

Verbundforschungsauftrag des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg,
finanziert mit Mitteln der Landesstiftung Baden-Württemberg

Abschlussbericht

Greifmodule für die Intralogistik

Ansprechpersonen:

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)
Dr.-Ing Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dennis Fritsch
Dipl.-Ing. Hendrik Mütherich
Tel.: 0711 970 1136 Fax: 0711 970 1008
Email: hendrik.muetherich@ipa.fraunhofer.de

Förderkennzeichen: 2-4332.62-IPA/27 bzw. E04

Bei diesem Projekt handelt es sich um einen Forschungsauftrag des Landes Baden-Württemberg, der aus Mitteln der Landesstiftung Baden-Württemberg gGmbH finanziert wird.

Betreut durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA-BWP) beim Forschungszentrum Karlsruhe
Projektbegleitung: Roland Heintz, Tel.: 07247 / 82-5136, Fax: 07247 / 82-3929
email: roland.heintz@ptka.fzk.de

1.	Einleitung und Zielsetzung	2
1.1	Technische Ziele	2
1.2	Wissenschaftliche Ziele	2
1.3	Zielsetzung im Hinblick auf die Programmziele	3
2.	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse aus den Arbeiten	4
2.1	Aufbau eines Versuchsmoduls zur Durchführung vorläufiger Tests	4
2.2	Demonstrator für die Handhabung von einzelnen Objekten	5
2.3	Demonstrator für die Handhabung von Palettenlagen	8
2.4	Spezifikation des Greiferbaukastens	10
2.5	Durchführung von Versuchen zum Aufwälzprozess	10
3.	Zuarbeiten der Verbundpartner	15
3.1	Verbundpartner Schunk	15
3.2	Verbundpartner Schmalz	15
3.3	Verbundpartner Bär	16
3.4	Alle Verbundpartner	17
4.	Arbeitsplan und Meilensteine des Projekts	18
5.	Veröffentlichungen	19
6.	F&E Ergebnisse von außerhalb	19
7.	Zwischenfazit und Ausblick	20

1. Einleitung und Zielsetzung

Typische Aufgaben von Greifsystemen in der Intralogistik sind beispielsweise das Kommissionieren, das Depalettieren oder das Umpalettieren. Dabei werden hohe Anforderungen an die Flexibilität der Greifsysteme gestellt. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um folgende Formen der Flexibilität:

- Flexibilität hinsichtlich der Verpackung des Handhabungsobjekts
- Flexibilität hinsichtlich Größe und Gewicht des Handhabungsobjekts
- Flexibilität hinsichtlich der innerbetrieblichen Prozesse
- Flexibilität im Aufbau des Greifers bzw. Modularität

Insbesondere das Greifprinzip des Aufwälzens bietet eine hohe Flexibilität. Aufgrund der Nachteile bisheriger Realisierungen hat sich dieses jedoch in der Praxis nicht durchgesetzt. Als Nachteile sind im Wesentlichen zwei Punkte zu nennen:

- Zum Aufwälzen muss der Greifer zunächst gegen das Objekt fahren, um dieses anschließend aufwälzen zu können. Aufgrund unterschiedlicher Gewichte und Reibereigenschaften der Verpackungen wird mit hohen Kräften gearbeitet, damit auch schwere Objekte greifbar sind. Dadurch können jedoch Objekte mit empfindlichen Verpackungen beschädigt werden.
- Aufgrund des Aufbaus bisheriger Greifsysteme sind diese entweder lediglich für den Lagengriff geeignet oder können nur mit Sonderkinematiken betrieben werden. Dies sind jedoch große Einschränkungen bzgl. der o.g. Anforderungen an die Flexibilität des Greifsystems.

Der Lösungsansatz basiert daher auf einem Aufwälzmodul, das mit weiteren Modulen (beispielsweise Klemm- und/oder Saugmodulen) kombiniert werden kann und mit dem Roboter gekoppelt wird.

1.1 Technische Ziele

Technisches Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Greiferbaukastens (Technologie-demonstrator), der die hohen Anforderungen der Intralogistik in Bezug auf Flexibilität gegenüber Verpackungsart sowie Größe und Gewicht der Handhabungsobjekte erfüllt und somit die Erschließung neuer Automatisierungslösungen ermöglicht.

1.2 Wissenschaftliche Ziele

Die wissenschaftliche Zielsetzung lag in der systematischen Untersuchung der Möglichkeiten und Grenzen von modularen Greifsystemen für die Intralogistik, insbesondere bzgl. des wissenschaftlich bislang nicht betrachteten Aufwälzprinzips, hinsichtlich

- der Greifmöglichkeiten bei unterschiedlichen Handhabungsobjekten und einem ausgewählten Szenario,
- der Aufnahme- und Abgabezeiten sowie
- der Zuverlässigkeit des Griffs.

1.3 Zielsetzung im Hinblick auf die Programmziele

Dieses Vorhaben diene der Stärkung der Zusammenarbeit, zum einen unter den beteiligten Partnerunternehmen, zum anderen zwischen diesen Unternehmen und dem beteiligten Forschungsinstitut und somit der Schaffung eines innovativen, bedarfs- und anwendungsorientierten FuE-Netzwerks auf international wettbewerbsfähigem Niveau.

2. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse aus den Arbeiten

Das Prinzip des Aufwältzgreifens ist besonders bzgl. Form und Abmessungen von Handhabungsobjekten flexibel. Dazu besitzen Aufwältzgreifer ein Friktionselement, eine sich rückwärts drehende Rolle oder Walze. Dieses Friktionselement sorgt aufgrund der Reibung beim Andrücken an ein zu greifendes Objekt für ein Anheben. Sobald ein geeigneter Spalt erzeugt ist, kann der Greifer nun unter das Objekt fahren oder das Objekt wird aufgrund der Reibkräfte auf den Greifer gezogen.

