenhauslogistik vor dem FTS

Für die oben genannten Materialströme bzw. Materialarten werden schon lange spezielle Transportwagen eingesetzt. Abbildung 1 zeigt beispielhaft einen Transportwagen für die Speiserversorgung aus dem Jahr 1901, der im Klinikum Bamberg eingesetzt wurde.

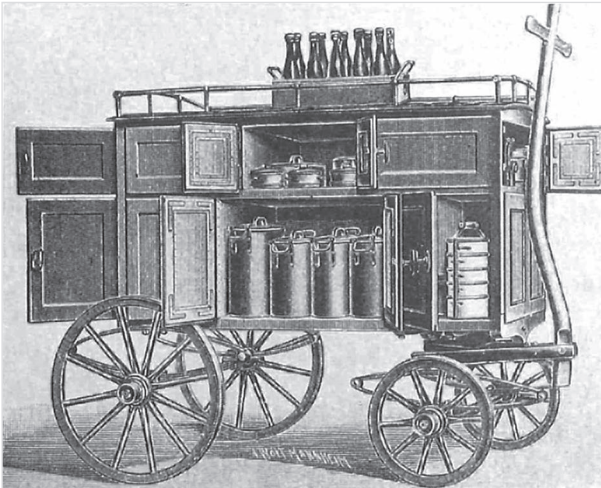


Abb. 1: Essentransportwagen von 1901 [3]

Das Essen wurde in diesem Wagen noch nicht portioniert geliefert, sondern in großen Behältern, aus denen dann auf der Station ausgeteilt wurde. Mit den Speisen wurden auch Getränke in Flaschen aus dem Getränkekasten angeliefert. Interessant sind die großen Räder des Transportwagens sowie die Deichsel.

Zunächst wurden alle erforderlichen Transporte manuell durchgeführt. Der oben gezeigte Essentransportwagen wurde von Mitarbeitern des Krankenhauses oder von externen Dienstleistern gezogen.

3.2 Die Zeit der ersten Automatisierung

Erst im 20. Jahrhundert begann die Automatisierung der Transporte – es entstand der Begriff der AWT-Anlage, also einer technischen Anlage zum automatischen Warentransport. „Die AWT-Anlage“ oder kurz: „die AWT“ kennt man begrifflich nur in der Welt der Krankenhauslogistik – in anderen, vor allem industriellen Branchen und Bereichen, gibt es den Begriff nicht.

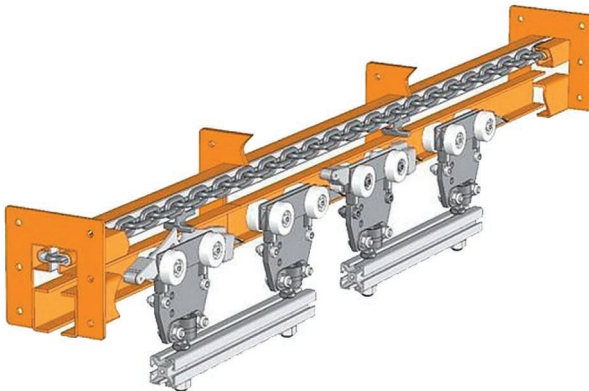
Zu den AWT-Anlagen gehören folgende technische Varianten:

- Power&Free-Anlagen (P&F) für den Containertransport
- Elektrohängebahn (EHB)
- fahrerlose Transportsysteme (FTS)
- Kleinförderanlage (KFA)
- Rohrpostanlage (RP)
- Blutproben-Transportsysteme auf Basis von dünnen und flexiblen Röhren

Neben den oben genannten primären Transportsystemen werden auch die sekundären technischen Einrichtungen wie Containerspeicher, Containerwaschanlage und Vertikalförderer und Aufzüge zu den AWT-Anlagen gezählt.

Die historisch konkurrierenden Systeme im Bereich FTS sind Power&Free- und EHB-Systeme. Diese übernehmen die großvolumigen und planbaren Transporte in einem Krankenhaus.

Die Power&Free-Förderer (Abbildung 2) zeichnen sich durch ihre Robustheit und Einfachheit aus. Eine stetig laufende Kette („Power-Strang“) in der oberen Schiene ist das zentrale Merkmal einer solchen Anlage: Jedes einzelne Gehänge kann mithilfe einer mechanischen Klinke eingeklinkt und auf die Reise geschickt werden. Dabei laufen die Gehänge in der unteren Schiene („Free-Strang“). So kann mit einer kontinuierlich laufenden Power-Kette ein diskontinuierlicher Materialfluss realisiert werden.



Quelle: Conductix/Wampfler

Abb. 2: Prinzipskizze einer P&F-Anlage

An den Gehängen wurden die Rollcontainer transportiert, wie sie für die Materialfluss-Arten 1 bis 6 in der obigen Auflistung verwendet werden. Die P&F-Anlagen waren allerdings sehr unflexibel und arbeitsintensiv in der Bedienung. Sie wurden schnell von den Elektrohängebahnen abgelöst. Der Vorteil der Elektrohängebahn liegt in den einzeln steuerbaren und angetriebenen elektrischen Fahrwerken, die sich auf dem Schienensystem bewegen. Abzweigungen sind über Weichen leicht möglich. Die elektrische Energie beziehen die Fahrwerke entweder über Schleifleitungen oder via berührungslose induktive Energieübertragung.

Beispielhaft ist in Abbildung 3 und Abbildung 4 eine Anlage aus dem Jahr 1985 dargestellt. Im Uniklinikum Reutlingen läuft diese Anlage noch heute; sie wurde allerdings vor wenigen Jahren komplett technisch überholt.



Hersteller/Quelle: Translift

Abb. 3: Einschienen-Elektrohängebahn (EHB) als AWT-Anlage von 1985 im Klinikum Reutlingen



Hersteller/Quelle: Translift

Abb. 4: Blick in die Versorgungsebene, Klinikum Reutlingen

In Abbildung 4 ist der prinzipielle Nachteil dieser Systeme zu sehen: Es werden massive Stahlkonstruktionen für das Schienensystem benötigt, die entweder von der Decke abgehängt oder auf den Fußboden aufgeständert werden müssen. Dazu sind eigentlich eigene Förderebenen erforderlich, die aber nicht immer realisierbar sind. Dann schweben die großen Rollcontainer durch die unterirdischen Versorgungsgänge und stellen eine eklatante Gefahr für das dort tätige Personal dar.

Ein weiterer prinzipieller Nachteil dieser Systeme liegt in der nur begrenzten Ausbau- und Umbaufähigkeit. Da die Patientenversorgung ohne Unterbrechung aufrechterhalten werden muss, gibt es keine Stillstandzeiten, um Umbauten durchführen zu können.

Daraus leitet sich ein wichtiger Grund ab, warum sich das FTS im Krankenhaus durchsetzen konnte: Wollte oder musste man eine P&F-Anlage oder eine bestehende EHB umbauen, dann war das prinzipbedingt schwierig. Einfacher war es, am Boden ein FTS einzurichten, während das an der Decke laufende Schienensystem weiterlaufen konnte. Nach Installation des FTS konnte einfach das Schienensystem abgeschaltet und das FTS eingeschaltet werden.

AWT-Neuinstallationen mit P&F- oder EHB-Technik sind heute auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr sinnvoll. Das FTS hat sich – insbesondere in großen Häusern – durchgesetzt.

3.3 Die Anfänge des FTS als automatische Warentransportanlage (AWT)

Seit dem Jahrtausend-Wechsel werden neue AWT-Anlagen in FTS-Technik ausgeführt, zumindest, was die Transporte von Speisen, Apotheken- und Sterilware, Lagerware und Müllentsorgung angeht. Nach und nach werden die Schienensysteme abgebaut und durch FTS ersetzt.

Die ersten AWT-Anlagen, die in FTS-Technik realisiert wurden, sind allerdings wesentlich älter. Die allererste vollständig automatische Anlage soll hier näher beschrieben werden. Es handelt sich um eine Anlage mit sieben Fahrzeugen, die 1973 im Robert-Bosch-Krankenhaus in Stuttgart installiert wurde. Hersteller war die Babcock und Bosch Transport- und Lagersysteme, Stuttgart. Nahezu zeitgleich begann auch die Firma Wagner Fördertechnik aus Reutlingen mit ersten Installationen.



Abb. 5: Fahrzeugtyp ATR-UFS 01 als Unterfahrschlepper [4]

Das allradgelenkte Dreiradfahrzeug (Abbildung 5) konnte Rollcontainer unterfahren und durch Mitnehmerbolzen schleppen. Es hat also den Container nicht angehoben, sondern geschleppt. Gründe dafür waren die Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit, das geringere Gewicht des Fahrzeugs und die dadurch möglichen hohen Nutzlasten. Das Fahrzeug hatte die Abmessungen 1.995 mm × 530 mm × 300 mm ($L \times B \times H$), wog 300 kg und konnte bis zu 1,5 m/s schnell fahren. Es hatte eine aufladbare Batterie mit 24 V/100 Ah. Damit konnte das Fahrzeug 8 km weit fahren, ohne dazwischen laden zu müssen.

Die Zielsteuerung erfolgte über Fahr- und Ablaufprogramme. Die Fahrprogramme regelten den Fahrablauf des Fahrzeugs vom aktuellen Standort zum

einggegebenen Ziel unter Berücksichtigung von Kurven, Weichen, Haltestellen und der vier Vertikalförderer. Das Streckennetz hatte eine Länge von 400 m.

Das Ziel wurde direkt am Rollcontainer über einen Wahlschalter eingestellt. Dieses Ziel wird mehrfach auf dem Weg zum Ziel an markanten Punkten über Reed-Kontakte abgefragt, z. B. am Fahrzeug, im Aufzug oder an stationären Stetigförderern. Die Ablaufprogramme steuerten die notwendigen Vorgänge bei festliegenden, wiederkehrenden Verrichtungen, wie die Containerübergabe vom Fahrzeug auf eine Fördertechnik oder das Rückwärtsfahren zum Unterfahren eines Containers. Die Heimatadresse des Containers war fest mit der Container-Nummer verknüpft.



Abb. 6: Fahrt durch einen Versorgungsgang [5]

Ziel der Entwicklung dieser ersten Anlage war die Erfüllung der Transportaufgabe mit dem Zusatznutzen der entstehenden Ordnung und der geregelten Abläufe. Als großer Vorteil wurde erkannt, dass die Decke frei von Fördertechnik bleiben konnte, damit andere Versorgungseinrichtungen (Medien) Platz hatten (siehe auch Abbildung 6).

Im Falle von Störungen war es außerdem einfacher möglich, die Rollcontainer von der Transporteinheit (FTF anstatt EHB) zu lösen und manuell zu bewegen. Insgesamt waren 80 Rollcontainer unterschiedlicher Bauart im Einsatz.



Abb. 7: Für die insgesamt sieben Fahrzeuge gab es einzelne Batterieladestationen [5]

Bei den ersten Anlagen war die elektrische Energieversorgung ein Problem. Das hohe Gewicht und das Bauvolumen der Bleibatterien waren der Konstruktion kleiner Unterfahrfahrzeuge im Wege (siehe auch Abbildung 7). Die Reichweite der Fahrzeuge war eingeschränkt und die Berechenbarkeit der Restkapazität der Batterien fast unmöglich.

Eine besondere Bedeutung bei AWT-Systemen fällt den Rollcontainern (Abbildung 8) zu. Sie werden immer wieder aus dem automatischen System herausgenommen, unkontrolliert manuell bewegt, unter Umständen beschädigt und später wieder in das automatische System eingeschleust. Der konstruktiven Auslegung muss daher besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.



Abb. 8: Rollcontainer der ersten AWT-Anlage in FTS-Technik: Universal-, Speisen- und Müllcontainer [5]

Der Unterbau ist bei allen Containertypen gleich, da jeder Container von den gleichen Fahrzeugen (FTF) transportierbar sein muss. Dafür ist eine fahrzeugerechte Geometrie erforderlich, genauso wie die Zieladressiereinrichtung. Die Container müssen den Hygieneanforderungen in Krankenhäusern entsprechen und heute auch waschanlagentauglich sein.

Der Speisenbehälter fasste 24 Euronorm-Tabletts (530 mm × 375 mm) und war beidseitig be- und entladbar. Der Universalbehälter diente der Ver- und Entsorgung mit verschiedenen Gütern wie Wäsche, Lagerware, Apothekenwaren und Sterilgut. Der Müllcontainer war eine Sonderkonstruktion, weil er auch für die vollautomatische Entleerung geeignet sein musste. An einer automatischen Entladestelle erfasste eine Vorrichtung den Container, hob den Deckel ab und kippte den Container, sodass der Inhalt durch einen Trichter auf ein Transportband fiel, das den Müll zur Verbrennungsanlage transportierte.

