

1 Einleitung

Die Logistik ist ein entscheidender Wettbewerbs- und Wirtschaftsfaktor. Die Ursache liegt in den dynamischen Veränderungen der Märkte und Kundenerwartungen, die seit Jahrzehnten vorherrschen und durch die Globalisierung noch weiter verstärkt werden. Diese Veränderungen haben nicht nur zu einer geringer werdenden Fertigungstiefe bei steigender Produkt- und Variantenvielfalt sowie verkürzten Produktlebenszyklen geführt, sondern auch gleichzeitig die Serviceerwartungen der Kunden erheblich gesteigert (vgl. u. a. /KESS08, S. 1; PIPH79, S. 1; WIEN70, S. 1/). Dies gilt nicht nur im industriellen Umfeld für B2B-Geschäfte (Business to Business), sondern auch im Bereich des elektronischen Handels mit dem Endverbraucher (B2C – Business to Customer). Die Logistik ist beim Einsatz von e-Commerce noch stärker als bisher zum entscheidenden Kriterium zur Differenzierung vom Wettbewerber und für den Erfolg einer Unternehmung geworden /SEEM05, S. 43/. Hieraus resultieren extrem hohe Anforderungen an die Logistik, ihre Leistungsfähigkeit und Flexibilität. Da Zeit- und Bestandspuffer in vielen Branchen bis auf Null reduziert werden, erfordern die damit verbundenen komplexen Belieferungsstrategien nach dem Just-in-Time- und Just-in-Sequence-Prinzip einhundertprozentig funktionierende Supply Chains /MIEB06, S. 20/. Doch auch für Supply Chains gilt: „Eine Kette ist nur so stark, wie ihr schwächstes Glied“. Als logische Folge steigen neben den Leistungsanforderungen die Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der einzelnen Glieder. Dies betrifft die Produktionseinrichtungen und in zunehmendem Maße die dazugehörigen Logistiksysteme, die sogenannten Intralogistiksysteme, die den innerbetrieblichen Material- und Informationsfluss sicherstellen. Es ist unbestritten, dass die Intralogistik das entscheidende Element einer erfolgreichen Lieferkette ist /ARNO06, S. 3/ und gleichzeitig das Nadelöhr darstellt /KUHN08, S. 269/. Anders formuliert heißt dies, dass von der Leistungsfähigkeit der innerbetrieblichen Logistik die gesamte restliche Lieferkette und die belieferten Wirtschaftszweige abhängen. Alleine in Deutschland waren im Jahr 2000 ca. 10.000 Systeme bei steigender Tendenz in Betrieb, das deren enorme Bedeutung für die Gesamtwirtschaft widerspiegelt (vgl. /DULL00, S. 67/). Ungeplante Ausfälle und Stillstände der Intralogistiksysteme sind zu vermeiden. Andernfalls kann der notwendige fehler- und unterbrechungsfreie Materialfluss nicht sichergestellt werden, der eine unabdingbare Voraussetzung für den Unternehmenserfolg ist. Intralogistiksysteme müssen daher zuverlässig funktionieren /MIEB06, S. 28; ARNO98, S. 235/.

Hierzu arbeitet die Intralogistik ständig an innovativen, noch effektiveren Lösungen für ihre Kunden. Als Herausforderung erweist sich, dass die erforderlichen intralogistischen Dienstleistungen nicht auf Vorrat produziert werden können (vgl. /WEIS07, S. 10/). Für die Realisierung dieser Dienstleistungen sind eine hohe Verfügbarkeit der Intralogistiksysteme und eine bestmögliche Logistikqualität zu gewährleisten. Denn durch ungeplante Ausfälle entstehen meist hohe Folgekosten, die den Faktor vier bis fünf der Instandhaltungskosten

ausmachen (vgl. u. a. /KUHN06/). Vor diesem Hintergrund wächst die Bedeutung der Instandhaltung von Intralogistiksystemen (vgl. /KUHN07, S. 175; WELS06, S. 175/). Mit Hilfe geeigneter Instandhaltungsmaßnahmen kann eine bedarfsgerechte Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit der Systeme realisiert werden.