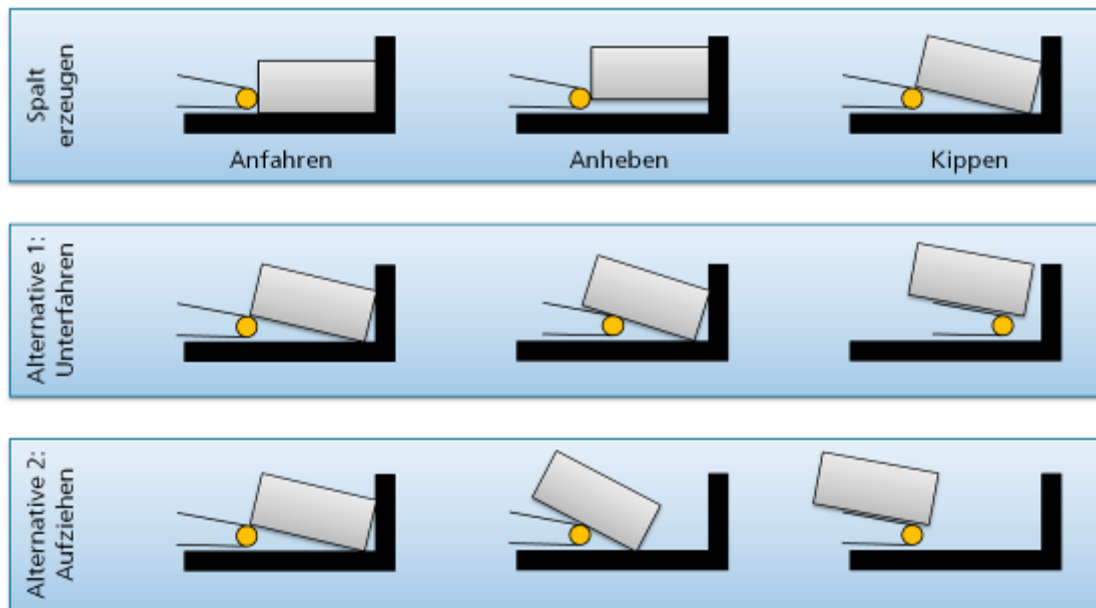


Abbildung 1: Prinzip des Aufwältzens

2.1 Aufbau eines Versuchsmoduls zur Durchführung vorläufiger Tests

Vor Projektbeginn (Anfang 2007) wurde am Fraunhofer IPA ein Versuchsmodul (Abbildung 2) konstruiert und aufgebaut, um mit Projektbeginn vorläufige Tests zum Aufwältzverhalten durchführen zu können. Das Versuchsmodul besteht aus mehreren, stirnseitig angebrachten Aufwältzrollen sowie mehreren Förderriemen, die gemeinsam angetrieben werden. Die Förderriemen dienen dazu, das anfänglich aufgewälzte Handhabungsobjekt bis ans Ende des Moduls zu transportieren.

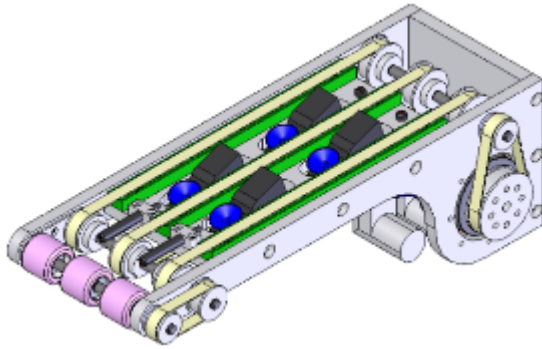


Abbildung 2: Aufwälzmodul im CAD (links) und am Roboter in den Versuchsfeldern des Fraunhofer IPA (rechts)

Ziel der Tests war die Ermittlung von Einsatzmöglichkeiten sowie die grobe Ermittlung von Parametern und Randbedingungen beim Aufwälzgreifen. Dadurch ließen sich unter anderem Gestaltungsregeln für die Konzeptionsphase und die Entwicklungsphase ableiten. In den Versuchen (Abbildung 3) wurden verschiedene Parameter systematisch variiert. Dazu zählten unter anderem:

- Art der Verpackung der Handhabungsobjekte
- Größe und Gewicht der Handhabungsobjekte
- Material der Aufwalzrollen
- Drehzahl des Friktionselements
- Vorschub des Aufwalzmoduls



Abbildung 3: Versuche mit dem Aufwälzmodul

2.2 Demonstrator für die Handhabung von einzelnen Objekten

Mit den Erfahrungen der vorläufigen Tests wurde ein neues Aufwälzmodul konstruiert und zwei dieser Module wurden am Fraunhofer IPA aufgebaut (Abbildung 4).



Abbildung 4: Aufwälzmodule am Fraunhofer IPA

Anstatt Rollen werden beschichtete Zahnriemen als Friktionselemente eingesetzt, das Aufwälzmodul zeichnet sich zusätzlich aus durch:

- Verwendung günstigerer Komponenten
- einfachere Übertragung der Antriebsleistung zum Friktionselement
- höhere Steifigkeit in Hauptbelastungsrichtung
- höhere Modularität bzgl. des Friktionselements (Abbildung 5)
 - Walze und Riemen möglich
 - Variation des Durchmessers möglich
 - Variation der Lagerung möglich (starr und exzentrisch)
- einfache Skalierbarkeit in der Größe (Berücksichtigung des Baureihenaspekts)