Von der gleichen Firma wurde auch eine andere technische FTS-Lösung angeboten: der sogenannte automatische Transport-Roboter ATR-HP. Dieser transportiert die Behälter quer zur Fahrtrichtung auf bordeigener, angetriebener Rollenbahn. Erstmals eingesetzt wurde das System 1977 im Kantonsspital Basel (Abbildung 9).



Abb. 9: Der eingesetzte Fahrzeugtyp im Kantonsspital Basel: seitliche Aufnahme über Rollenbahn [5]

Insgesamt fahren zehn FTF in der Anlage auf einem Streckennetz von 1.400 m. Über zehn Vertikalförderer wurden die insgesamt 320 Rollcontainer auf die Stationen gebracht.

Die nächsten Abbildungen geben einen Einblick in die Anlage. Eine wichtige Quelle der Materialtransporte bildet die Zentralküche (Abbildung 10), wo die Tablettts bestückt und die Rollcontainer beladen werden.



Abb. 10: Arbeit in der Küche: Portionieren auf Tablettts und Beladen der Rollcontainer [5]

Die ersten Systeme waren so konzipiert, dass die Fahrzeuge auf der Versorgungsebene verblieben. Die Versorgungsebene war und ist meist eine unterirdische Ebene (U01 oder U02), zu der keine Patienten und Besucher Zutritt haben. Hier finden vorrangig die Transporte statt. An einer sogenannten Kopfstation werden die Rollcontainer dann auf eine stationäre Fördertechnik abgegeben, über die dann der Container in einen Aufzug gefördert wird. Über den Aufzug gelangt der Container dann auf die Pflegestation (Abbildung 11).



Abb. 11: Versand des Rollcontainers über einen Aufzug auf eine Pflegestation [5]

Nachts arbeitet das FTS nicht. Die Fahrzeuge stehen an ihren Ladeplätzen und laden die Batterien auf. Alle Rollcontainer müssen entweder an den vorhandenen Lieferpunkten (Küche, Apotheke, Lager usw.) und Empfangspunkten (Pflegestationen, OPs) stehen oder in einem eigens dafür vorgesehenen Containerspeicher (Abbildung 12). Dieser war früher mit Fördertechnik ausgestattet, sodass der Speicher als eigenes Automatisierungssystem die Container verwaltete. Die Rollcontainer werden in dieser Bauart auf Rollenbahnen automatisch übernommen, aufgepuffert und bei Bedarf wieder ausgegeben.

Heute sind auch passive Systeme realisierbar, die in Form eines freien Blocklagers vom FTS bedient werden. Hier stellt ein FTF den Rollcontainer an eine freie Abstellposition ab und holt ihn dort bei Bedarf auch wieder ab. Das reduziert den technischen Aufwand und die technischen Einbauten gravierend.



Abb. 12: Vollautomatischer Speicher für Rollcontainer [5]



Hersteller/Quelle: Indumat

Abb. 13: FTS als AWT-Anlage von 1999 im Klinikum Reutlingen

Abbildung 13 zeigt das Beispiel eines frühen FTS als AWT-Anlage, ein Fahrzeug des Herstellers Indumat (Reutlingen).

Es handelt sich hier um einen Gabelhubwagen, der mit der Doppelgabel – wie ein klassischer Gabelstapler die Palette – den Rollcontainer aufnimmt. Diese Bauart wurde/wird häufig deshalb eingesetzt, weil so eine EHB-Anlagen-Erweiterung mit FTS einfach machbar ist. Greift die EHB den Rollcontainer oben an, so kann er leicht von einem Gabelfahrzeug unten übernommen werden. Ein weiterer Vorteil dieses Fahrzeugtyps gegenüber den eleganteren Unterfahr-FTF besteht darin, dass die im Krankenhaus vorhandenen Rollcontainer ohne große bauliche Änderungen transportiert werden können. Wollte man Unterfahr-FTF einsetzen, müssen meist Hunderte von vorhandenen Rollcontainern ersetzt werden.

Als eines der heute aktuellen, modernen Systeme kann die Realisierung im Uniklinikum Köln durch TMS (A-Linz) gelten (Abbildung 14). Hier arbeiten die Unterfahr-FTF auch noch als Unterfahrschlepper, heben die Last also nicht an. Heute hat sich das Anheben als Standard durchgesetzt.



Hersteller/Quelle: TMS

Abb. 14: Der Unterfahrschlepper in der Anlage im Uniklinikum Köln

Seit 1972 befand sich im Uniklinikum Köln eine Power&Free-Anlage als AWT-Anlage im Einsatz. Die Strecke mit einer Gesamtlänge von 4,5 km verlief in unterirdischen Verbindungsgängen und Fluren, die zwölf Gebäude miteinander verbanden. Vom Versorgungszentrum aus versorgte die Anlage die 40 Stationen des 78 m hohen Bettenhauses und verschiedene Fachbereiche mit Essen, Medikamenten, Wäsche und Post. Natürlich übernahm sie auch die Entsorgung der Stationen von Müll, Geschirr und Schmutzwäsche. Insgesamt waren alle zwölf Gebäude unterirdisch vernetzt.

Im Jahre 2001 wurde die P&F durch ein FTS ersetzt. Zunächst wurden die Alternativen EHB und FTS diskutiert, und man entschied sich für das FTS aufgrund folgender Gründe:

- innovativer Aspekt: Das FTS ist moderner und für zukünftige neue Aufgaben eher geeignet.
- paralleler Übergangsbetrieb: Es ist einfacher, gleichzeitig zur P&F-Anlage, die unter der Decke läuft, ein Bodentransportsystem zu installieren als eine EHB, die ebenfalls umfangreiche Installationen unter der Decke erfordert.
- Flexibilität: Das FTS hat große Vorteile bezüglich der Layoutflexibilität. Sollen neue Gebäude, neue Gänge oder Funktionsbereiche erschlossen werden, ist der bauliche Aufwand bei der EHB um ein Vielfaches größer als beim FTS.
- Wirtschaftlichkeit: Beim direkten Vergleich der erforderlichen Investitionen gab es Vorteile für das FTS.

Die neue Anlage bestand aus 53 Fahrzeugen, die mit einer 80-Ah-Bleigel-Batterie ausgestattet sind. Täglich wurden 2.600 Fahrten durchgeführt. Nach 22:00 Uhr fuhren die Fahrzeuge zu den Batterieladestationen (Abbildung 15) und kontaktierten dort mit ihren Ladekufen im Boden eingelassene Kupferkontakte. Bei Bedarf wurden die Fahrzeuge auch tagsüber von der Leitsteuerung zu Zwischenladungen an die Ladestationen geschickt.

In dieser Anlage wurde fast zum letzten Mal Breitbandfunk zur Datenübertragung zwischen den Fahrzeugen und der FTS-Leitsteuerung eingesetzt. Seit der Jahrtausendwende setzt man verstärkt auf WLAN.



Hersteller/Quelle: TMS

Abb. 15: Automatisches Batterieladen in der Anlage im Uniklinikum Köln

Typisch für die modernen Systeme sind die Sicherheits-Laserscanner (hier Typ Sick PLS), die die mechanischen Notstopp-Bügel und die Softschaum-Bumper ablösen. Alles Weitere zur Technik der modernen FTS-Lösungen als AWT-Anlage folgt ab Kapitel 4.

3.4 Was spricht für einen FTS-Einsatz in Krankenhäusern? [6]

Durch den hohen Kostendruck und den damit verbundenen Zwang zur Modernisierung oder Installation von automatischen Warentransportanlagen (AWT) haben sich in den Kliniken die Fahrerlosen Transportsysteme (FTS) als wirtschaftliche und zuverlässige Lösung etabliert.

Dabei kommen je nach Krankenhaus von ein paar wenigen bis zu mehr als hundert Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) zum Einsatz.

Folgende Gründe sprechen für einen Einsatz von FTS in Krankenhäusern gegenüber manuellen Transporten:

- Reduzierung der Logistikkosten
- Optimierung der Logistikabläufe
- organisierter Materialfluss
- zuverlässige und zeitgerechte Lieferungen
- automatische Verfolgung von Material
- keine Beschädigungen von Containern, Türen, Wänden oder Einrichtungen

4 Aktueller Stand der Technik in der Krankenhauslogistik

Das FTS hat sich bis heute in einer Vielzahl von Installationen im Krankenhaus bewährt. Die Funktionalität basiert auf erprobten Verfahren, die zum Teil schon seit Jahrzehnten im industriellen Bereich zur Anwendung kommen [6; 7].

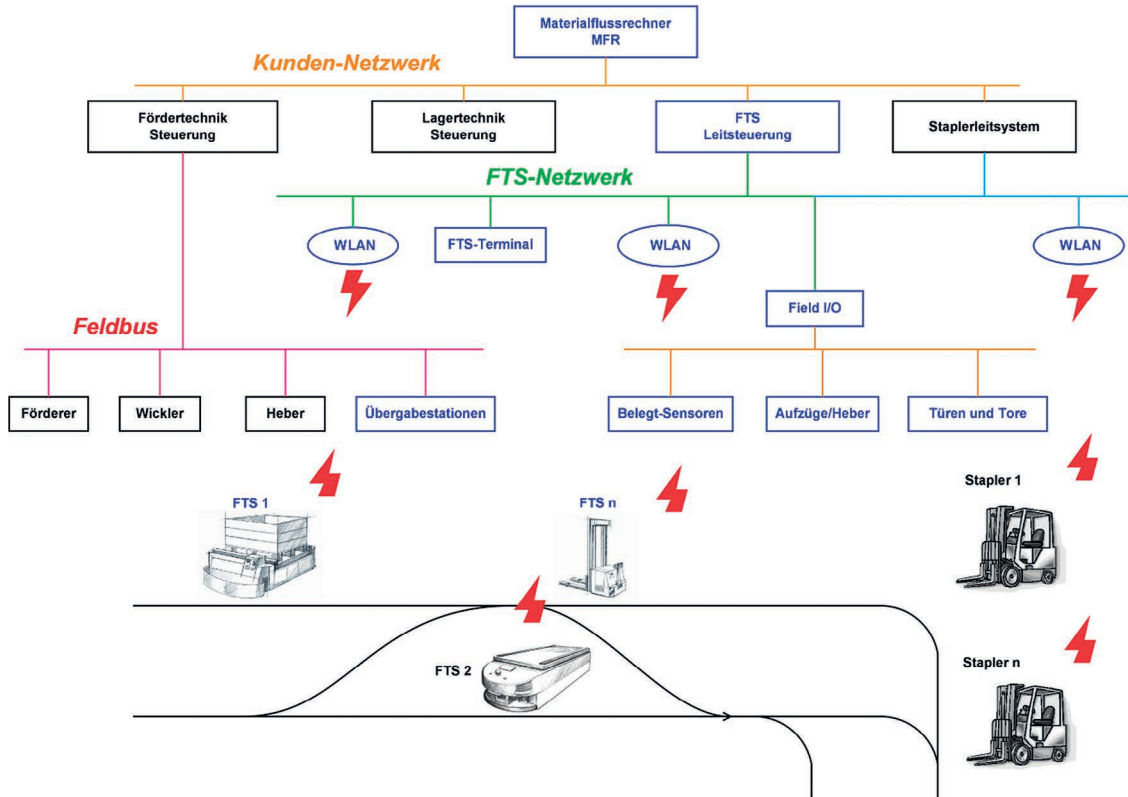
Darüber hinaus sind jedoch in der Krankenhauslogistik folgende Besonderheiten zu beachten:

- sorgfältige Trennung technischer und öffentlich zugänglicher Bereiche
- Flucht- und Rettungskonzepte sind zu beachten.
- Die bestehende Infrastruktur und interne logistische Prozesse sind oftmals ungenügend auf automatisierte Abläufe ausgelegt. Sie müssen dafür vor einem FTS-Einsatz eventuell angepasst bzw. modifiziert werden (z. B. Lifte, Fahrwege, Sicherheitseinrichtungen).
- Es gelten besondere Hygienevorschriften.
- Es gelten strenge lebensmittelrechtliche Vorschriften.
- Es gelten Zeitpläne, in denen bestimmte Transporte (z. B. Essen) vorrangig abzuarbeiten sind.

4.1 Fahrerlose Transportsysteme

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) im Krankenhaus sind innerbetriebliche, flurgebundene Fördersysteme mit automatisch gesteuerten Fahrzeugen, deren primäre Aufgabe der Materialtransport, nicht aber der Personentransport ist. Sie werden innerhalb und außerhalb von Gebäuden eingesetzt und bestehen, wie in Abbildung 16 dargestellt, im Wesentlichen aus

- einem oder mehreren Fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF),
- einer Leitsteuerung,
- Einrichtungen zur Standortbestimmung und Lageerfassung,
- Einrichtungen zur Datenübertragung sowie
- Infrastruktur und peripheren Einrichtungen.