1.1 Problemstellung

In der Praxis wird die Instandhaltung von Intralogistiksystemen trotz der großen Bedeutung der Verfügbarkeit und der Zuverlässigkeit dieser Systeme erst seit kurzer Zeit beachtet. Während Produktionsanlagen hohe Priorität bei der Instandhaltung haben und modernste Konzepte und Hilfsmittel, wie z. B. Condition Monitoring Systeme, eingesetzt werden, erfolgt die Instandhaltung logistischer Anlagen meist ausfall- und zeitbasiert.

In der Wissenschaft wird die Logistik im Gegensatz zur Praxis in vielen Fällen noch nicht anerkannt /THOM11a, S. 3/. Bis heute liegt der Schwerpunkt der Forschung zur Zuverlässigkeitssteigerung und Verfügbarkeitsicherung auf Produktionsanlagen und -systemen, Werkzeugmaschinen und Energieversorgungsanlagen (vgl. u. a. /RYLL10/). Die Bedeutung intralogistischer Systeme als Bestandteil von Produktionssystemen wurde und wird nicht bzw. unzureichend betrachtet. Die Logistik wird von den meisten produzierenden Unternehmen nicht als ihr Kerngeschäft angesehen und häufig an Dienstleistungsunternehmen ausgelagert (Outsourcing). Im Rahmen von modernen Produktionskonzepten hat das Supply Chain Management herausragende Bedeutung /KUHN02/. Ziel ist die optimale Abstimmung der Versorgungsprozesse der einzelnen Partner eines Produktionsnetzwerkes, wodurch die Anforderungen an die Logistik und logistische Systeme und deren Verfügbarkeit weiter steigen (vgl. /STRA01, SCHO03/).

Die Forschungsprojekte mit Bezug auf die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Produktionsanlagen und -systemen setzen dabei in den frühen Phasen der Produktentwicklung an, um z. B. Systeme zu entwickeln, die demontagegerecht sind oder die geforderte Verfügbarkeit durch zuverlässige Anlagenkomponenten und vereinfachte Instandhaltung ermöglichen.

Die Ergebnisse dieser Forschungen sind meist nicht auf intralogistische Systeme zu übertragen, da intralogistische Systeme i. d. R. Individuallösungen sind, die auf die speziellen Anforderungen des jeweiligen Nutzers zugeschnitten werden (vgl. /SCHO03/). Die gegenseitige Beeinflussung durch eine neuartige Kombination von Standardkomponenten und ihre Auswirkungen auf den Abnutzungsverlauf sind ebenfalls unbekannt. Selbst wenn die gleichen Komponenten wie z. B. Rollenbahnen zum Einsatz kommen, ist die heterogene Nutzung von entscheidender Bedeutung, die zu einem völlig unterschiedlichen Abnutzungsverhalten führt.

Die Lösung sind an die individuelle Nutzung von Komponenten angepasste Instandhaltungsmaßnahmen. Der Grundgedanke basiert auf den Zusammenhang zwischen

Nutzung und Abnutzung. Die Kenntnis dieses Zusammenhangs ermöglicht die Umsetzung einer nutzungsabhängigen Instandhaltung, die dynamisch auf die aktuelle Nutzung abgestimmt ist. Eine Kopplung von Instandhaltungsmaßnahmen an die Anlagennutzung bietet für einen Betreiber ein enormes Kostensenkungspotenzial, ohne die Sicherheit des Anlagenbetriebs zu gefährden, und wird in der Praxis als Verbesserungspotenzial gesehen (vgl. /RYLL10, S. 151; REFF06, S. 18f/).

