

1 Einleitung

1.1 Motivation

Um wirtschaftlich zu produzieren, werden in der Materialwirtschaft großer Automobilhersteller Fahrerlose Transportsysteme (FTS) eingesetzt. Immer kürzer werdende Produktlebenszyklen der Fahrzeuge bei immer höheren Individualisierungsmöglichkeiten erfordern eine hoch dynamische Anpassung der Fertigungsbereiche und somit flexibel einsetzbare Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF). Die geforderte Flexibilität schließt ein, dass die FTF nicht mehr für einen speziellen Anwendungsfall konzipiert werden, sondern innerhalb kurzer Zeit für neue Aufgabenfelder angepasst werden können. Gerade im Zeitalter von Industrie 4.0, mit dem Ziel einer intelligenten Fabrik (smart factory), ist die Wandlungsfähigkeit von Transporttechnologien ein entscheidendes Kriterium für deren Erfolg [II18].

Zurzeit erscheinen immer neuere FTS mit freier Navigation auf dem Markt. Diese Art der Navigation ermöglicht es, FTF ohne zusätzliche Hilfsmittel in der Umgebung zu navigieren und garantiert somit eine hohe Flexibilität hinsichtlich deren Anwendungsspektrum.

Aktuell sind die FTF selbst mit Sensorik und Rechenleistung ausgestattet um eine freie Navigation zu ermöglichen. Da Produktionsumgebungen in Zukunft intelligent sein werden, stellt sich die Frage, ob die freie Navigation der FTF zukünftig durch die Sensorik der Umgebung ermöglicht werden kann.

Intelligente Umgebungen („intelligent spaces“) sind Bereiche, welche mit Sensorik ausgestattet sind, die es diesen Umgebungen ermöglicht wahrzunehmen und zu verstehen, was in ihnen passiert [LAH97] [LH02]. Es gibt eine Vielzahl an verschiedenen Herangehensweisen im Themengebiet der „mobilen Robotik“, um diese in intelligenten Umgebungen einzusetzen. Die Roboter navigieren nicht mit Sensoren, welche an ihnen montiert sind, sondern werden extern durch ein in die intelligente Umgebung integriertes Sensornetzwerk gesteuert. Auf diese Weise können die mobilen Roboter ohne Karte, Kompass oder GPS Modul navigieren [Lee+12]. Sensoren und Rechenleistung auf den Robotern selbst können reduziert oder komplett darauf verzichtet werden. Dies reduziert die zusätzlichen Kosten für die interne Ausrüstung zur Erkennung der Umgebung und vereinfacht auch die Entwicklung der Roboter [SC15].

Gerade bei großen FTF-Flotten, die auf engem Raum eingesetzt werden, kann diese Methode eine kostengünstige alternative freie Navigation von FTF ermöglichen.

1.2 Beschreibung der Problemstellung

Die Themen „Industrie 4.0“ und „smart factory“ sind noch relativ neu im Vergleich zu den Ansätzen der „intelligent spaces“ aus dem Themengebiet der mobilen Robotik. Es gibt noch keine Erfahrung, welche Sensorik, Erkennungskonzepte und Steuerungsmethoden zur externen Lokalisierung und Steuerung von mobilen Robotern über industrielle intelligente Umgebungen verwendet werden können. Die Erkennungsmethoden, welche im Bereich „intelligent spaces“ verwendet werden, sind meist noch nicht oder nur prototypisch im industriellen Umfeld erprobt, bzw. überprüft, ob diese dort einsetzbar sind. Aktuell fehlt ein System, um im industriellen Umfeld Roboter zuverlässig von außen zu erkennen und zu steuern.

Es ist unklar, ob Ansätze aus dem Bereich „intelligent spaces“ auf industrielle Umgebungen übertragen werden können. Außerdem wird ein Gesamtkonzept benötigt, das beschreibt, wie ein solches System funktionieren kann. Es müssen Parameter wie die Reichweite und die Genauigkeit eines solchen Systems geklärt werden, ebenfalls wie viele FTF gesteuert werden können und welche Fläche abgedeckt werden kann. Außerdem ist unklar, inwieweit ein solches System industriellen Anforderungen gerecht wird.