Quelle: Frog AGV Systems

Abb. 16: Wesentliche Bestandteile eines FTS

4.2 Fahrerlose Transportfahrzeuge

Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) sind flurgebundene Fördermittel mit eigenem Fahrantrieb, die automatisch gesteuert und berührungslos geführt werden. Sie dienen dem Materialtransport, und zwar zum Ziehen und/oder Tragen von Fördergut mit aktiven oder passiven Lastaufnahmemitteln.

4.3 Transportgut/Container

Transportgut für FTS-Transporte in Krankenhäusern sind meistens Edelstahl-Container (Abbildung 17) und haben üblicherweise Räder für den manuellen Transport. Container sind entweder an der Unterseite von einem FTF unterfahrbar (Abbildung 18) oder unten/oben durch ein FTF anhebbar. Es gibt eine Vielzahl an verschiedenen Containern, die hier im Einzelnen nicht weiter aufgeführt werden.



Quelle: Hupfer

Abb. 17: Beispiele Edelstahl-Container

Je nach Projekt kommen neue oder existierende Container zum Einsatz. Die sich daraus ergebende Variantenvielfalt muss bei der Lastaufnahme des Containers durch das FTF besonders berücksichtigt werden.



Quelle: Hupfer

Abb. 18: FTF unterfährt Container

In Bezug auf die Anforderungen an den Transportcontainer aus Sicht eines Unterfahr-FTF sind beispielhaft folgende Punkte zu nennen [6]:

- leichte Einfahrfläche stirnseitig passend zum FTF
- Gesamtgewicht (gefüllt) auf Nutzlast des FTF abgestimmt
- vier leichtgängige Rollen, hinten zwei als Bockrollen und vorne zwei als rastbare Lenkrollen ausgeführt
- tragfähige, glatte Containerunterseite
- Aufnahme für Datenträger zur Containeridentifikation
- Türen und Klappen müssen gegen ungewolltes Öffnen während der Fahrt gesichert werden können (manuell oder automatisch)

Das Ziel sollte sein, unabhängig von den Anforderungen des zu transportierenden Guts, standardisierte Container einzusetzen. Hier haben sich mittlerweile Plattformkonzepte mit verschiedenen Aufbauten etabliert.

Zur Containeridentifikation kommen berührungslose Identifizierungssysteme zum Einsatz. Dies können z. B. Transponderlösungen auf Basis von RFID oder Barcodelösungen sein.

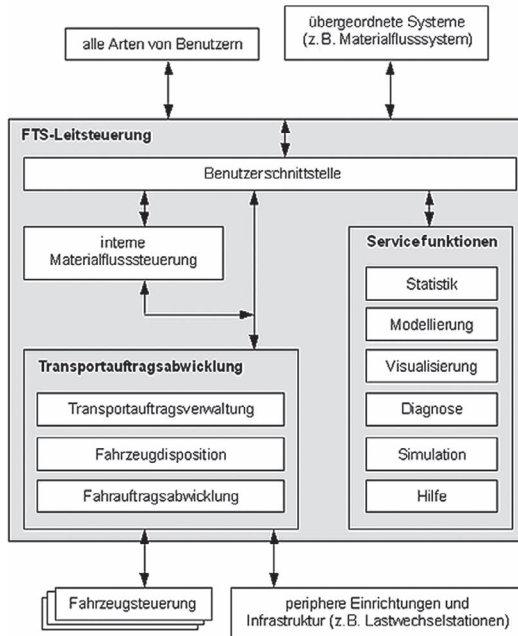
4.4 FTS-Leitsteuerung

Eine FTS-Leitsteuerung besteht aus Hard- und Software. Kern ist ein Computerprogramm, das auf einem oder mehreren Rechnern abläuft. Sie dient der Koordination mehrerer FTS und/oder übernimmt die Integration des FTS in die innerbetrieblichen Abläufe und technische Infrastruktur (z. B. Aufzüge) im Krankenhaus.

Funktionsblöcke

Abbildung 19 zeigt die Funktionsblöcke einer FTS-Leitsteuerung. Abhängig von Komplexität und Umfang des Gesamtsystems können einzelne Funktionen entfallen oder von anderen Leitsystemen übernommen werden. Essenziell sind Transportauftragsabwicklung und Benutzer-Interface.

Die Hardwarestruktur von Leitsystemen ist u. a. abhängig von der Komplexität der Anlage und der Einbindung des FTS in die Infrastruktur des Krankenhauses. Sie kann vom einfachen Stand-alone-PC bis zu einem Multi-Server-System oder virtuellen Systemen mit mehreren Bedien- und Visualisierungs-Clients reichen.



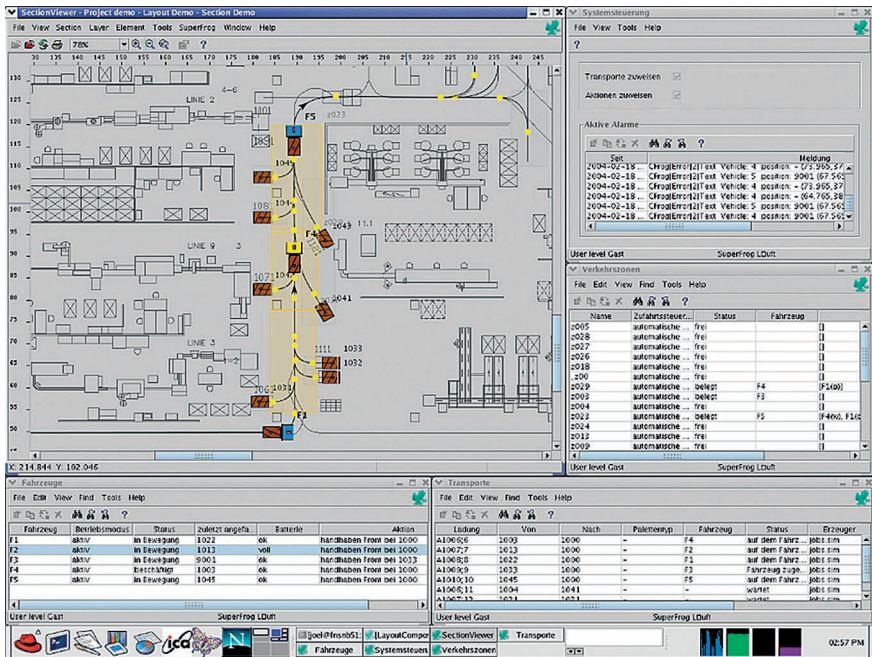
Quelle: VDI

Abb. 19: Funktionsblöcke einer FTS-Leitsteuerung

Anlagenvisualisierung

Die Anlagenvisualisierung (besser „Prozessabbildverwaltung“, Abbildung 10) dient zur Information des Anwenders (Leitstandpersonal, Servicepersonal usw.) über Fahr- und Transportaufträge, Fahrzeugzustände, Fahrzeugpositionen usw.

Bei der Gestaltung eines Leitstandterminals reicht die Spanne von einfachen Texteingaben/Textausgaben in Listen-/Tabellenform hin zu aufwendigen Grafikoberflächen mit maßstabsgetreuem Anlagenabbild.



Quelle: Frog AGV Systems

Abb. 20: Anlagenvisualisierung

Fahrzeugdisposition

In einer Mehrfahrzeuganlage mit komplexem Layout sowie einer großen Zahl von Quellen/Senken haben die Fahrzeugdisposition und die Verkehrsleitsteuerung entscheidenden Einfluss auf die System-/Transportleistung und damit letztlich auf die Anzahl Fahrzeuge, die zur Erfüllung der Transportaufgabe benötigt wird.

Die Fahrzeugdisposition ermittelt für die von der Transportauftragsverwaltung freigegebenen Transportaufträge das jeweils „günstigste“ Fahrzeug. Kriterien dafür sind:

- kürzeste Anfahrtswege zur Quelle
- Prognosen über den Systemzustand in naher Zukunft (z. B. Blockungen auf den Fahrstrecken oder an Kreuzungen, Batterieladezustand der Fahrzeuge)

Verkehrsleitsteuerung

Die Verkehrsleitsteuerung als Teil der Fahrauftragsabwicklung in Mehrfahrzeuganlagen sorgt für eine sichere Verkehrsregelung, insbesondere im Bereich von Kreuzungen und Einmündungen. In gewissen Bereichen, beispielsweise um Kreuzungen herum, ist es sinnvoll, mit Voraus-Reservierungen zu arbeiten, um Behinderungen sicher zu vermeiden.

Vorplanung/Fahrplan

Für bestimmte Transporte wie Essen ist eine Vorplanung der Transportaufträge in einem Fahrplan notwendig, um zu gegebenem Zeitpunkt die geforderte Transportleistung erbringen zu können. Hierzu gibt es zeitbasierte Fahrpläne (Transportauftragslisten), die entsprechend erstellt und abgearbeitet werden.

Auftragsgenerierung

Die Auftragsgenerierung erfolgt entweder manuell durch das Krankenhauspersonal oder automatisch durch Vorplanung oder ereignisgesteuert. Manuell einzugebende Transportaufträge werden über entsprechende Eingabemöglichkeiten (Taster, Terminals oder sonstige Eingabegeräte) generiert. Die Anlieferung der Container auf den Zielstationen wird meist entsprechend (optisch/akustisch) gemeldet.

Containerverwaltung

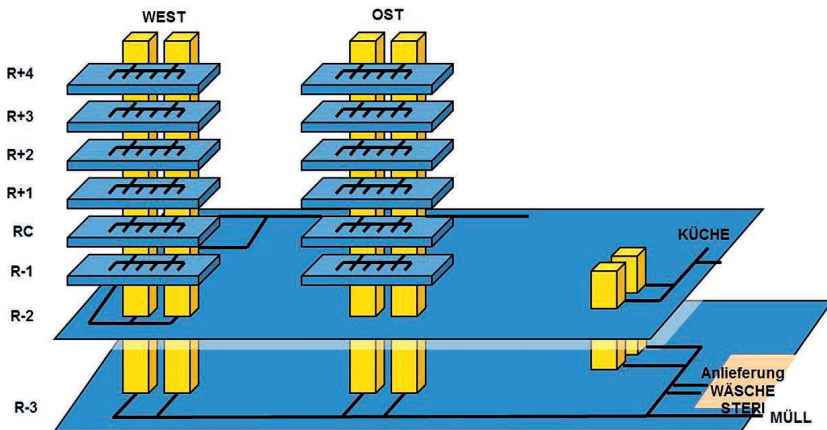
Zur Sicherstellung von Qualitätskriterien ist eine eindeutige Identifikation der Container sehr zu empfehlen. Die Containeridentifikation ermöglicht deren Verwaltung und Verfolgung:

- Standort
- Zuordnung der Transportarten
- Reinheitszustand
- automatische Waschzyklen
- Statistik

4.4.1 Layout

Die FTF verkehren heute in der Regel in abgegrenzten Bereichen außerhalb der Patienten- und Besucherwege. Bei größeren Anlagen erstreckt sich das Layout meist über mehrere Gebäudeteile, die über befahrbare Versorgungsgänge (meist unterirdisch) miteinander verbunden sind. Die einzelnen Stockwerke werden über automatisierte Aufzüge angebunden.

Im Beispiellayout in Abbildung 21 sind im Vordergrund der Zentralbereich, als Verbindung die Versorgungsgänge und drei Bettenhäuser mit den Aufzugsbereichen dargestellt.



Quelle: DS Automotion

Abb. 21: Beispiellayout schematisch

Die Navigation der FTF im Layout erfolgt nach verschiedenen Methoden. Dies kann per Magnetnavigation, Lasernavigation oder per Navigation mittels Umgebungsmerkmalen erfolgen.

Ein wichtiger Teil der aktuellen Applikationsmodellierung, die die Datenbasis für die Programmierung des Gesamtsystems schafft, ist die Fahrkursprogrammierung, das heißt die Modellierung des Layouts, in dem sich die Fahrzeuge bewegen. Sie beschreibt die Fahrwege mit Fahrtrichtungs- und Geschwindigkeitsangaben, Verkehrsregelung, Lastübergabestationen, Haltepunkte, Batterieladestationen, Türen/Tore, Aufzüge, Containerspeicher und -Waschanlage sowie gegebenenfalls die Lage von Referenzmarken usw. Sie erfolgt in der Regel grafisch, das heißt mit Unterstützung durch ein CAD-Tool und auf der Basis eines CAD-Layouts der Einsatzumgebung. Mithilfe einer Hüllkurvensimulation kann das Fahrkurs-Layout auf Kollisionsfreiheit überprüft werden.