1.2 Zielsetzung

Das Oberziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Instrumentariums zur Überwachung von Anlagenkomponenten oder ganzen Systemen, das eine Prognose der Restnutzungsdauer unter dynamischen Nutzungsbedingungen und die Realisierung einer nutzungsabhängigen Instandhaltung ermöglicht. Mit geeigneten Diagnose- und Prognoseverfahren für eine nutzungsabhängige Instandhaltung wird es möglich, Ressourcen bedarfsgerecht zu planen und unplanmäßige Stillstände weitestgehend zu vermeiden.

Ausgangspunkt zur Optimierung der Zielgrößen Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Lebenszykluskosten ist der Abnutzungsvorrat intralogistischer Systeme. Jedes Intralogistiksystem besitzt auf Grund seiner konstruktiven Beschaffenheit einen definierten (mathematisch beschreibbaren) Abnutzungsvorrat. Der Abnutzungsvorrat /DIN11, S. 8/ beschreibt den technischen Zustand eines Systems und ist an ein spezifisches Nutzungsprofil (u. a. Belastung, Beanspruchung) gebunden. Dieses umfasst interne (z. B. Qualität, Betriebsumgebung etc.) und externe (z. B. Verschmutzung, Lärm etc.) Bedingungen. Der Abnutzungsvorrat verändert sich im Zeitverlauf (vgl. Abbildung 1-1) und kann i. d. R. durch Instandhaltungsmaßnahmen wieder aufgefüllt werden. Ändert sich das Nutzungsprofil, verändert sich auch der Abnutzungsverlauf und der Nutzungsvorrat eines Intralogistiksystems. Ändert sich die Nutzungsintensität, verändert sich auch der Bedarf an Instandhaltungsmaßnahmen und ggf. die zum Einsatz kommende Instandhaltungsmethode. Die Auswirkungen einer veränderten Nutzung können voraus bestimmt und Maßnahmen rechtzeitig und wirtschaftlich eingeleitet werden. Die an die Nutzung angepassten Maßnahmen umfassen eine verbesserte Prognose des Ersatzteilbedarfs und daraus abgeleitete Ersatzteillogistikstrategien.

Die in der Betriebsphase anfallenden Daten und Informationen sind zu erfassen und zu analysieren. Es handelt sich nicht um eine stochastische Abschätzung und Prognose, sondern um eine auf Realdaten basierende, wesentlich genauere Vorhersage des sich zeitlich dynamisch verändernden Nutzungsprofils eines intralogistischen Systems und der Ableitung der daraus resultierenden Auswirkungen auf den Abnutzungsverlauf der einzelnen Komponenten. Auf Basis dieser Informationen werden die Instandhaltung und Ersatzteillogistik wesentlich genauer auf den Bedarf abgestimmt und die Lebenszykluskosten eines intralogistischen Systems reduziert.