Die konkrete Forschungsfrage lautet: „Durch welches industrietaugliche System können mobile Roboter (FTF) durch eine intelligente Umgebung (smart factory) zuverlässig lokalisiert und gesteuert werden?“

Ein weiteres Problem dabei ist, dass zur Lokalisierung ausschließlich optische Systeme und keine Funksysteme verwendet werden können. Diese erfordern einen direkten Sichtkontakt zwischen Sensorik und FTF und sind somit komplexer bei deren Einsatz. Nur durch die Verwendung optischer Systeme ist es möglich, die komplette Umgebung mit allen Personen und Objekten, die sich darin befinden, zu überwachen. Bei Funktechniken wäre dies nicht möglich, da hier alle Objekte und Personen mit einem Funksender ausgestattet werden müssten und sichergestellt werden müsste, dass diese den Sender zu jeder Zeit mit sich führen und er unterbrechungsfrei funktioniert. Somit kann bei Funktechnologien nicht zuverlässig überwacht werden, ob Personen oder Objekte im Fahrbereich der FTF sind. Außerdem ist nur so eine Störung der industriellen Anlagen durch die Funktechnik auszuschließen.

1.3 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines neuen Erkennungs- und Steuerungskonzeptes zur Nutzung der freien Navigation für Low-Cost-FTF im industriellen Umfeld durch eine

externe Sensorik. Die FTF sollen dabei sowohl in engen Bereichen (Supermarkt) als auch in weitläufigen Bereichen (Routenzug) präzise, zuverlässig und vor allem sicher durch die Produktionsumgebung navigiert werden können.

Durch die Differenzierung zwischen einer intelligenten Umgebung und kostengünstigen FTF für ein einzelnes FTS, sollen neue Maßstäbe hinsichtlich Skalierbarkeit und Flexibilität erreicht werden können. Neuen Anwendungsfällen und sich ändernden Bedingungen soll durch das einfache Hinzufügen oder Entfernen von FTF begegnet werden können. Um die Flexibilität des Systems zusätzlich zu erhöhen, soll auch ein Konzept aufgezeigt werden, bei dem die stationäre Sensorik mobilisiert werden kann.

Die FTF sollen dabei so einfach wie möglich aufgebaut sein. Da die Sensorik und Intelligenz ausgelagert ist, werden am FTF keine Sensoren und kein Steuer-PC benötigt. Ein FTF kann so als steuerbarer Aktor im Raum angesehen werden. Dieser Ansatz soll die Kosten für FTF reduzieren und gleichzeitig die Vorteile der freien Navigation zur Verfügung stellen [Kre15, S. 9]. Um den Aufbau der FTF weiter zu vereinfachen, sollen nur passive Markierungen auf den FTF benötigt werden.

Neben Sicherheit, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit ist auch die Verfügbarkeit der FTF ein entscheidender Bestandteil des Systems. Die Verfügbarkeit des Systems soll durch geringe bis keine Ausfallzeiten gekennzeichnet sein. Neben einem Konzept für regelmäßige Wartungen und Instandhaltungen soll auch eine hohe Genauigkeit aufgezeigt werden.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Vorgehensweise der Promotion und der Aufbau der Arbeit sind angelehnt an die VDI-Richtlinie 2206 „Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme“ [VDI04]. Abbildung 1.1 zeigt die einzelnen Kapitel und deren Aufbau in einer zusammenhängenden Darstellung.

Zunächst wird in Kapitel 2 der aktuelle Stand der Technik und Forschung analysiert und anhand definierter Anforderungen bewertet. Es wird geprüft, ob und welche Ansätze übertragen werden können.

Anschließend wird in Kapitel 3 ein Gesamtkonzept erarbeitet, wie FTF durch eine externe Sensorik lokalisiert und gesteuert werden können. Zudem wird in diesem Kapitel beschrieben, wie das System sicher eingesetzt und die Reichweite erhöht werden kann. Auch eine Technik zur Erhöhung der Stabilität des Systems und ein Wartungs- und Instandhaltungskonzept werden aufgezeigt.

In Kapitel 4 wird das Layout der FTF für eine Erkennung durch die externe Sensorik optimiert. Die Betrachtung erfolgt dabei sowohl mit einem als auch mit mehreren externen

Sensoren. Zuletzt erfolgt eine dynamische Betrachtung des Systems.

Kapitel 5 beschreibt den Aufbau des realen Prototypensystems mit allen Hard- und Software-Komponenten. Der Kernteil des Kapitels ist der Erkennungs- und Steuerzyklus, durch den die FTF lokalisiert und Fahrbefehle umgesetzt werden können.