4.4.2 Visualisierung

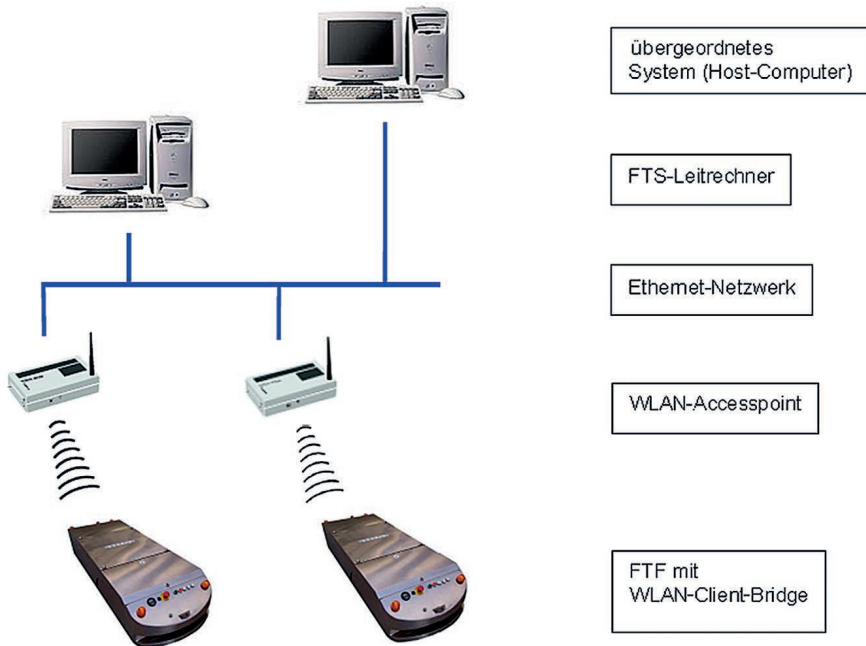
Die Bedienung und Beobachtung der Anlage erfolgt über ein Visualisierungssystem, das entweder in der FTS-Leitsteuerung integriert ist oder als eigenständiges System ausgeführt wird. Die Bedienung erfolgt entweder direkt am Leitrechner/Visualisierungssystem oder an daran angebotenen Terminals.

Visualisierungssysteme bieten üblicherweise Zugriff auf folgende Informationen:

- Stammdaten
- Auftragsübersicht
- Änderung von Aufträgen (Löschen, Umleiten, Priorität ändern)
- FTF-Vorplanung
- Containerübersicht (Position, Zustand)
- Fahrzeugübersicht (Position, Zustand, Batterieladezustand)
- Sperren/Freigeben von Stationen, Aufzügen, Parkplätzen usw.
- Transportzeiten/Transportfenster
- Zugangsverwaltung/Bedienerebenen/Benutzerrechte

4.4.3 IT-Schnittstellen

Die FTS-Leitsteuerung ist über diverse Schnittstellen in das gesamte IT-System eines Krankenhauses integriert. Hierzu zählen zum einen komplexe Schnittstellen zu übergeordneten Systemen (Abbildung 22) sowie meist einfachere Schnittstellen zu dezentralen Steuerungen und Einrichtungen.



Quelle: FTF EK Automation

Abb. 22: Symbolbild IT-Infrastruktur

4.4.3.1 Schnittstellen zu EDV-Systemen

Im Gegensatz zu industriellen FTS gibt es in Krankenhausanwendungen kaum Schnittstellen zu übergeordneten EDV-Systemen, eher zu nebengeordneten. Diese werden meistens per Ethernet unter Verwendung des TCP/IP-Protokolls realisiert. Auf diese Art können die Systeme einfach vorhandene Infrastruktur (LAN) zur Datenübertragung nutzen.

EDV-Systeme können sein:

- Leitstände und Leitsysteme
- Störmeldesysteme
- Personenrufsysteme

4.4.3.2 Schnittstellen zu dezentralen Steuerungen

Schnittstellen zu dezentralen Steuerungen werden heute meistens über Feldbussysteme oder per Ethernet realisiert. Bei den Feldbussystemen kommen alle gängigen, dem Stand der Automatisierungstechnik entsprechenden Systeme zum Einsatz. Bei Ethernet wird häufig das TCP/IP-Protokoll verwendet. Auf diese Art können die Steuerungen meist vorhandene Infrastruktur (BUS/LAN) zur Datenübertragung nutzen.

Typische dezentrale Steuerungen sind:

- Aufzüge
- Containerwaschanlagen
- Containerlager
- komplexe Lastübergabestationen
- konventionelle Fördertechnik
- Brandmeldeanlagen

Einrichtungen, die nur über einfache EA-Schnittstellen verfügen, werden meist über digitale Ein- und Ausgangsklemmen via BUS oder Ethernet angebunden.

Typische dezentrale Einrichtungen sind:

- Brandabschnittstüren
- Schnelllaufotore/Automattüren
- Drucktaster/Belegtmelder
- Warnlampen/Ampelanlagen
- einfache Lastübergabestationen

4.4.4 Sonstiges

Weiterhin sind in einer FTS-Leitsteuerung Sonderfälle und Notfallkonzepte gemäß Abstimmung mit dem Betreiber und den zuständigen Behörden zu klären und umzusetzen. Hierzu gehören im Besonderen Maßnahmen bei Feueralarm sowie Evakuierungsstrategien.

4.5 Fahrzeugtechnik

4.5.1 Fahrzeugtypen

Die Ausführung von Krankenhaus-FTF richtet sich zum einen nach der Art der zu transportierenden Ladung und zum anderen nach den spezifischen Gegebenheiten im Krankenhausumfeld. Hierzu gehören im Besonderen Maßnahmen zur

leichten Reinigung und zur Vermeidung von Keimherden bzw. Keimverschleppung.

Im Wesentlichen kommen zwei Grundvarianten von Fahrzeugen zum Einsatz. Die Unterschiede ergeben sich aus der Art der Lastaufnahme.

4.5.1.1 Gabelhub-FTF

Die erste Variante sind Gabelhub-FTF (Abbildung 23). Hier werden die Container von unten oder von oben durch eine Hubgabel angehoben. Diese Fahrzeuge werden meist bei existierenden Containerbeständen eingesetzt, die bauartbedingt für ein Unterfahr-FTF nicht geeignet sind. Die Fahrzeuge sind teils mit spezialisierten Lastaufnahmemitteln ausgerüstet. Der Platzbedarf und das Fahrzeuggewicht der Gabelhub-FTF sind bauartbedingt vergleichsweise groß, die Lastaufnahme und -abgabe kann nur in einer Richtung erfolgen.



Quelle: DS Automotion

Abb. 23: Gabelhub-FTF mit Container auf Hubgabel



Quelle: EK Automation

Abb. 24: Gabelhub-FTF mit hängendem Container

4.5.1.2 Unterfahr-FTF

Bei der zweiten und häufigsten Variante werden die Container von einem FTF unterfahren und angehoben (Abbildung 24) oder geschleppt.

Bei den Fahrzeugen mit Hubvorrichtung werden die Container zum Transport angehoben. Diese Huckepackfahrzeuge sind mit einer Hubplattform mit entsprechender Kontaktfläche (kraftschlüssig/formschlüssig) zur Aufnahme der Transportlast ausgestattet.

Der Platzbedarf und das Fahrzeuggewicht der Unterfahr-FTF (Abbildung 25) sind bauartbedingt geringer, die Lastaufnahme und -abgabe kann in beide Richtungen erfolgen. Eine Durchfahrt unter den Containern ist ebenso möglich. Bei dieser Lösung ist der Container das platzbestimmende Element.

Bei den Fahrzeugen mit Schleppvorrichtung (Abbildung 26) werden die Container auf ihren Rädern geschleppt. Diese Art der Fahrzeuge wird heute aus technischen und hygienischen Gründen üblicherweise nicht mehr eingesetzt.



Quelle: EK Automation

Abb. 25: Unterfahr-FTF mit Hubplattform



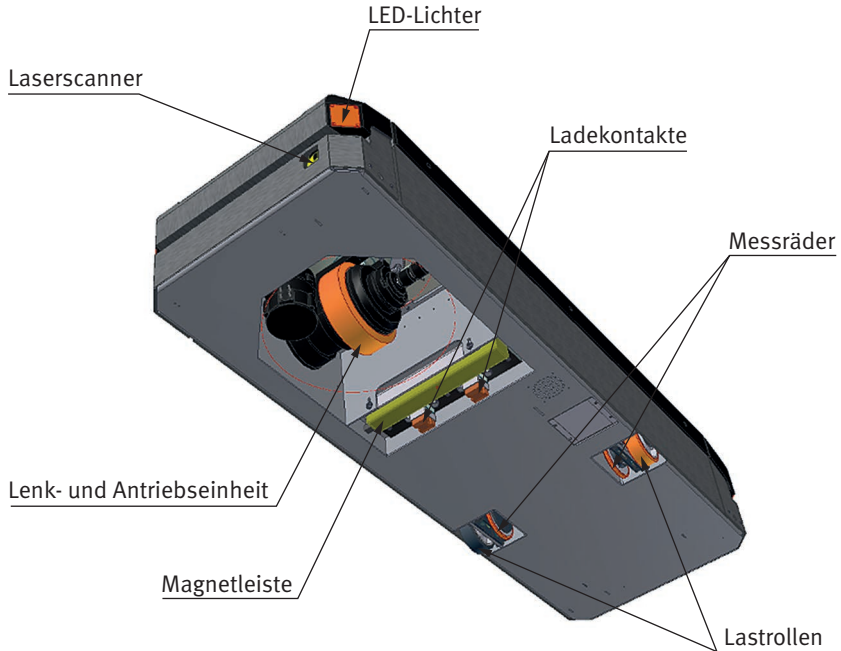
Quelle: TMS, MLR System



Abb. 26: Unterfahr-FTF mit Mitnahme-Dorn

4.5.2 Beschreibung der Fahrzeughauptkomponenten

Die Beschreibung erfolgt am Beispiel eines Unterfahr-FTF mit Hubvorrichtung (Abbildung 27). Der Grundaufbau besteht aus den Hauptbaugruppen Rahmen, Antriebe, Lenkung, Hubeinrichtung, Steuerung, Batterie und Bedienelemente. Weitere Informationen hierzu sind in der Richtlinie VDI 2510 „Fahrerlose Transportsysteme“ zu finden.



Quelle: DS Automotion

Abb. 27: Beispiel Unteransicht Dreirad-FTF

4.5.2.1 Fahrzeugrahmen und -verkleidung

Der Rahmen wird den Anforderungen entsprechend als stabile Konstruktion ausgeführt. Im Rahmen befinden sich die Aufnahmepunkte für die notwendigen mechanischen und elektrischen Komponenten sowie die Fahrzeugverkleidung.

Die Fahrzeugverkleidung wird den hygienischen Anforderungen entsprechend ausgeführt.

4.5.2.2 Fahr- und Lenkantriebe

Es gibt verschiedene Antriebskonzepte, die Einfluss auf die Fahrbewegung des Fahrzeugs haben. Die gängigsten sind Dreiradfahrzeuge mit kombiniertem Fahr- und Lenkantrieb, Differenzialfahrzeuge ohne aktiven Lenkantrieb und flächenbewegliche Fahrzeuge mit mehreren Fahr- und Lenkantrieben.

Um den aktuellen Sicherheitsanforderungen gerecht zu werden, muss das Fahrzeug im Notfall sicher abgebremst werden können.

4.5.2.3 Hubeinrichtung

Die Lastaufnahme erfolgt mit einer Hubeinrichtung. Über entsprechende Sensorik wird die korrekte Aufnahme der Container überwacht.

4.5.2.4 Fahrzeugsteuerung

Die Fahrzeugsteuerung ist ein leistungsfähiges Rechnersystem, das die nachfolgend aufgeführten Steuerungsaufgaben übernimmt:

- Kommunikation (heute meist WLAN) mit der stationären Leitsteuerung
- Navigation, Spurführung und situationsbedingte Geschwindigkeitsregelung
- Steuerung der Fahrzeugfunktionen inklusive Lasthandling
- Ausführen der Sicherheitsfunktionen

4.5.2.5 Navigation und Spurführung

- Wenn ein Fahrzeug automatisch, also ohne menschlichen Fahrer, betrieben werden soll, sind Navigation und Spurführung wesentliche Aufgaben, die durch Fahrzeugrechner, Software und geeignete Sensorik gelöst werden müssen. Dies umfasst folgende Aufgabenstellungen:
- Routenplanung („Wo will ich hin?“): Wird dem FTF ein neues Fahrziel zugewiesen, muss von seiner aktuellen Position zu diesem Ziel eine günstige befahrbare Route bestimmt werden. Die kann vom FTF selbst oder auch durch die Leitsteuerung geschehen. In der Regel liegt dazu ein topologisches Streckennetz mit weiteren Informationen (Geschwindigkeitsbeschränkungen usw.) vor.
- Positionsbestimmung („Wo bin ich?“): Das FTF ermittelt seine aktuelle Position innerhalb der Anlage, um so seiner geplanten Route folgen zu können. Bei einer spurgebundenen Navigation (optische Spur, Leitdraht) reicht es mitunter, an Verzweigungspunkten den zu folgenden Abzweig bestimmen zu können oder spezielle Markierungen entlang der Spur für eine genauere Positionierung zu erkennen. Bei frei navigierenden Systemen (Magnetnavigation, Lasernavigation, Navigation mittels Umgebungsmerkmalen) wird das FTF üblicherweise auf einer bekannten Startposition im System eingesetzt und verfolgt die Position durch Abgleich einer entsprechend hinterlegten Karte mit den Sensordaten.
- Spurführung: Die Spurführung stellt die präzise Verfolgung der geplanten Route sicher, sodass der vorgesehene Fahrkorridor nicht verlassen wird und Geschwindigkeitsvorgaben eingehalten werden können. Die Spurführung der FTF im Layout kann wie oben erwähnt spurgebunden, frei navigierend oder per Navigation mittels Umgebungsmerkmalen erfolgen.