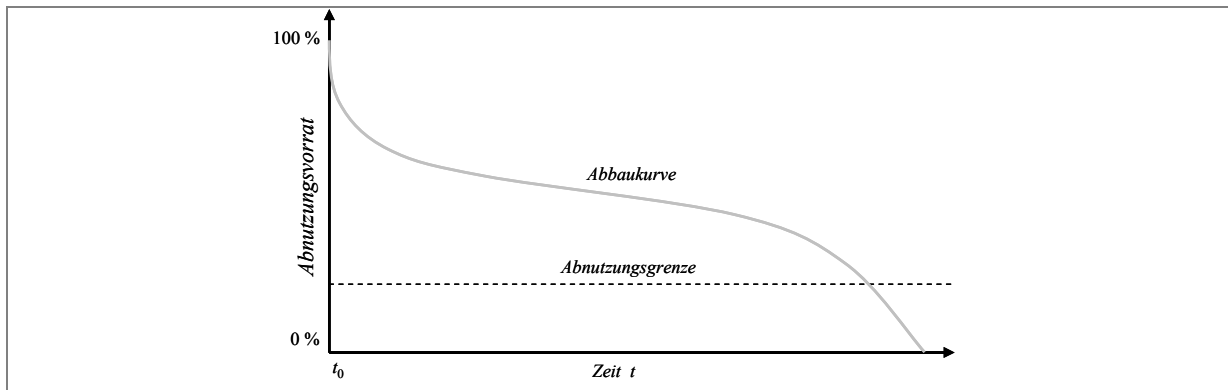


Abbildung 1-1: Schematischer Verlauf des Abnutzungsvorrats /DIN11 S. 8/

In der vorliegenden Arbeit wird ein ganzheitliches Instandhaltungskonzept für automatisierte Intralogistiksysteme beschrieben. Das Konzept wird zum einen den Anforderungen der Betreiber nach hoher Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Intralogistiksysteme gerecht und zum anderen auf die speziellen Belange der Hersteller dieser Systeme als Antwort auf die Kundenforderungen abgestimmt.

Für die Entwicklung dieses Instandhaltungskonzeptes sind folgende Forschungsfragen zu klären:

- Welche Parameter gehen in eine individuelle Nutzung ein, aus der eine Abnutzung resultiert?
Es sind die Daten und Informationen zu identifizieren, die zur spezifischen Beschreibung eines Nutzungsprofils intralogistischer Komponenten und Systeme benötigt werden.
- Wo befinden sich die nötigen Informationen etc.?
Zur Beantwortung dieser Frage ist zu prüfen, ob diese Daten und Informationen schon existieren und wie sie zu erfassen sind. Des Weiteren ist zu klären, wie diese Daten zusammengeführt und ausgewertet werden können.
- Wie ist die Korrelation von Nutzung und Abnutzung?
Mit den Daten und Informationen ist ein Zusammenhang zu identifizieren, sodass der Verlauf des Abnutzungsvorrats ermittelt werden kann.
- Welche Maßnahmen sind einzuleiten, um eine geforderte Verfügbarkeit zu gewährleisten?
Dazu ist in einem ersten Schritt die tatsächlich geforderte Verfügbarkeit zu ermitteln. Auf Grundlage dieser Vorgabe sind die jeweiligen Instandhaltungsmaßnahmen zu bestimmen und die entsprechenden Zeitfenster zur Durchführung zu errechnen.
- Wie erfolgt eine Implementierung dieses Instandhaltungskonzeptes?
Es ist ein Leitfadens zu generieren, der auf jedes Intralogistiksystem anwendbar ist. Die Anwendung dieses Leitfadens soll möglichst aufwandsarm sein.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zur Lösung der Problemstellung und Beantwortung der im Rahmen der Zielsetzung genannten Forschungsfragen wird in dieser Arbeit wie folgt vorgegangen (Abbildung 1-2):