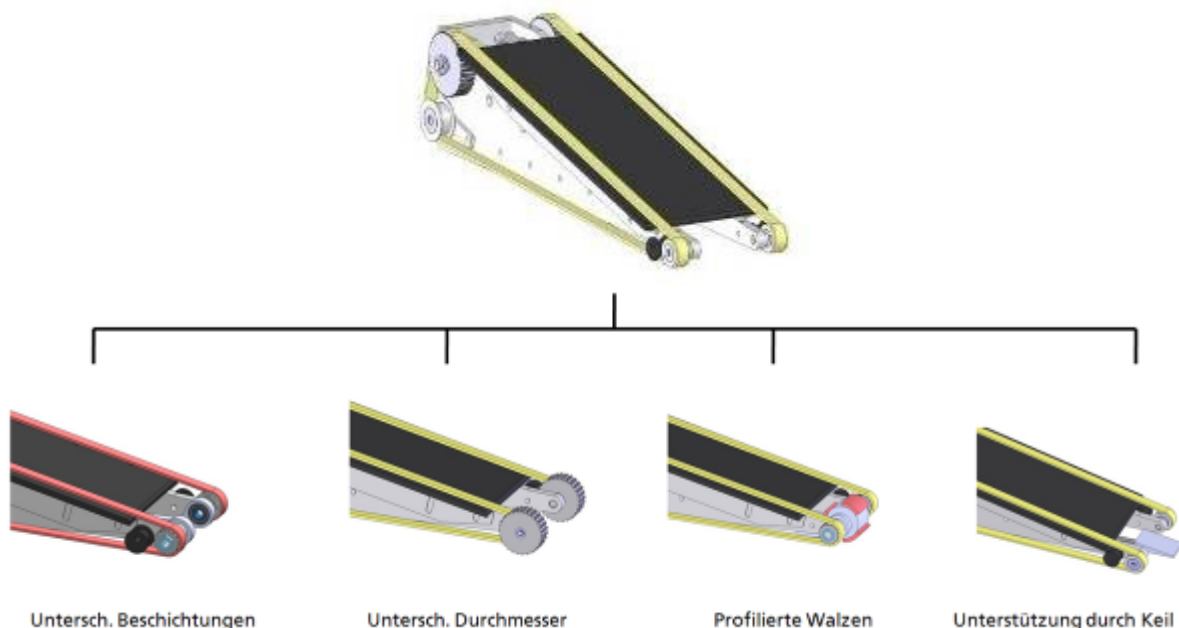


Abbildung 5: Aufwälzmodul mit Variation des Friktionselements

Die Aufwälzmodule wurden mit einem Großhub-Greifer (LEG 760) der Firma Schunk zum Demonstrator 1 (AWG-S, Aufwälzgreifer-Single, auch: Einzel-Aufwälzgreifer) kombiniert (Abbildung 6). Dieser ist in der Lage, beide Module unabhängig voneinander zu positionieren, sodass der entstehende Greifer bzgl. der Objektgröße flexibel ist. Schmale Objekte werden mit einem Modul gegriffen (Abbildung 7 links), wodurch teilweise auch ein gleichzeitiges Greifen zweier Objekte möglich ist (Abbildung 7 mitte), breite Objekte werden mit beiden Modulen gegriffen (Abbildung 7 rechts).



Abbildung 6: Demonstrator 1, Aufwälzmodule kombiniert mit Großhub-Greifer



Abbildung 7: Greifmöglichkeiten des Demonstrator 1

Geführt wird der Demonstrator 1 von einem 6-achsigen Industrieroboter mit mittlerem Handhabungsgewicht.

Die gewählte Lösung für die Steuerungsarchitektur ist eine Ansteuerung aller Aktoren und Sensoren des Demonstrator 1 über Busklemmen, welche mittels EthernetIP-Buskoppler mit der Robotersteuerung kommunizieren (Abbildung 8).

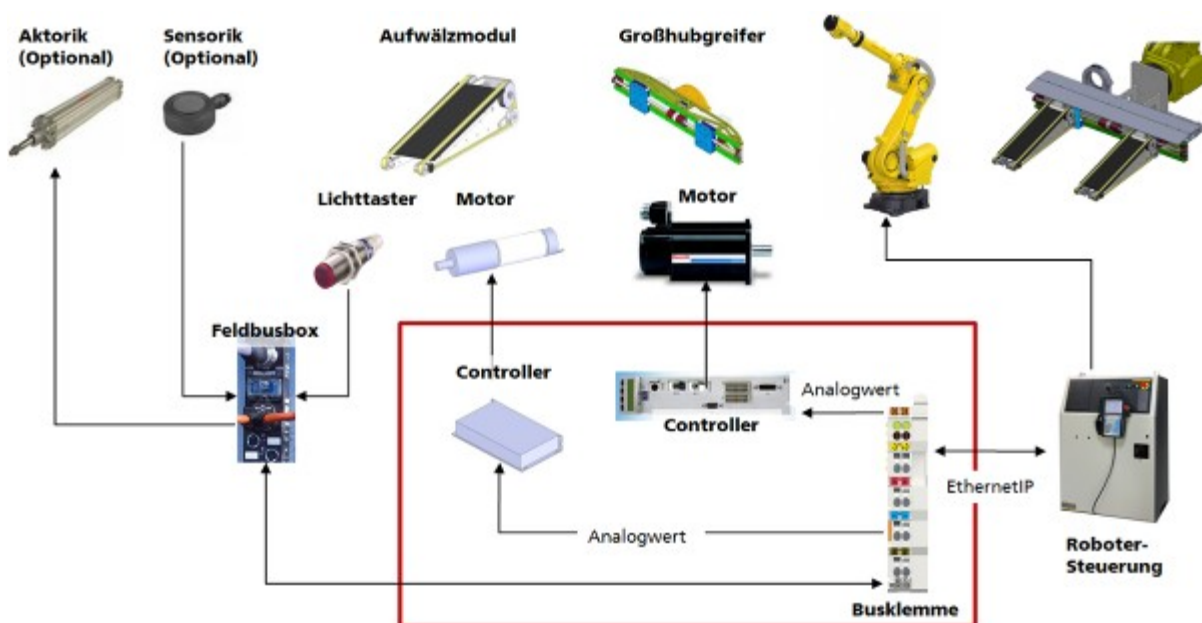


Abbildung 8: Steuerungsarchitektur Demonstrator 1

2.3 Demonstrator für die Handhabung von Palettenlagen

Als Szenario für die Entwicklung eines Baukastens zur Kombination von Flächensaugern mit der Aufwältztechnik wurde das lagenweise Palettieren und Depalettieren „schwieriger Fälle“ gewählt. Im Gegensatz zum Demonstrator 1, bei dem das Aufwältzen das einzige Greifprinzip ist, ergänzen sich beim Demonstrator 2 (AWG-L, Aufwältzgreifer für Lagen, auch: Lagen-Aufwältzgreifer) die Greifprinzipien Saugen und Aufwältzen.

Andere aus der Analysephase hervorgehende Szenarien (das gutweise Depalettieren bei sortenreinem und gemischtem Gutspektrum sowie das gutweise Palettieren bei gemischtem Gutspektrum) werden bereits durch den Demonstrator 1 abgedeckt. Beispiele für schwierige Fälle wurden ebenfalls in der Analysephase identifiziert (z.B. Beutel mit Katzenstreu, mehrfach in Folie verpacktes Toilettenpapier, Schläuche mit Vogelfutterknödeln).

Kern des Lösungsansatzes ist ein Greiferbaukasten mit dem verschiedene Greifmodule zu Greifsystemen kombiniert werden können. Die Greifmodule funktionieren nach den Greifprinzipien Aufwältzen, Saugen und Klemmen. Die Kombination ist abhängig vom zu greifenden Objektspektrum und damit von der geforderten Flexibilität gegenüber unterschiedlichen Objekteigenschaften. Die Grundlage bildet bei allen Kombinationen eine Aufwältzrolle, die mit einem Rollenteppich versehen ist, um einen möglichst kompakten Bauraum zu erreichen.

Abbildung 9 zeigt das Konzept für den Demonstrator 2, in dem zunächst nur die Greifprinzipien Saugen und Aufwältzen vereint sind. Das Flächensaugmodul ist hier mit einer Hubeinheit versehen, um sich auf die Palettenlage absenken zu können.