4.5.2.6 Bedien- und Anzeigeelemente

Am Fahrzeug sind die wichtigsten Bedien- und Anzeigeelemente (Abbildung 28) des Fahrzeugs gut zugänglich angebracht. Mindestens erforderlich sind:

- Ein/Aus-Schalter
- Start/Quittierung-Taste
- Not-Halt-Taster
- Blinkleuchten vorne und hinten
- akustischer Signalgeber
- Statusanzeige (können auch die Blinker sein)

Weitere Bedienelemente und Anzeigen werden je nach Anforderung projektspezifisch realisiert.



Quelle: Frog AGV Systems

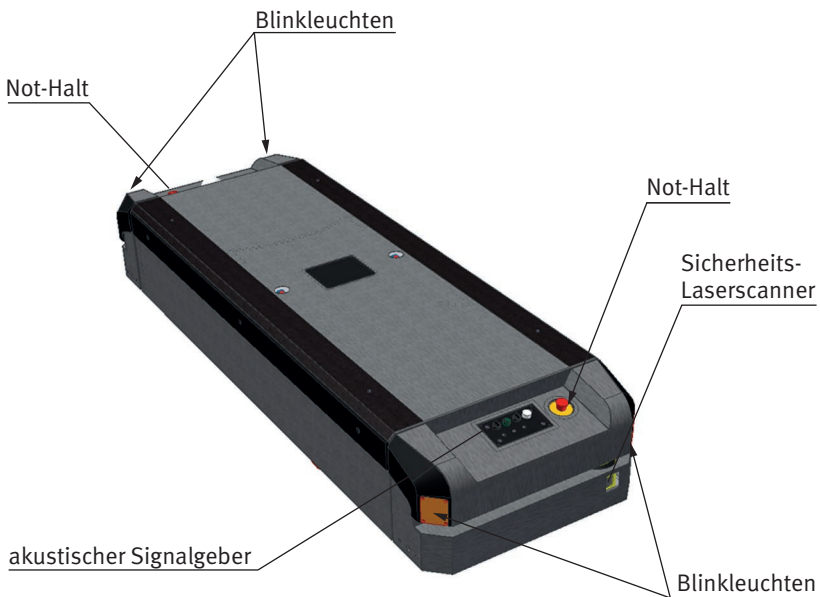
Abb. 28: Bedienfeld eines FTF

4.5.2.7 Sicherheitseinrichtungen

Die Fahrzeuge werden mit Sicherheitseinrichtungen (Abbildung 29) ausgestattet. Hierzu gehören unter anderem:

- Personenerkennungssystem (z. B. Sicherheits-Laserscanner, Schaltleisten)
- Not-Halt-Taster
- Blinkleuchten
- akustischer Signalgeber
- Bremse

Weitere Details hierzu finden sich im Kapitel 4.4.



Quelle: DS Automotion

Abb. 29: Sicherheitseinrichtungen eines FTG

4.5.2.8 Energieversorgung

Für die Energieversorgung kommen in der Regel wiederaufladbare Batteriesysteme (Akkumulatoren) zum Einsatz, die je nach Art unterschiedliche Lade- und Entladeverfahren mit sich bringen. Die gängigsten Batteriesysteme sind:

- Blei-Säure-Batterien mit flüssigem oder gebundenem Elektrolyt, die je nach Einsatzzeitraum bei Bedarf gewechselt werden (Batteriewechselsystem) oder in den Fahrzeugen nachgeladen werden
- Nickel-Cadmium-Batterien mit flüssigem Elektrolyt und automatischer Zwischenladung der Batterien im Fahrzeug (Zyklusbetrieb)

Alternative Energiesysteme, z.B. Lithium-basierte Batterien oder Hochleistungskondensatoren (Power Caps), sind am Markt verfügbar.

Die Batteriekapazität wird überwacht, bei entsprechendem Entladezustand erfolgt ein Batteriewechsel oder eine automatische Ladung.

4.6 Infrastruktur und periphere Einrichtungen

4.6.1 Infrastruktur zur Navigation

Abhängig von der verwendeten Navigationsmethode sind gegebenenfalls unterschiedliche Infrastrukturmaßnahmen erforderlich. Diese können sein:

- Verlegung von spurgebenden Einrichtungen (optische Linie, Magnetband, Frequenzdraht) am/im Boden
- Einbringen von Magneten in den Boden
- Montage von Retroreflektoren

4.6.2 Containerübergabestationen

Containerübergabestationen sind Stellplätze, von denen Container abgeholt werden (Quelle) oder an die Container geliefert werden (Senke). In Ausnahmefällen kann eine Übergabestation sowohl Quelle als auch Senke sein.

Zu unterscheiden sind manuelle Übergabestationen und automatisierte Übergabestationen. An manuellen Übergabestationen werden Container durch Personal bereitgestellt bzw. Container vom Personal abgeholt. An automatisierten Übergabestationen erfolgt das Lasthandling zwischen dem FTF und einer Fördertechnik maschinell. Bei automatisierten Übergabestationen ist in der Regel eine Kommunikation zwischen dem FTF und der Fördertechnik erforderlich.

Bei manuellen Übergabestationen hilft bei den Quellen eine mechanische Führung (Positionierhilfe) bei der eindeutigen Positionierung der Container

(Abbildung 30). An den Senken empfiehlt sich eine Bodenmarkierung, um ein unbeabsichtigtes Blockieren der Übergabestation zu vermeiden.

Manuelle Übergabestationen können projektabhängig mit Sensorik zur Belegmeldung und Auftragsgenerierung ausgestattet werden.



Quelle: Hupfer

Abb. 30: Containerübergabestation mit Führungsschienen

4.6.3 Batterieladestationen

Für FTF ist die Energieversorgung elementarer Bestandteil der Fahrzeug- und Anlagentechnik. Die Funktionalität und Betriebssicherheit der Systeme wird im Wesentlichen von der Berechnung, Dimensionierung und Ausführung eines ganzheitlichen Energiekonzepts bestimmt.

Bei einem Batteriewechselsystem wird die Batterie ein- oder mehrmals täglich manuell oder automatisch gewechselt. Die Ladung der Batterie erfolgt dann außerhalb des Fahrzeugs.

Bei allen anderen Batteriekonzepten erfolgt die Ladung im Fahrzeug, entweder über ein externes Batterieladegerät mit Ladekabel und Stecker (manuelle Kontaktierung) bzw. über Ladekontakte (automatische Kontaktierung) oder über

ein im Fahrzeug integriertes Ladegerät (on board). Entscheidend ist, dass die Batterien und Ladetechnik aufeinander abgestimmt sind und zum vorgesehenen Systemablauf passen (Abbildung 31).



Quelle: DS Automotion

Abb. 31: Batterieladestation im Untergeschoss

4.6.4 Stationäre Sicherheitseinrichtungen

Ergänzend zu den am FTS angebrachten, fahrzeugspezifischen Sicherheitselementen (siehe Richtlinie VDI 2510 Blatt 1 „Infrastruktur und periphere Einrichtungen für FTS“) kann es erforderlich sein, zusätzliche stationäre Sicherheitseinrichtungen einzusetzen. Möglichkeiten einer zusätzlichen Absicherung sind:

- Beschilderung
- Parabolspiegel
- Schranken
- optische Signalgeber und Ampelanlagen
- akustische Signalgeber
- Lichtschranken, Schaltmatten, Pendelklappen
- abgehangte Flatterbänder oder Ketten
- Stehverhinderer, Rammschutz, Abweiser
- Bodenmarkierungen

4.6.5 Gebäudeeinrichtungen

4.6.5.1 Aufzüge

Die Aufzüge werden teils nur vom FTF selbst, teils auch durch Personen genutzt. Im Mischbetrieb wird der Aufzug abwechselnd vom FTF und von Personen genutzt, eine gemeinsame Fahrt ist aus Sicherheitsgründen häufig nur schwer realisierbar.

Die Anforderungen, die aus FTF-Sicht an einen Aufzug zu stellen sind, teilen sich in mechanische und steuerungstechnische Anforderungen. Zu den mechanischen Anforderungen zählen (siehe auch Abbildung 32):

- Größe der Aufzugstür
- Größe der Aufzugskabine
- Kabinenbodenqualität/Traglast
- Bodenniveau/Niveaueausgleich
- Spaltmaß zwischen Kabine und Boden
- Ausführung der Kabinenwände

Die Aufzugsteuerung ist mit dem FTS-Leitrechner über eine definierte Schnittstelle verbunden. Die Signale für die Beauftragung des Aufzugs und die Statusmeldungen werden über diese Schnittstelle übertragen.

Folgende steuerungstechnische Rahmenbedingungen sind für Aufzugsfahrten einzuhalten:

- Im FTS-Betrieb darf der Aufzug nicht durch die Etagen-Ruftasten oder Tableaus in der Kabine bedienbar sein.
- Während der Ein- und Ausfahrt des FTF darf der Aufzug die Türen nicht schließen.
- Während der Ein- und Ausfahrt des FTF muss gegebenenfalls das Bodenniveau nachgeregelt werden (Niveaueausgleich).
- Im Brandfall müssen die Aufzüge gegebenenfalls frei gefahren werden, sie werden während eines Feuealarms nicht mehr benutzt.
- Es ist mit den örtlichen Genehmigungsstellen zu klären, ob der FTS-Betrieb außen auf den Etagen und/oder im Innern der Kabine optisch (z. B. Lampe oder Anzeige) signalisiert werden muss.



Quelle: DS Automotion

Abb. 32: FTF bei der Einfahrt in einen Aufzug

4.6.5.2 Brandschutztüren

Die Fahrzeuge durchfahren auf ihren Wegen auch Brandschutztüren (Abbildung 33). Bei einem Feueralarm oder beim Auslösen einer Brandschutztür erfolgt eine Meldung an die FTS-Leitsteuerung, damit alle Fahrzeuge die Türbereiche rechtzeitig verlassen können und keine weiteren Fahrzeuge in den Türbereich einfahren. Es ist unbedingt zu beachten, dass zuerst eine Meldung an die FTS-Leitsteuerung erfolgen muss und danach, mit einer angemessenen Verzögerung, die Brandschutztür ausgelöst werden darf. Die Steuerung der Auslöseverzögerung erfolgt entweder dezentral an der Steuerung der Brandschutztür oder zentral über eine Brandmeldeanlage. Sie ist durch eine zugelassene Fachfirma zu installieren und gemäß den gültigen VdS-Richtlinien auszuführen.

4.6.5.3 Automatische Türen und Tore

Türen und Tore, die von den FTF durchfahren werden, sollten entsprechend automatisiert werden. Das Öffnen und Schließen erfolgt dann über die FTS-Leitsteuerung. Zur Sicherheit wird die offene Tür/das offene Tor über ein Rückmeldesignal abgefragt.



Quelle: Frog AGV Systems

Abb. 33: FTF bei der Durchfahrt durch eine Brandabschnittstür

4.6.6 Allgemeine Anforderungen

Der Einsatz von FTS im Krankenhaus erfolgt auf nicht öffentlichen, innerbetrieblichen Verkehrswegen. Die Gestaltung der Verkehrswege richtet sich nach der Arbeitsstättenregel A1.8 „Verkehrswege“.

Für die Wartung und Instandhaltung ist ein geeigneter Wartungsplatz vorzusehen. An diesem Platz sollte die Möglichkeit bestehen, das Fahrzeug entsprechend anzuheben und abzusichern, damit unter dem Fahrzeug gearbeitet werden kann.

Es empfiehlt sich der Vorhaltung einer Abschlepp- oder Bergeeinrichtung.