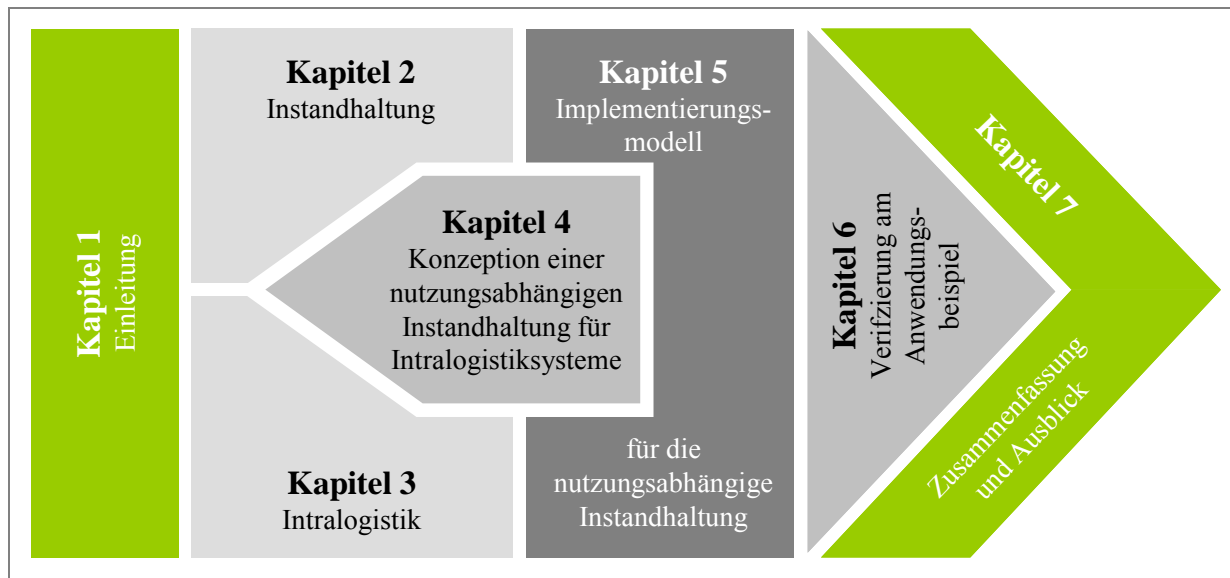


Abbildung 1-2: Aufbau der Arbeit

Nach der einleitenden Vorstellung der Problemstellung und der Zielsetzung in **Kapitel 1**, wird in Kapitel 2 und Kapitel 3 der theoretische Rahmen der Arbeit eingegrenzt.

In **Kapitel 2** wird das Themenfeld der Instandhaltung aus dem industriellen Umfeld erörtert und es werden die notwendigen Grundlagen geschaffen, bevor die für die Zielerreichung dieser Arbeit relevanten Strategien und Konzepte vorgestellt werden. Ziel dieses Abschnittes ist die Definition der Terminologien und ein Vergleich alternativer Methoden der Instandhaltung.

Im **Kapitel 3** wird der Anwendungsbereich der Arbeit - die intralogistischen Systeme - vorgestellt. Nach einer Klärung der grundlegenden Begrifflichkeiten und Abgrenzungen werden die Anforderungen sowie die Umsetzung der Anforderungen über den Lebenszyklus herausgestellt. Des Weiteren sind die einzelnen Elemente intralogistischer Systeme als Instandhaltungsobjekte beschrieben. Diese Ausarbeitungen erlauben eine Eingrenzung des Anwendungsbereiches von Instandhaltungskonzepten in der Intralogistik und eine Fokussierung des weiteren Vorgehens.

In **Kapitel 4** erfolgt eine Beschreibung des Leitmotivs der nutzungsabhängigen Instandhaltung sowie der Grundlagen für dieses Konzept. Dazu werden die Beanspruchungscharakteristik von Einheiten intralogistischer Systeme sowie deren Beanspruchung identifiziert.

Kapitel 5 beinhaltet die Implementierung und Anwendung einer nutzungsabhängigen Instandhaltung in Intralogistiksystemen. Für die Implementierung wird ein siebenstufiges Implementierungsmodell entwickelt. Die Anwendung des Konzeptes während einer Betriebsphase von Intralogistiksystemen beschrieben.

Im **Kapitel 6** wird das Konzept der nutzungsabhängigen Instandhaltung intralogistischer Systeme evaluiert. Dazu wird das Logistics Condition Monitoring-Technologies Laboratory als Demonstrator vorgestellt. Anschließend wird das im vorherigen Kapitel beschriebene Implementierungsmodell angewendet und mit Hilfe von Nutzungsprofilen und -szenarien verifiziert. Für die Anwendung der nutzungsabhängigen Instandhaltung wurde ein IT-basiertes Werkzeug entwickelt, das die einzelnen Schritte unterstützt.

In der Zusammenfassung sind die wichtigsten Aspekte der Arbeit noch einmal herausgestellt und kritisch gewürdigt sowie der weitere Forschungsbedarf und die damit verbundenen Zukunftsperspektiven aufgezeigt (**Kapitel 7**).