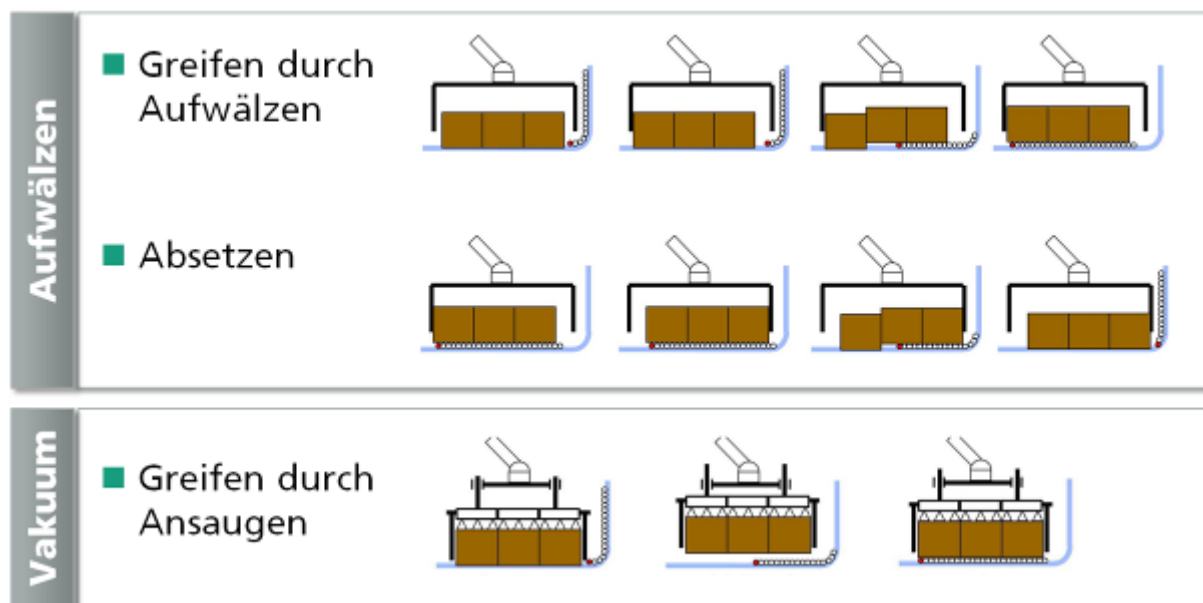


Abbildung 9: Konzept des Demonstrators 2, Greifen und Absetzen durch Aufwältzen (oben), Greifen durch Vakuum (unten)

Für das Greifen durch Aufwältzen wird der Greifer von oben über die zu greifende Lage abgesenkt, sodass sich die Lage zwischen den Anschlägen befindet und sich die Aufwältzrolle geringfügig oberhalb des Bodenniveaus der zu greifenden Lage befindet. Der Greifer wird horizontal bewegt, sodass der hintere Anschlag Kontakt mit der letzten Reihe der Lage hat. Dadurch ist die Position der Lage relativ zum Greifer eindeutig festgelegt. Die Aufwältzrolle beginnt zu drehen und der Rollenteppich wird gegen die vorderste Reihe gedrückt, sodass diese aufsteigen und mit dem Rollenteppich unterfahren werden kann. Die Gegenkraft zum

Aufwälzen wird vom hinteren Anschlag aufgebracht und durch die komplette Lage auf die vorderste Reihe übertragen. Anschließend werden nacheinander alle Reihen aufgewälzt, sodass die ganze Lage auf dem Rollenteppich zu liegen kommt.

Zum Absetzen wird der Greifer über der Abgabestation positioniert und der Rollenteppich zurück gezogen. Die Lage bewegt sich dabei mit zurück, bis sie an den vorderen Anschlag stößt, danach wird der Rollenteppich unter der Lage weggezogen, sodass diese Reihe für Reihe auf der Abgabestation zu liegen kommt.

Für das Greifen durch Saugen wird der Greifer über der Lage positioniert und der Flächensauger mittels Hubeinheit auf die Lage abgesenkt. Nachdem der Flächensauger die Lage gegriffen hat, wird diese mit der Hubeinheit über das Niveau des Rollenteppichs angehoben. Der Rollenteppich wird ausgefahren und die Lage mittels der Hubeinheit auf dem Rollenteppich abgesetzt. Der Rollenteppich dient dabei als Transportsicherung, gleichzeitig kann durch das Abschalten des Flächensaugers Energie eingespart werden.

In Abbildung 10 ist auf der linken Seite die konstruktive Ausführung des Lagen-Aufwälzgreifers zu sehen (links ohne, rechts mit Flächensaugmodul und Hubeinheit).

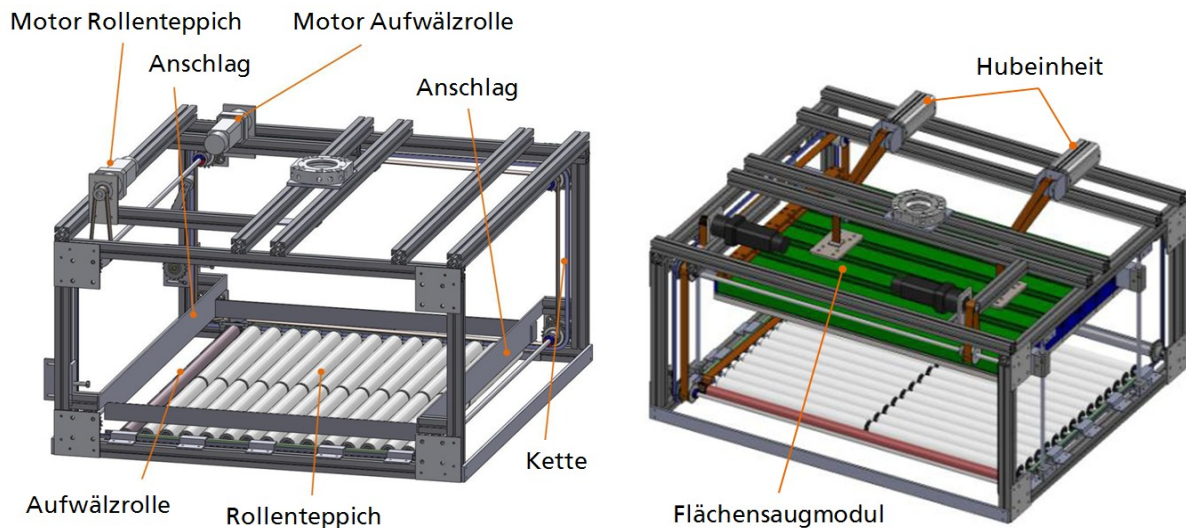


Abbildung 10: Konstruktive Ausführung des Lagen-Aufwälzgreifers (Demonstrator 2)

Abbildung 11 zeigt auf der linken Seite das Greifen durch Aufwälzen, auf der rechten Seite das Greifen durch Saugen.