4.7 Sicherheit im nicht öffentlichen Bereich

Die Sicherheit bei FTS-Anlagen im nicht öffentlichen Krankenhausbereich gliedert sich grundsätzlich in die zwei Bereiche Fahrzeugsicherheit und Anlagensicherheit. Als Grundlage dient hier die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, die sich an Hersteller und Inverkehrbringer von Maschinen richtet.

Sie legt die Anforderung für neue Maschinen fest, um Handelsbarrieren innerhalb Europas abzubauen und um den Anwendern und Bedienern ein hohes Maß an Sicherheit und Gesundheitsschutz zu garantieren.

Die Integration von Sicherheit wird von den Herstellern bereits während des Konstruktionsprozesses berücksichtigt. So wird beispielsweise schon zu diesem frühen Zeitpunkt eine Risikoanalyse ausgeführt, und Erkenntnisse hieraus fließen direkt in die noch laufende Konstruktion ein.

Wenn die Risikobewertung ergab, dass Maßnahmen nötig sind, um das Risiko zu minimieren, dann muss die 3-Stufen-Methode angewendet werden, und zwar in der angegebenen Reihenfolge:

- 1) sicheres Gestalten: Beseitigung oder Minimierung der Risiken so weit wie möglich (Integration der Sicherheit in Konstruktion und Bau der Maschine)
- 2) technische Schutzmaßnahmen: Ergreifen der notwendigen Schutzmaßnahmen gegen Risiken, die sich konstruktiv nicht beseitigen lassen
- 3) Benutzerinformation über Restrisiken

Erstes Ziel ist also die Minimierung vorhandener Risiken durch konstruktive Maßnahmen.

4.7.1 Fahrzeugsicherheit FTF

Die Fahrzeugsicherheit bezieht sich auf die Sicherheit der FTF, sie wird in dem „Leitfaden FTS-Sicherheit“ (siehe www.vdi.de/FTS) detailliert beschrieben.

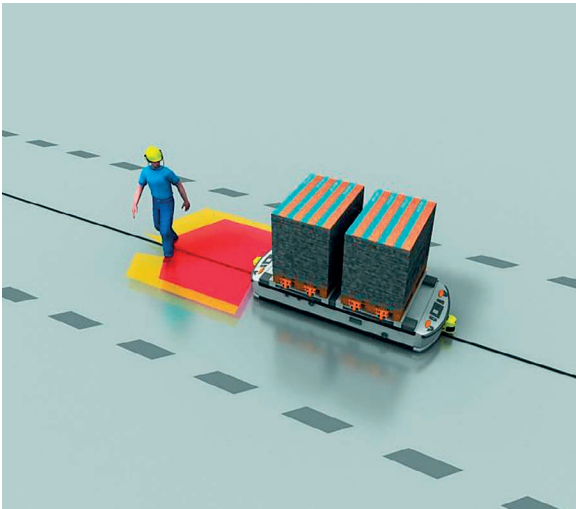
Grundsätzlich gelten für die Fahrzeugsicherheit wieder die Maschinenrichtlinie und alle relevanten C-Normen, z. B. DIN EN 1525 „Sicherheit von Flurförderzeugen; Fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme“.

Wenn sich durch die Risikobewertung ergeben hat, dass nicht alle Risiken (z. B. konstruktiv) beseitigt werden konnten, kommen sogenannte technische Schutzeinrichtungen und Warnhinweise zum Einsatz. Die folgende Auflistung stellt den aktuellen Stand der Technik dar.

4.7.1.1 Personenerkennungssystem

Sicherheits-Laserscanner

Der Sicherheits-Laserscanner ist eine aktive, berührungslos wirkende Schutz-einrichtung (Abbildung 34). Das heißt, die Umgebung wird mit Laserstrahlen in einer Ebene abgetastet und hierdurch ein Gefahrenbereich vor dem Fahrzeug überwacht.

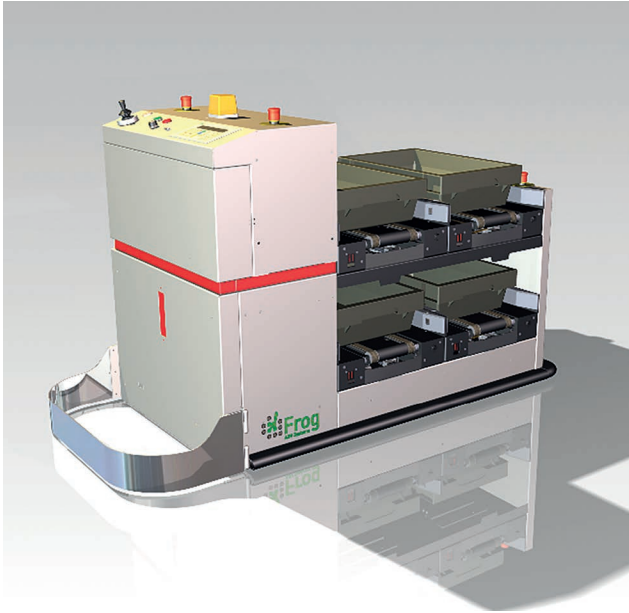


Quelle: Sick AG

Abb. 34: FTF mit Sicherheits-Laserscanner und farblich dargestelltem Warnfeld (gelb) und Schutzfeld (rot)

Schaltleisten/Bumper

Die Schaltleiste/der Bumper mit Sicherheitsfunktion sind taktile Sicherheitseinrichtungen (Abbildung 35). Wenn ein Hindernis auf die Schaltleiste trifft, wird ein Signal erzeugt und die Bewegung eines Fahrzeugs gestoppt. Eingesetzt werden Schaltleisten/Bumper direkt am Fahrzeug, um Klemmstellen zwischen Fahrzeug und Peripherie abzusichern. Weitere Grundlagen hierzu finden sich z. B. in DIN EN ISO 13856-2/-3 „Sicherheit von Maschinen; Druckempfindliche Schutzeinrichtungen“.



Quelle: Frog AGV Systems

Abb. 35: FTF mit Bügelbumper vorne und Schaltleiste seitlich

4.7.1.2 Not-Halt-Taster

Der Not-Halt-Taster dient dazu, das Fahrzeug im Gefahrenfall oder zur Abwendung einer Gefahr schnell in einen sicheren Zustand zu versetzen. Im Falle des Fahrzeugs kann dies im einfachsten Fall die Unterbrechung der Stromzufuhr für die Fahrantriebe sein – oder auch ein gesteuertes Abbremsen mithilfe des Fahrantreibreglers oder zusätzlicher Bremsen (die dann auch sicherheitstechnisch zu betrachten sind).

Alle Not-Halt-Taster haben ein rotes Betätigungselement auf gelbem Grund. Weitere Grundlagen hierzu finden sich z. B. in DIN EN ISO 13850 „Sicherheit von Maschinen; Not-Halt; Gestaltungsleitsätze“.

4.7.1.3 Optische und akustische Signalgeber (Blinker und Hupen)

Im Unterschied zu den vorher beschriebenen Einrichtungen sind optische und akustische Signalgeber als Warneinrichtungen eine ergänzende Schutzeinrichtung. Sie warnen Personen im Umfeld des Fahrzeugs, bevor sich das Fahrzeug in Bewegung setzt, und auch während der Fahrt.

4.7.1.4 Bremsen

Die Bremsen am Fahrzeug werden zum gesteuerten Stillsetzen des Fahrzeugs eingesetzt. Dies kann entweder im normalen Betrieb oder auch im Notfall, z. B. wenn die maximal zulässige Geschwindigkeit überschritten wird, erfolgen. Zusätzlich greifen die Bremsen, wenn das Fahrzeug stromlos (geparkt) ist, um das Wegrollen zu verhindern.

4.7.2 Anlagensicherheit FTS

Im Bereich der Anlagensicherheit sind alle Bereiche um das Fahrzeug zu betrachten. Dies sind z. B. Fahrwege und auch Bereiche oder Stationen für die Containerübergabe.

An besonders gefährdeten Stellen des Fahrkurses sind entsprechende Sicherheitsmaßnahmen (z. B. Fahrwegkennzeichnung, Spiegel, optische Warnsignale) umzusetzen.

Ein Risiko stellen auch verschmutzte Fahrwege dar, da sich hierdurch der Bremsweg im Gefahrenfall deutlich verlängern kann.

Zu unterscheiden sind manuelle Übergabestationen und automatisierte Übergabestationen. An manuellen Übergabestationen werden Container durch Personal bereitgestellt oder Container vom Personal abgeholt. An automatisierten Übergabestationen erfolgt das Lasthandling zwischen dem FTF und einer stationären Fördertechnik maschinell. Bei der manuellen Containerübergabe erfolgt die Lastübergabe ausschließlich durch das FTF, die Absicherung der Lastübergabe erfolgt hier ausschließlich durch das Fahrzeug.

Bei der automatisierten Containerübergabe erfolgt die Lastübergabe durch die Fördertechnik, die Absicherung der Containerübergabe erfolgt hier ausschließlich durch die Fördertechnik.

Zwischen dem Fahrzeug und der stationären Fördertechnik sind im Besonderen Quetsch- und Scherstellen zu betrachten. In diesen Bereichen können sich jederzeit Personen aufhalten.

Es sind die Grundsätze der Risikoanalyse, Risikobewertung und Risikominimierung zu beachten und umzusetzen. Detaillierte Beispiele und Lösungsansätze hierzu finden sich in der VDI 2510 Blatt 2 „Sicherheit von FTS“.

5 Die Zukunft des FTS im Krankenhaus?

In Zukunft werden sich im Krankenhaus automatisierte Systeme, und insbesondere FTS in der Krankenhauslogistik, weiter durchsetzen und vermehrt zum Einsatz kommen. Viele Aufgaben, die zurzeit noch durch Personal bewältigt werden müssen und einen beträchtlichen Mehraufwand verursachen, können in Zukunft durch FTS übernommen werden. Dadurch kann sich das Pflegepersonal mehr auf die eigentlichen Kernkompetenzen der Pflege und Behandlung von Patienten konzentrieren.

Entscheidend dafür ist, dass sich FTS kontinuierlich weiterentwickeln und ihre Inbetriebnahme, Bedienung und Wartung vereinfacht werden. Eine flexiblere Nutzung ermöglicht es, neue räumliche Bereiche im Krankenhaus, insbesondere öffentliche Krankenhausbereiche, für die FTS-Nutzung zu erschließen.

5.1 Räumliche Weiterentwicklung

Heute sind FTS üblicherweise auf den nicht öffentlichen Bereich (Technikbereich) von Krankenhäusern beschränkt (die sogenannte „große Logistik“). Geschultes Personal sorgt für den Übergang der Container vom Technikbereich in den öffentlichen Bereich (z. B. Aufzug). In Zukunft wird es mehr und mehr notwendig sein, selbstständig in den öffentlichen Krankenhausbereich hineinzufahren. So können z. B. Transporte auf den Stationen an einzelne Empfänger verteilt werden. In diesen Bereichen können auch kleinteiligere Transporte durch kleinere, flexiblere FTF durchgeführt werden (die sogenannte „kleine Logistik“). Verbesserungen bei der FTF-Sensorik werden zudem die Navigation und Lastaufnahme intelligenter und flexibler gestalten, sodass auch für aktuelle FTF schwer zu navigierende Bereiche erschlossen werden können. Auch die Erschließung von Außenbereichen birgt Potenzial für zukünftige Anwendungen. So können FTS auch Gebäude erreichen, die nicht über einen geschlossenen Versorgungstrakt mit den Hauptgebäuden verbunden sind. Die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Sensorik sind hoch und werden hier nicht weiter vertieft.

Durch eine höhere Flexibilität und Vereinfachungen bei Inbetriebnahme und Nutzung können in Zukunft auch geeignete FTS-Lösungen für kleinere Krankenhäuser angeboten werden. Hier wird es häufiger zwingend erforderlich sein, den öffentlichen Bereich für Transportwege zu nutzen.

Die Nutzung öffentlicher Bereiche stellt erhöhte Anforderungen an die FTF-Sicherheit, die Flexibilität bei der Navigation und an Maßnahmen zur Sicherstellung der Akzeptanz des technischen Systems.

5.2 Organisatorische Weiterentwicklung

Um den Aufgabenbereich von FTS deutlich erweitern zu können, werden diese noch besser in die allgemeine Krankenhausorganisation eingebettet sein müssen. Dies bedeutet vor allem eine einfache und bessere Integration in den Krankenhausbetrieb und eine nahtlosere Anbindung an existierende Softwaresysteme, etwa Informationssysteme oder Warenwirtschaftssysteme, bis hin zu Nutzerschnittstellen für individuelle Transportanfragen an den einzelnen Stationen.

Mit der Erweiterung des Nutzerkreises geht eine Entwicklung von einfacheren, intuitiveren Bedienungsmöglichkeiten des Systems am Fahrzeug, an Stationen und am Leitstand einher. Zur Erleichterung der Bedienung durch das Personal auf den Stationen werden vermehrt Anwendungen für Smartphones und Tablets (Apps) integriert werden. Nutzer, die so einen Transport anfordern, können beispielsweise anhand von WLAN-Signalen die eigene Position ermitteln und dem System als Transportziel mitteilen.