Abschließend wird in Kapitel 6 das System evaluiert. Dabei werden die Systemgrenzen ermittelt und die verwendete Simulation validiert. Zusätzlich werden die Genauigkeit, die Sicherheit und die Wirtschaftlichkeit des Systems betrachtet.

Das letzte Kapitel fasst die Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick.

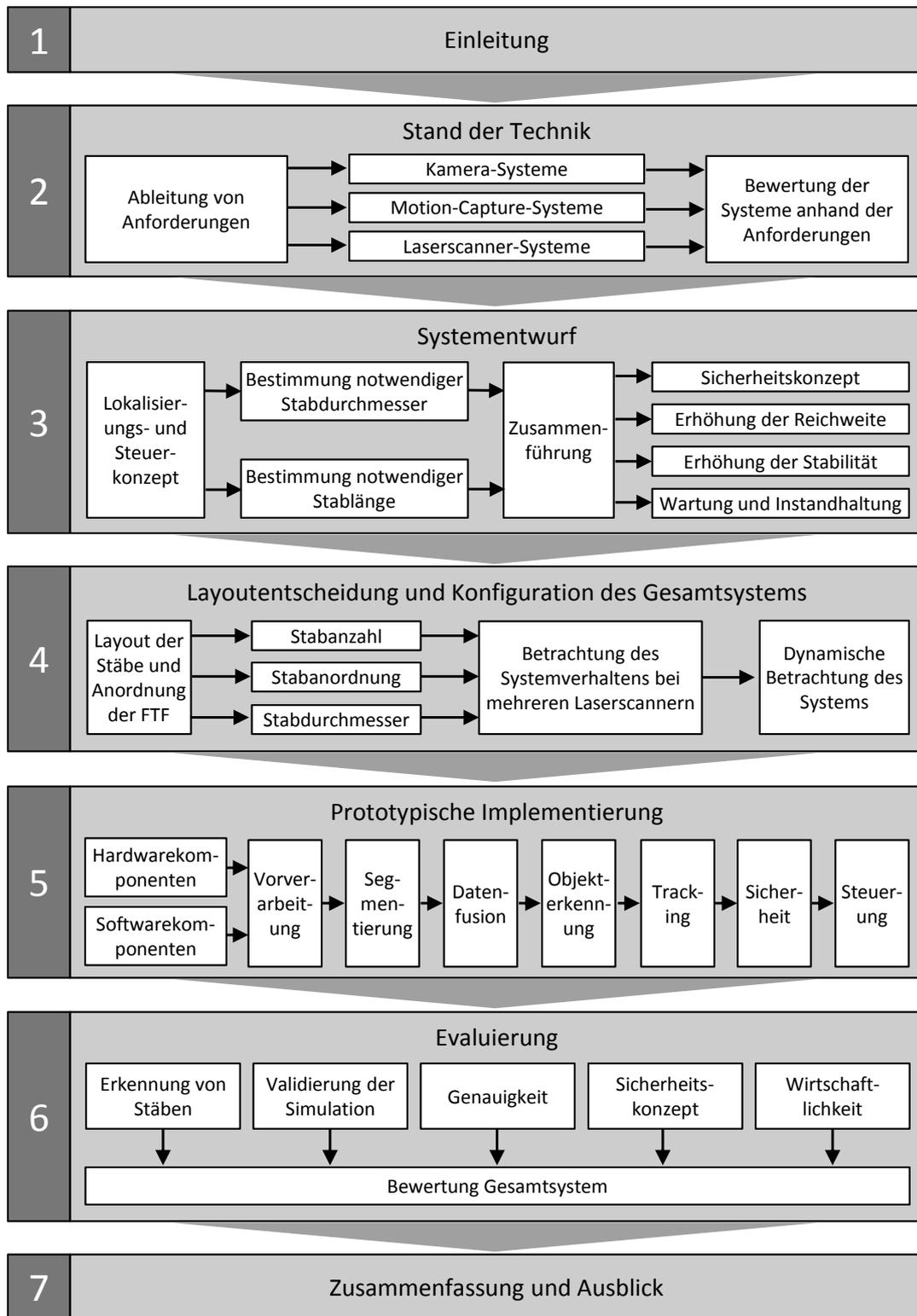


Abbildung 1.1: Aufbau der Dissertation