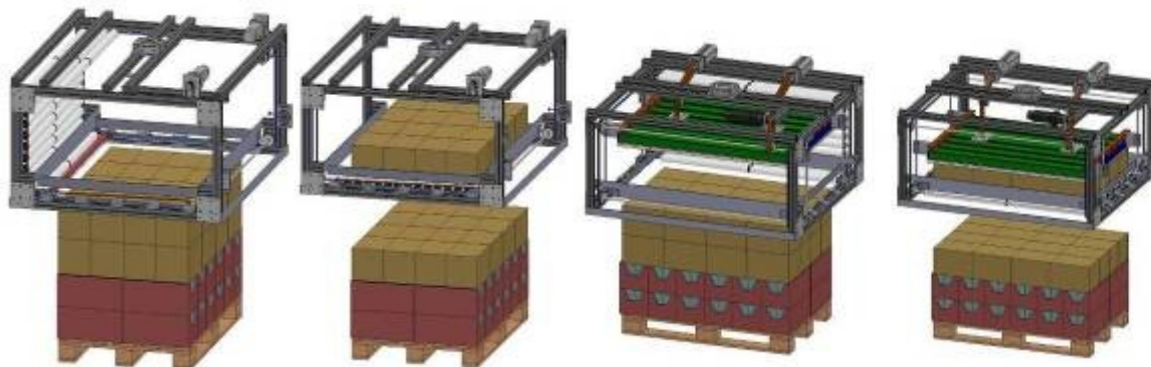


Abbildung 11: Greifen durch Aufwälzen (links), Greifen durch Saugen (rechts)

Innerhalb des Projektzeitraumes wurde am Fraunhofer IPA bereits mit der Fertigung und dem Aufbau des Lagen-Aufwälzgreifers begonnen. Abbildung 12 zeigt den Stand des Aufbaus zum Projektende. Inbetriebnahme, Durchführung von Versuchen und Optimierung werden im Nachgang des Projekts weiter vorangetrieben.

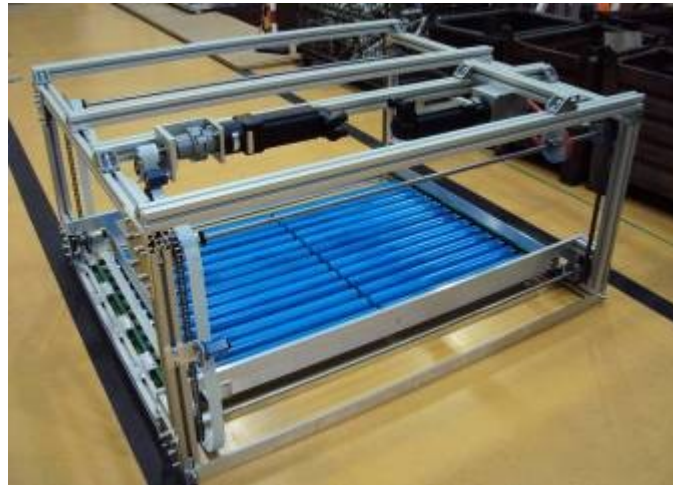


Abbildung 12: Aufbau des Lagen-Aufwälzgreifers am Fraunhofer IPA

2.4 Spezifikation des Greiferbaukastens

Abbildung 13 zeigt die Spezifikation des Baukastens bzgl. Anwendungen, Verpackungsarten, Objektabmessungen und -gewichten sowie Greiferkosten, sowohl für den Einzel-Aufwälzgreifer als auch für den Lagen-Aufwälzgreifer.

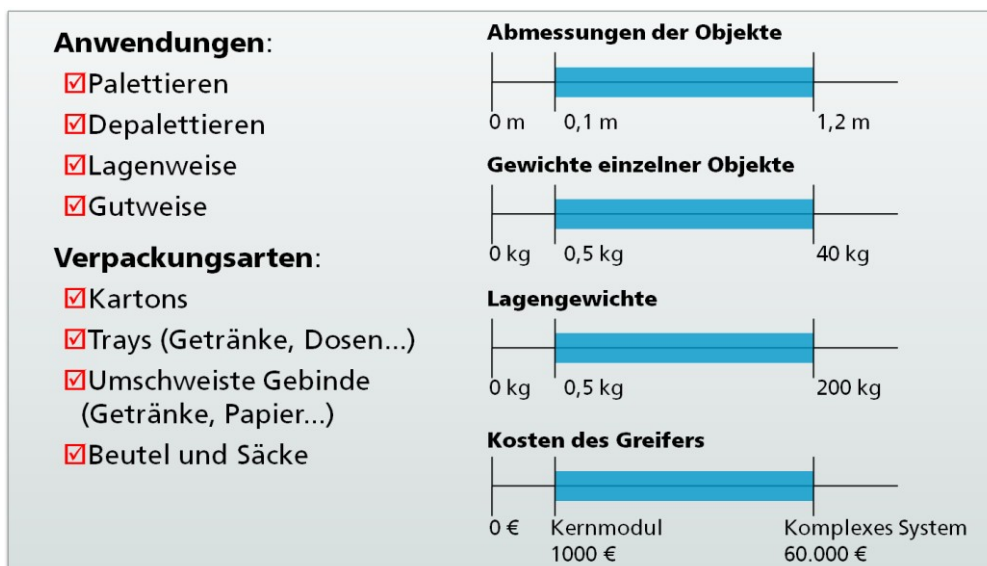


Abbildung 13: Spezifikation des Greiferbaukastens

2.5 Durchführung von Versuchen zum Aufwälzprozess

Mit dem Demonstrator 1 wurden systematisch Versuchsreihen durchgeführt, um die Einflussgrößen auf den Aufwälzprozess und deren Auswirkungen zu bestimmen. Abbildung 14 zeigt die wichtigsten Einflussgrößen und deren Klassifizierung in der Übersicht. Die folgende Aufzählung gibt die wichtigsten Versuchsreihen wieder:

- Messen der Gegenhaltekraft bei
 - verschiedenen Handhabungsobjekten
 - verschiedenen Riemenbeschichtungen
 - verschiedenen Vorschubgeschwindigkeiten
 - verschiedenen Drehzahlen
 - Variationen der Rückwand
 - Verwendung von profilierten Rollen
- Zielgenaues Ablegen von Handhabungsobjekten beim Palettieren
- Minimal mögliche Objekthöhen
- Prozesssicherheit bei verschiedenen Schwerpunkthöhen
- Prozesssicherheit bei stapelbaren Objekten
- Ermitteln maximal möglicher Prozessgeschwindigkeiten
- Aufwälz-Kipp-Prinzip



Abbildung 14: Klassifizierung der Einflussgrößen auf den Aufwälzprozess

Drei der Versuchsreihen werden im Folgenden beispielhaft beschrieben.