Werden FTS intensiver auch in kleinteilige organisatorische Abläufe in allen Bereichen eines Krankenhauses integriert, so steigen die Leistungsanforderungen an eine zentrale Steuerung deutlich an. Autonome und dezentrale Ansätze (siehe auch Abschnitt 5.3.6) können hier in Zukunft Lösungen liefern, mit denen die steigende Komplexität handhabbar bleibt.

5.3 Technische Weiterentwicklung

Die weitere Entwicklung der Krankenhauslogistik mit FTS wird sowohl die kleine als auch die große Logistik betreffen. Die heute verwendeten Fahrzeuge finden eher im Bereich der großen Logistik ihren Einsatz. Für die kleine Logistik werden neue Fahrzeugkonzepte entstehen. Die nachfolgenden Punkte betreffen beide Bereiche, wobei die kleine Logistik vermutlich mit kleinen und wendigen Fahrzeugen den technischen Fortschritt früher erforderlich machen wird.

5.3.1 Nutzung von Verkehrswegen gemeinsam mit Personen

Gerade im öffentlichen Bereich muss das FTF seine Verkehrswege mit Personen teilen, die nicht in die Funktionsweise und Sicherheitsaspekte des Systems eingewiesen sind. Dazu kommt in Einzelfällen mitunter dichter Personenverkehr. Neben einer unabdingbaren Verbesserung der FTF-Sicherheit (siehe Abschnitt 5.3.2) werden hierbei Verfahren zur Navigation in dynamischen Umgebungen eine große Rolle spielen. Das FTF muss die Bewegungen von Personen erfassen und verfolgen und für dynamische Umgebungen geeignete

vorausschauende Pfadplanungsverfahren vorsehen. Nur so lässt sich auch auf geschäftigen Fluren effektiv das Ziel erreichen. Reaktive Navigationsansätze, die anhand der FTF-Sensorik die FTF-Bewegungen an die Umwelt anpassen und auch in dichtem Personenverkehr sicher „mitschwimmen“ können, sind erforderlich, um ständige Sicherheitsstopps zu vermeiden.

Im öffentlichen Bereich wird auch die Akzeptanz des Systems eine sehr große Rolle spielen. Über die reinen Sicherheitsaspekte hinaus werden neue Ansätze zur Mensch-Maschine-Interaktion und geeignete FTF-Verhalten notwendig.

5.3.2 Verbesserung der FTF-Sicherheit

Gerade bei verstärktem Personenverkehr rund um das FTF werden zukünftig Sicherheitslösungen wichtig, die das volle räumliche Umfeld des Fahrzeugs erfassen, um Personen oder Hindernisse eindeutig zu detektieren. Ein positiver Nebeneffekt der dafür notwendigen Sensorik ist die Möglichkeit, diese auch für eine flexiblere und robustere Navigation einzusetzen. Damit können auch unter schwierigen Rahmenbedingungen die Leistungsfähigkeit und der Durchsatz eines Systems gesteigert und die Verfügbarkeit sichergestellt werden.

5.3.3 Intelligenter Navigation

Ein Kernpunkt der zukünftigen technischen Entwicklung von FTF ist die signifikante Verbesserung der Navigationsfähigkeit. Schon jetzt werden nur noch wenige FTS mit einer physischen Leitlinie zur Fahrzeugnavigation realisiert. Stattdessen werden Navigationsverfahren eingesetzt, die künstliche oder natürliche Landmarken zur FTF-Lokalisierung verwenden.

Bisher fahren FTF üblicherweise auf einer realen oder virtuellen Leitlinie. Hindernisse führen direkt zu einem Stopp des Fahrzeugs, Ausweichmanöver sind meist nicht vorgesehen. In zukünftigen Anwendungen, gerade im öffentlichen Bereich, werden die FTF innerhalb eines vordefinierten Fahrkorridors flexibel ausweichen können. Bessere Sensorik unterstützt diese Funktionalität.

Auch die Lastaufnahme und -abgabe werden durch die verbesserte Navigation und Umweltwahrnehmung verbessert. So können etwa ungenau positionierte Container oder Paletten sensorisch besser erfasst werden und die Lastaufnahme dennoch erfolgreich durchgeführt werden.

5.3.4 Schnellere Inbetriebnahme

Aktuelle Systeme setzen meist eine bekannte und als unveränderlich angenommene Umgebung voraus, für die während der Inbetriebnahme noch durch

aufwendige und kostenintensive manuelle Verfahren eine Karte erstellt wird, die dann vom FTF genutzt wird. Änderungen oder Erweiterungen der Gebäude, der Inneneinrichtung oder des FTS-Layouts ziehen einen entsprechend hohen Änderungsaufwand nach sich.

Bereits jetzt erscheinen die ersten Systeme, bei denen diese Kartierung nach und nach automatisiert wird. Bei der Inbetriebnahme wird ein reguläres FTF oder ein spezielles Messfahrzeug durch die relevanten Anlagenbereiche gesteuert und Sensordaten aufgezeichnet. Aus diesen Daten erstellt die Software automatisch eine Karte, die später von den FTF genutzt wird. Fahrwege können dann automatisch generiert werden und durch interaktive Tools vom Inbetriebnehmer manuell erweitert und optimiert werden. Auch ein interaktives „Teach-in“ von Fahrstrecken ist denkbar.

Um in Zukunft flexibel auf Umgebungsänderungen reagieren zu können, kann derartige Kartierungssoftware direkt im Betrieb auf den FTF zum Einsatz kommen, die so die eigenen Karten kontinuierlich aktualisieren und untereinander austauschen. Dadurch kann z. B. flexibel auf eine temporäre Wegblockade reagiert werden, indem weitere Transporte über eine Ausweichroute erfolgen, bis die Blockade behoben ist. Gerade in öffentlichen Bereichen, die deutlich weniger strikt kontrolliert werden als technische Bereiche, werden solche Methoden die Ausfallsicherheit des FTS deutlich verbessern.

5.3.5 Einfachere und intuitivere Bedienung

An den FTF selbst wird die Bedienung für das Personal durch eine Reihe von Ansätzen vereinfacht werden. Bessere Nutzerschnittstellen über berührungsempfindliche Anzeigen direkt am Fahrzeug, die Möglichkeit der Nutzung von Smartphones und Tablets sowie Systeme zur Sprachein- und -ausgabe vereinfachen die Interaktion der Bediener mit den Fahrzeugen.

Für alle anderen Personen ist eine gewisse nonverbale Kommunikation sinnvoll, z. B. ein gezieltes Einsetzen der Fahrzeugbeleuchtung oder eines bestimmten Fahrverhaltens, um die Intention des Fahrzeugs (geplant rechts abbiegen, Spurwechsel usw.) intuitiv verständlich anzuzeigen.

5.3.6 Dezentraler Betrieb

Als Alternative zu zentralen Leitsteuerungen sind zukünftig auch dezentrale Steuerungen von Fahrzeugflotten denkbar, was die Flexibilität der Anlage verbessern kann. Das setzt voraus, dass die einzelnen Fahrzeuge eigenständiger agieren und alle relevanten Daten untereinander koordinieren.

Wenn ein dezentrales System die Auftragsvergabe und Verkehrssteuerung an Stelle eines herkömmlichen zentralen Systems übernehmen kann, entfällt auch das Risiko eines Ausfalls dieser zentralen Komponente, die einen Stillstand des Gesamtsystems zur Folge hätte.

5.4 Öffentlicher Krankenhausbereich

Auch heute fordern Krankenhausbetreiber schon, dass öffentliche Krankenhausbereiche für die Transportlogistik erschlossen werden. Damit wird sich der Einsatzbereich von FTS in Zukunft auf den öffentlichen Bereich ausdehnen.

Daraus ergeben sich neue Herausforderungen an die Sicherheit von FTS.

Als **öffentlicher Krankenhausbereich** wird derjenige Teil eines Krankenhauses angesehen, der betriebsfremden Personen ohne eine Unterweisung zugänglich ist, z. B. Patienten und Besucher.

Als Verkehrswege für FTF wird hier nur der Bereich innerhalb von Gebäuden betrachtet.

Als **betriebsfremde Personen** werden diejenigen Personen angesehen, die organisatorisch nicht der Weisungspflicht des Betreibers unterliegen. Diese Personen sind insbesondere nicht über eine mögliche Gefährdung durch ein FTF unterwiesen oder rechnen gar nicht mit dem Vorhandensein solcher Fahrzeuge.

Dieser Personenkreis ist deutlich größer und variabler als der Personenkreis im nicht öffentlichen Bereich. Er umfasst zum Beispiel:

- Kleinkinder
- Kinder
- Erwachsene
- Senioren
- Personen mit eingeschränkter Bewegungsfreiheit (gehbehindert, mit Rollstuhl, Gehhilfe, Infusionsständer)
- Personen mit eingeschränkter Wahrnehmung für mögliche Gefährdungen (sehen oder hören es nicht, haben Angst vor Fahrzeugen, können Bewegung des FTF nicht einschätzen)
- Personen, die der Sprache nicht mächtig sind (können Hinweise nicht lesen oder verstehen)

Diese und weitere Personengruppen können sich unerwartet verhalten und müssen deshalb in Bezug auf die Sicherheit besonders betrachtet werden.

5.4.1 Verantwortlichkeit

FTS im öffentlichen Krankenhausbereich unterliegen, ebenso wie die FTS im innerbetrieblichen Einsatz, der Maschinenrichtlinie. Der **Hersteller** hat dies bei der Konzeption, Konstruktion und beim Bau zu berücksichtigen. Die hieraus resultierenden grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen an FTS für den nicht öffentlichen Bereich sind im VDI-Leitfaden FTS-Sicherheit beschrieben.

Grundsätzlich hat der **Betreiber** für die Beschäftigten die Anforderungen des Arbeitsschutzgesetzes zu erfüllen. Die Pflichten des Betreibers ergeben sich aus der Betriebssicherheitsverordnung. Daraus können weitere Maßnahmen oder Nachrüstpflichten für den Betreiber entstehen.

Die **Planer** haben die Aufgabe, die Pflichten der Hersteller als auch die Pflichten der Betreiber bei ihren Ausarbeitungen zu berücksichtigen.

Die Verantwortung für Konzeption, Installation und Betrieb teilen sich Hersteller und Betreiber. Der Hersteller muss die Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen der Maschinenrichtlinie gemäß dem aktuellen Stand der Technik umsetzen. Er muss darüber hinaus den Betreiber darauf hinweisen, welche Restrisiken bestehen. Der Betreiber muss sich der besonderen Verantwortungen für einen Einsatz im öffentlichen Bereich und deren Restrisiken bewusst sein. Dies gilt im Besonderen für die Einhaltung der bestimmungsgemäßen Verwendung. Organisatorische Maßnahmen sollten mit dem jeweiligen Versicherer abgestimmt werden.

Für den konkreten Anwendungsfall sind entsprechend angepasste Anforderungen und Einzellösungen durch alle Beteiligten anzustreben.

5.4.2 Gefährdungen

Im Folgenden werden beispielhaft einige mögliche **Gefährdungen** aufgezeigt, die durch den Betrieb von FTS im öffentlichen Krankenhausbereich zusätzlich auftreten können.

- direktes Anfahren/Verletzen von Personen durch Fahrzeug oder Ladung: Dies betrifft z. B. Personen, die von vorne auf das Fahrzeug zugehen oder seitlich in den Fahrweg hineingehen.
- Verletzen von Personen durch Anfahren von Gegenständen oder Hilfsmitteln durch Fahrzeug oder Ladung: Dies betrifft z. B. Personen mit Gehhilfe, Infusionsständer; Handwerker auf Leiter, Person im Krankenhausbett.

- Verletzen von Personen beim In-Bewegung-Setzen des Fahrzeugs oder während der Lastübergabe: Dies betrifft z. B. Quetschen/Verletzen von Fingern und Zehen, Einklemmen von am Fahrzeug stehenden Personen, Einziehen von Haaren oder Kleidung durch sich bewegende Teile.
- Verletzen unerlaubt mitfahrender Personen
- Gefährdung von unbefugten Personen im Aufzug
- Absturz von Fahrzeugen an Treppen und Absätzen

5.4.3 Lösungsansätze

Lösungsansätze für die oben genannten Punkte sind:

- direktes Anfahren/Verletzen von Personen durch Fahrzeug oder Ladung
Im öffentlichen Krankenhausbereich können sich Personen aus verschiedenen Richtungen (vorne/seitlich/oben) auf das Fahrzeug zu bewegen. Bei der Absicherung des Fahrzeugs in der jeweiligen Bewegungsrichtung ist dies zu berücksichtigen. Eine Berührung der Person durch das FTF ist zulässig, wenn hierdurch kein relevantes Verletzungsrisiko besteht.