2.5.1 Messung der Gegenhaltekraft

Bei vielen Versuchsreihen wurde die Gegenhaltekraft gemessen, da sie ein Qualitätskriterium für den Aufwälzprozess darstellt. Die Gegenhaltekraft wird von einer Rückwand auf die hintere Stirnfläche eines Handhabungsobjekts ausgeübt und wirkt der Andrückkraft des Friktionselements entgegen, sodass das Objekt nicht weggeschoben wird. Eine geringe Gegenhaltekraft bedeutet eine geringe Andrückkraft und damit ein objektschonendes Aufwälzen. Abbildung 15 zeigt den Versuchsstand zum Messen der Gegenhaltekraft.

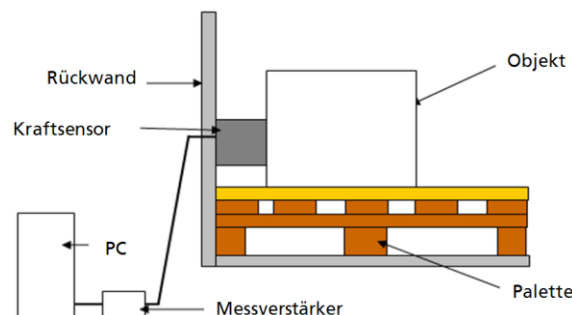


Abbildung 15: Versuchsaufbau zum Messen der Gegenhaltekraft

Abbildung 16 zeigt beispielhaft für ein Referenzobjekt die Gegenhaltekraft in N über dem Verhältnis der Umfangsgeschwindigkeit der Friktionsriemen zum Vorschub des Greifers in Prozent. 200 % bedeutet, die Umfangsgeschwindigkeit ist doppelt so hoch wie der Vorschub. Die unterschiedlichen absoluten Vorschubgeschwindigkeiten sind in unterschiedlichen Farben dargestellt. Bei geringen Geschwindigkeitsverhältnissen wird eine vergleichsweise hohe Gegenhaltekraft benötigt. Diese fällt mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit, bis zu einem Geschwindigkeitsverhältnis von ca. 500 %, ab und bleibt anschließend relativ konstant.

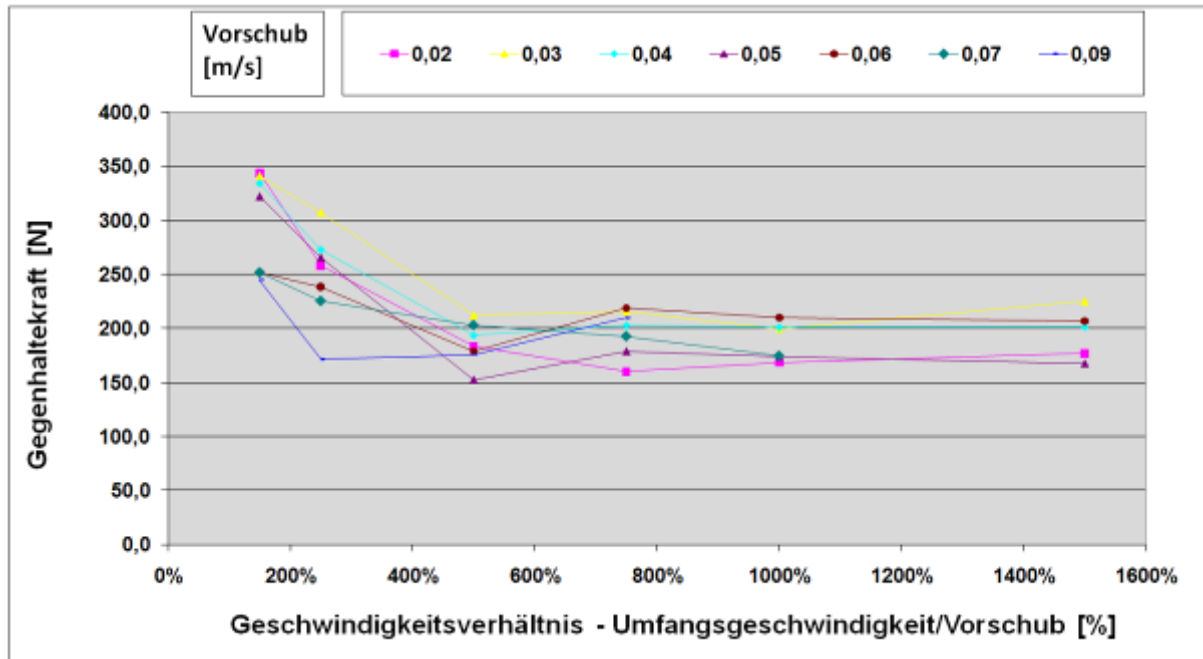


Abbildung 16: Gegenhaltekraft zu Geschwindigkeitsverhältnis

2.5.2 Prozesssicherheit bei verschiedenen Schwerpunkthöhen

In dieser Versuchsreihe wurde die für einen stabilen Aufwälzprozess maximal mögliche Umfangsgeschwindigkeit bei sich ändernden Schwerpunkthöhen und Gewichten ermittelt. In diesem Zusammenhang gilt der Aufwälzprozess als stabil, wenn das Handhabungsobjekt beim Aufwälzen nicht nach hintenüberkippt. Das Kippen wird durch eine zu hohe horizontale Beschleunigung verursacht, die von der Unterseite auf ein Objekt aufgebracht wird, während es auf den Greifer aufgezoogen wird. Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Schwerpunkthöhen und Gewichte der Objekte, während Abmessungen, Material und andere Objekteigenschaften konstant gehalten wurden.