Lösungsansätze: spezielles Losfahrverhalten mit reduzierter Geschwindigkeit, zusätzliche Sensorik, spezielle Signalgebung vor dem Losfahren.

- Verletzen von Personen durch Anfahren von Gegenständen oder Hilfsmitteln durch Fahrzeug oder Ladung
Personen mit Hilfsmitteln und Gegenstände (Leitern, Gerüste, Betten usw.) können sich im Bereich der Fahrwege befinden. Das Volumen des Fahrzeugs einschließlich der Ladung ist in den jeweiligen Bewegungsrichtungen abzusichern.

Lösungsansatz: Volumenschutz für Fahrzeug und Ladung.

- Maßnahmen zum Schutz von Fingern und Zehen im nahen Fahrzeugumfeld
Personen, im Besonderen Kleinkinder können ihre Finger und Zehen unter das Fahrzeug bekommen. Hier besteht Gefahr durch das sich bewegende Fahrzeug. Dies ist so abzusichern, dass Finger und Zehen nicht gefährdet werden.

Lösungsansatz: Finger und Personen detektieren, Abstände von Personen zum Fahrzeug absichern.

- sichere Lastübergabe

Bei der Lastübergabe besteht zum einen die Gefahr, dass Gliedmaßen wie Hände und Finger gequetscht werden, zum anderen, dass Haare oder Kleidungsstücke eingezogen werden. Dies ist so abzusichern, dass die Personen nicht gefährdet werden.

Lösungsansatz: Lastübergabebereich absichern, Lastübergabe im öffentlichen Bereich vermeiden.

- Erkennung von mitfahrenden Personen/unzulässiger Ladung

Das Mitfahren von Personen auf den Fahrzeugen ist unzulässig und gefährdet die Person selbst. Ungesicherte/unzulässige Ladung auf den Fahrzeugen stellt beim Fahren/Herabfallen eine Gefahr für die Personen im Umfeld dar. Dies ist so abzusichern, dass die Personen nicht gefährdet werden.

Lösungsansatz: Volumenschutz, Gewichtüberwachung, taktile Sensorik.

- Schutz von Personen mit eingeschränkter Wahrnehmung

Personen mit Sehschwäche, Personen mit Hörschäden und Personen mit verminderter Wahrnehmung reagieren nicht oder nur unzureichend auf optische und akustische Signale. Diese Personen reagieren auf diese hinweisende Sicherheitstechnik nicht. Damit ist eine Warnung dieses Personenkreises mit optischen oder akustischen Signalen nicht ausreichend möglich.

Lösungsansatz: Signalgebung optisch **und** akustisch, tieffrequente Töne.

- Gefährdung von unbefugten Personen im Aufzug

Wenn sich eine unbefugte Person im Aufzug befindet, darf das Fahrzeug nicht einfahren. Die Person hat keine Fluchtmöglichkeit und fühlt sich unter Umständen bedrängt. Das Einfahren in eine Aufzugskabine, in der sich Personen befinden, muss verhindert werden. Eine Person, die während oder nach der Einfahrt des Fahrzeugs den Aufzug betritt, gefährdet sich. Zum einen besteht die Gefahr von Verletzungen durch Aufzugsfahrt/Fahrzeugbewegung, zum anderen könnte der Zugang zu nicht öffentlichen Krankenhausbereichen erfolgen. Eine Aufzugsfahrt einer Aufzugskabine, in der sich Personen und FTF befinden, muss verhindert werden.

Lösungsansatz: Überwachung der Aufzugskabine.

- Absturz von Fahrzeugen an Treppen und Absätzen

Wenn sich Fahrzeuge Treppen oder Absätzen nähern, besteht die Gefahr, dass Fahrzeuge abstürzen können.

Lösungsansatz: Sensorik am Fahrzeug oder Boden, Gefahrenbereiche sind mit verminderter Geschwindigkeit zu befahren.

5.4.4 Technische Schutzmaßnahmen

Nachfolgende Schutzeinrichtungen sind aktuell verfügbar und werden je nach Bedarf eingesetzt, z. B.:

- 2-D-Sicherheits-Laserscanner (Abbildung 36)
- taktile Bumper
- Sicherheitsschaltleisten
- stationäre sichere Kameraüberwachung
- optische Signalgeber
- akustische Signalgeber



Quelle: Sick AG

Abb. 36: Sicherheits-Laserscanner

Es fehlen derzeit im Besonderen flächige, berührungslos wirkende, dreidimensionale Sensoren zur Hinderniserkennung mit Personenschutzfunktion. Erste 3-D-Sensoren zur Hinderniserkennung sind seit Mitte 2015 für den FTS-Einsatz am Markt verfügbar. Die Entwicklung von weiteren Schutzeinrichtungen zum Personenschutz wird in naher Zukunft erwartet, z. B.:

- 3-D-Sicherheits-Hindernissensor (Laser/Radar/Ultraschall/Kamera)
- flächige Schutzsysteme (Flächen-Bumper)
- Sensorfusion Fahrzeug/Fahrzeug oder Fahrzeug/stationär

6 Zusammenfassung

Diese Publikation beschreibt den Werdegang von den Anfängen der manuellen Krankenhauslogistik über die verschiedenen Entwicklungsstadien bis zum heutigen Stand der Technik. Zudem werden zukünftige Einsatzmöglichkeiten und deren Voraussetzungen betrachtet.

Sie hat zum Ziel, alle interessierten und beteiligten Parteien auf einen einheitlichen Stand an Informationen zu bringen und damit eine einheitliche Basis und Sprache für zukünftige Krankenhausprojekte mit FTS zu bieten.

Die Autoren repräsentieren die Branche aus Sicht der Planer, der FTF-Hersteller, der Sensor- und Komponentenhersteller und der regulierenden Behörden.

Der Fokus für zukünftige Projekte liegt klar auf den steigenden Anforderungen beim Einsatz von FTS im öffentlichen Krankenhausbereich. Diese neuen Anforderungen müssen von Planer, FTS-Hersteller und Betreiber gemeinsam ausgearbeitet und umgesetzt werden. Gemeinsam muss ein Konsens unter Planer, Hersteller und Betreiber geschlossen werden, um neue Systeme mit neuen Funktionen umsetzen zu können.

(Leerseite)

Anhang Übersicht relevanter Gesetze, Normen und Richtlinien

Nachfolgende Übersicht relevanter Gesetze, Vorschriften, Normen und Richtlinien dient der Orientierung. Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Relevante Gesetze und Vorschriften

2006/42/EG	<p>Neue Maschinenrichtlinie</p> <p>Ab 29.12.2009 führt kein Weg an der Neuen Maschinenrichtlinie 2006/42/EG vorbei. Die Anwendung der Neuen Maschinenrichtlinie ist dann Gesetz. Sie löst zu diesem Zeitpunkt die Maschinenrichtlinie 98/37/EG ab. Auch die neue Maschinenrichtlinie wird im Rahmen des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes in deutsches Recht umgesetzt.</p>
2004/108/EG	<p>EMV-Richtlinie/EMV-Gesetz</p> <p>Elektromagnetische Verträglichkeit (von Elektro- und Elektronikprodukten)</p> <p>Hinweis: Aufhebung von 2004/108/EG mit Wirkung vom 20. April 2016. Neue EMV-Richtlinie: 2014/30/EU</p>
ArbSchG	<p>Arbeitsschutzgesetz</p> <p>Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit</p>
BetrSichV	<p>Betriebsicherheitsverordnung</p> <p>Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes</p>
DGUV Vorschrift 68	<p>Unfallverhütungsvorschrift „Flurförderzeuge“ (bisher BGV D 27)</p>
ProdSG	<p>Gesetz über die Neuordnung des Geräte- und Produktsicherheitsrechts (Artikel 1 Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG))</p>
9. ProdSV	<p>Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung – 9. ProdSV)</p>

Relevante Normen

DIN EN 1525:1997-12 Sicherheit von Flurförderzeugen; Fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme

E DIN EN ISO 3691-4:2006-04 Flurförderzeuge; Sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung — Teil 4: Fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme

DIN EN 1175-1:2011-06 Sicherheit von Flurförderzeugen, Elektrische Anforderungen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen für Flurförderzeuge mit batterieelektrischem Antrieb

DIN EN 1175-2:2011-06 Sicherheit von Flurförderzeugen, Elektrische Anforderungen — Teil 2: Allgemeine Anforderungen für Flurförderzeuge mit Verbrennungsmotoren

DIN EN 1175-3:2011-06 Sicherheit von Flurförderzeugen, Elektrische Anforderungen — Teil 3: Besondere Anforderungen für elektrische Kraftübertragungssysteme von Flurförderzeugen mit Verbrennungsmotoren

DIN EN ISO 12100:2011-03 Sicherheit von Maschinen; Allgemeine Gestaltungsleitsätze Risikobeurteilung und Risikominderung

DIN EN ISO 13849-1:2008-12 Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze

DIN EN ISO 13849-2:2013-02 Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 2: Validierung

DIN EN 1755:2013-08 Flurförderzeuge; Sicherheitsanforderungen und Verifizierung; Zusätzliche Anforderungen für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen

DIN EN ISO 4413:2011-04 Fluidtechnik; Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile

DIN EN ISO 4414:2011-04 Fluidtechnik; Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile

Relevante VDI-Richtlinien

VDI 2510:2005-10 Fahrerlose Transportsysteme (FTS)

- Ausführungsrichtlinie Technik
- alle Blätter

VDI 2710:2010-04 Ganzheitliche Planung von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS)

- Grundlagen
- Planungsrichtlinie
- alle Blätter

VDI 4451 Blatt 2:2000-10 Kompatibilität von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS); Energieversorgung und Ladetechnik

VDI 4451 Blatt 3:1998-03 Kompatibilität von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS); Fahr- und Lenkantrieb

VDI 4451 Blatt 6:2003-01 Kompatibilität von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS); Sensorik für Navigation und Steuerung

Literatur

- [1] Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, Kap. 4.5.3, Robert-Koch-Institut, Urban & Fischer
- [2] Statistisches Bundesamt
- [3] Klinikum Bamberg: unser neues Krankenhaus; FT-Sonderbeilage vom 6. März 1984 (Fränkischer Tag) mit dortigem Verweis auf die Festschrift zur Einweihung der Chirurgie im alten Krankenhaus
- [4] Broschüre: Transportroboter ATR-System, Babcock ATR 4/76 und 6/76, von Babcock Transport- und Lagersysteme GmbH, Schwieberdingen
- [5] Broschüre: Transportroboter ATR-System, von Babcock Transport- und Lagersysteme GmbH, Schwieberdingen
- [6] Dr.-Ing. Ullrich: Fahrerlose Transportsysteme, Springer Vieweg Verlag, 2. Auflage
- [7] Wikipedia: Fahrerlose Transportsysteme/Fahrerlose Transportfahrzeuge

Arbeitsstättenregel A1.8 Technische Regel für Arbeitsstätten – Verkehrswege

DIN EN ISO 13850 Sicherheit von Maschinen; Not-Halt; Gestaltungsleitsätze

DIN EN ISO 13856-2 Sicherheit von Maschinen; Druckempfindliche Schutzeinrichtungen – Teil 2: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltleisten und Schaltstangen

DIN EN ISO 13856-3 Sicherheit von Maschinen; Druckempfindliche Schutzeinrichtungen – Teil 3: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltpuffern, Schaltflächen, Schaltleinen und ähnlichen Einrichtungen

Verweise auf weiterführende Literatur

Nachfolgende Übersicht verweist auf weitere interessante Literatur zum Thema FTS.

- <http://www.vdi.de/FTS>
Aktuelle VDI-Richtlinien und FTS-Leitfaden als PDF-Dokument

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) – Einsatz in der Krankenhauslogistik

Dieses Buch beschreibt den Werdegang von den Anfängen der manuellen Krankenhauslogistik über die verschiedenen Entwicklungsstadien bis zum heutigen Stand der Technik mit Automatischen Warentransportanlagen (AWT) bzw. Fahrerlosen Transportsystemen (FTS). Zudem werden zukünftige Einsatzmöglichkeiten und deren Voraussetzungen betrachtet.

Für alle Interessierten und Beteiligten sind in diesem Buch neutrale Informationen über den aktuellen Stand der Krankenhauslogistik mit AWT/FTS beschrieben. Zum einen soll das vorliegende Buch informieren, zum anderen eine einheitliche Betrachtung ermöglichen und Missverständnisse vermeiden. Darüber hinaus wird ein Ausblick auf mögliche Technologien, Anwendungen und Einsatzbereiche in der Zukunft gegeben.

ISBN 978-3-410-26391-3



www.beuth.de