Tabelle 1: Schwerpunkthöhen und Gewichte der verschiedenen Versuchsobjekte

Objekt	1	2	3	4	5
Höhe des Schwerpunkts [mm]	27	54	81	108	135
Gewicht [kg]	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5

Abbildung 17 zeigt die Grenze der Umfangsgeschwindigkeit für die verschiedenen Objekte. In den grünen Bereichen verläuft der Aufwälzprozess stabil, in den roten Bereichen ist er instabil. Mit zunehmender Schwerpunkthöhe muss die Umfangsgeschwindigkeit (und damit die Geschwindigkeit des Aufwälzens an sich) reduziert werden, um einen sicheren Greifen zu ermöglichen. Der Einfluss des Objektgewichts kann bei Betrachtung der technischen Mechanik zunächst vernachlässigt werden, da aufzubringende Querbeschleunigungskräfte im gleichen

Maße steigen wie die Gewichtskräfte. Inwieweit dies in der Praxis der Fall ist, muss noch durch weitere Versuche verifiziert werden.

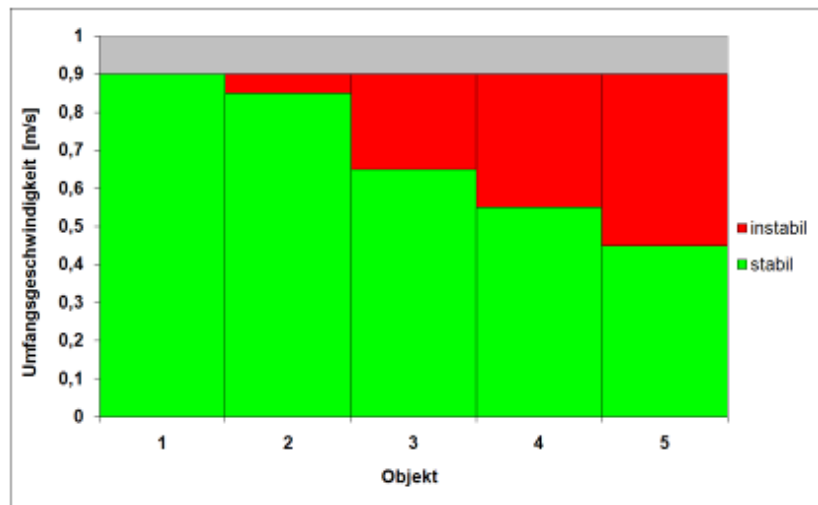


Abbildung 17: Prozesssicherheit bei verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten

2.5.3 Aufwälz-Kipp-Prinzip

Bei den oben genannten Versuchen wurde die „konventionelle“ Anfahrstrategie gewählt, d.h. das Aufwälzmodul waagrecht gegen das Handhabungsobjekt gefahren. Ein weiteres Anfahrkonzept ist das in Abbildung 18 gezeigte Aufwälz-Kipp-Prinzip. Dabei wird das Aufwälzmodul senkrecht gegen das Objekt gefahren, sodass die komplette Oberseite des Forderriemens an der Stirnseite anliegt und eine Flächenlast entsteht. Dies erhohert zum einen die Reibkraft, zum anderen kann die benötigte Andrückkraft reduziert werden, was speziell bei Objekten mit geringer Steifigkeit von Vorteil ist.

Des Weiteren ist es, bei Weglassen einer Rückwand, durch den erhoherten Kraftangriffspunkt möglich, das Objekt aufgrund des größeren Hebelarms um die hintere untere Kante zu kippen, wodurch das Erzeugen der Trennstelle erleichtert wird.

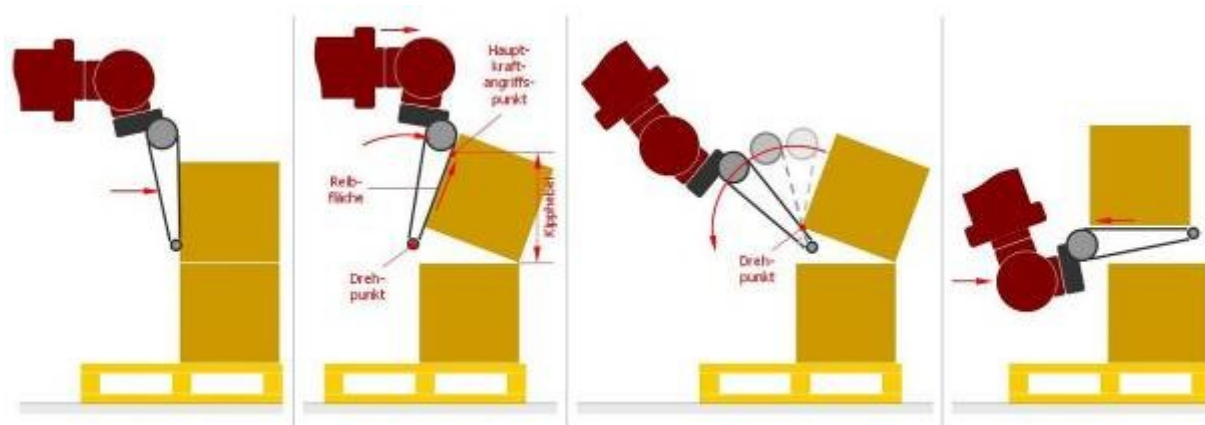


Abbildung 18: Vorgang des Aufwälz-Kipp-Prinzips

Innerhalb des Projektzeitraums konnten jedoch nur mit dem Versuchsmodul Tests durchgeführt werden (Abbildung 19). Dabei wurde die prinzipielle Machbarkeit nachgewiesen, allerdings zeigten sich einige Optimierungspotenziale. Die Gründe hierfür lagen einerseits in der ungünstigen Anbindung des Moduls an den Roboterflansch, aber vornehmlich in der Anordnung und Beschaffenheit des Forderriemens. Dieser bildet mit den vorderen Aufwälz-

rollen keine Ebene, sodass keine wirklich flächige Anlage möglich ist. Zusätzlich ist der Riemen nicht mit entsprechendem Reibbelag versehen. Das Aufsteigen des Objektes ist demgemäß nur im Bereich der Aufwälzrollen möglich und bringt daher keinen Vorteil zum konventionellen Verfahren. Diese Nachteile sind jedoch nicht prinzipieller Natur, sondern hängen mit der Ausprägung des Versuchsmoduls zusammen. Zusätzlich sind für einen erfolgreichen Aufwälz-Kipp-Prozess die Detektion der vorderen unteren Objektkante sowie eine komplexe Robotertrajektorie nötig. Mit dem Demonstrator 1 wird im Nachgang des Projekts eine weitere Versuchsreihe zum Aufwälz-Kipp-Prinzip durchgeführt.



Abbildung 19: Versuche mit dem Aufwälz-Kipp-Prinzip

2.5.4 Ergebnis der bisherigen Versuchsreihen

Das Ergebnis aus der Gesamtheit der Versuche ist die Generierung einer breiten Wissensbasis zum Aufwälzprozess. Dazu zählen unter anderem:

- handhabbares Objektspektrum
- Prozessparameter (Andrückkraft, Drehzahl, Vorschubgeschwindigkeit etc.)
- Prozesssicherheit
- Greif- und Taktzeiten
- sowie Wirtschaftlichkeit.

Hierdurch ist es möglich, für unterschiedliche Objektspektren und Bereitstellungssituationen entsprechende Prozessparameter zur Verfügung zu stellen und Aussagen zur Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu treffen.

3. Zuarbeiten der Verbundpartner

3.1 Verbundpartner Schunk

Die Firma Schunk lieferte den oben beschriebenen Großhub-Greifer (Abbildung 20) für den Demonstrator 1. Hierzu waren im Vorfeld umfangreiche Beratungen und Abstimmungen bzgl. mechanischer und steuerungstechnischer Integration nötig. Dies beinhaltet unter anderem die Auswahl und die Ansteuerung entsprechender Antriebsmotoren oder eine FEM-Berechnung entsprechend der Belastungen beim Aufwätzen.



Abbildung 20: Großhub-Greifer LEG 760 der Firma Schunk (links), FEM-Berechnung (rechts)

Des Weiteren wurde von der Firma Schunk das Aufwätz-Kipp-Prinzip entwickelt (s. Kap. 2.5.3).

3.2 Verbundpartner Schmalz

Von der Firma Schmalz wurden für den Demonstrator 2 verschiedenste Konzepte zur Kombination von Flächen-Sauggreifern mit Aufwätzmodulen entwickelt. Hierbei wurde erstens die Anordnung der Flächen-Sauggreifer in Bezug auf die Greifobjekte betrachtet. Die Möglichkeiten sind:

- Unterstützung der Flächen-Sauggreifer durch Aufwätzmodule (Sauggreifer oberhalb der Handhabungsobjekte, Abbildung 21 links)
- Unterstützung der Aufwätzmodule durch Flächen-Sauggreifer (Sauggreifer seitlich der Objekte, Abbildung 21 rechts)

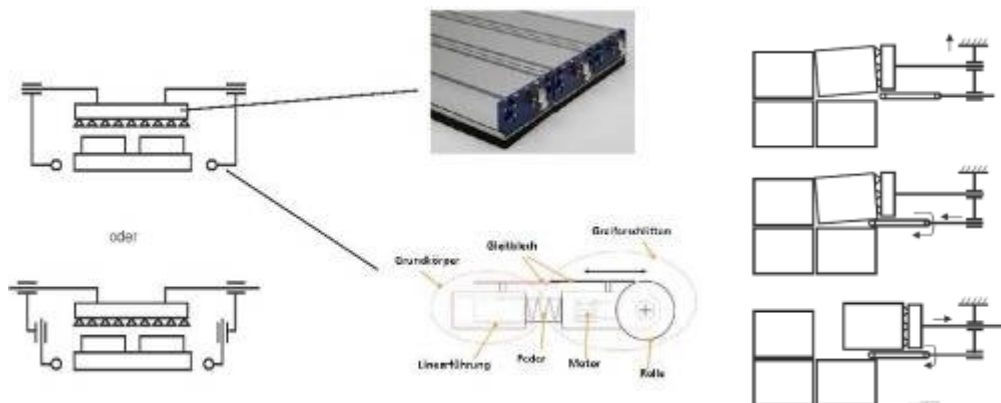


Abbildung 21: Beispiele für die Kombination von Flächen-Sauggreifern und Aufwätzmodulen

Zweitens wurde das Konzept einer möglichen Steuerstrategie und Prozesskontrolle unter Einsatz von Vakuumsensoren (Abbildung 22) oder Abstandssensoren entwickelt. Hierdurch ist es möglich, den Vorschub der Aufwärmodule zu steuern und somit einen gleichmäßigen Greifvorgang zu erzielen.

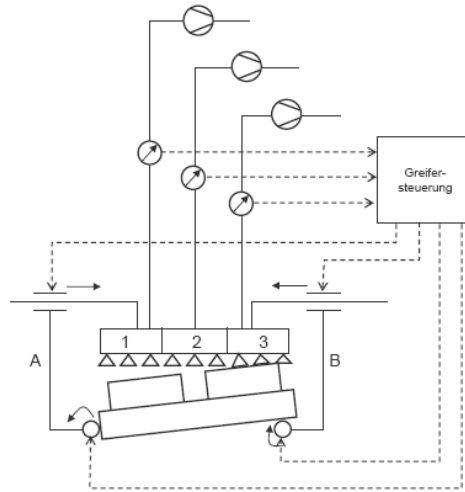


Abbildung 22: Beispiel zur Steuerung unter Verwendung von Vakuumsensoren

Die Firma Schmalz lieferte zusätzlich die Komponenten für das Vakuummodul des Demonstrators 2, bestehend aus Flächen-Saugmodulen (Abbildung 23), Gebläse, Ventilen, Verschlauchung und Zubehör. Hierzu waren während der Konstruktionsphase umfangreiche technische Abstimmungen mit der Firma Schmalz notwendig.



Abbildung 23: Flächen-Saugmodul der Firma Schmalz

3.3 Verbundpartner Bär

Von der Firma Bär wurden in der Entwicklungsphase für den Demonstrator 1 Teile der konstruktiven Ausgestaltung der Aufwärmodule und des Gesamtsystems übernommen. Auch die technische Spezifikation (Abstecken des Leistungsspektrums) des Demonstrator 1 wurde von der Firma Bär vorangetrieben. Des Weiteren wurde gemeinsam mit der Firma Bär ausgearbeitet, wie die Kommunikation zwischen Robotersteuerung und Greifersteuerung am besten zu realisieren ist.

Für die Realisierung des Demonstrators 2 übernahm die Firma Bär einen Großteil der Fertigung. Auch hierzu war während der Konstruktionsphase eine enge Abstimmung bezüglich

Aufbau und Fertigungsmöglichkeiten der Einzelteile und Baugruppen notwendig. Abbildung 24 zeigt beispielhaft einige der Fertigungs- und Zukaufteile.



Abbildung 24: Fertigungs- und Zukaufteile der Firma Bär

3.4 Alle Verbundpartner

Bereits in der Analysephase sind dem Fraunhofer IPA „schwierige Fälle“ (Abbildung 25) bei der Handhabung von Objekten verdeutlicht worden. Entweder in Form von Folien (Bilder und Beschreibungen) oder während eines Besuchs der Mitarbeiter des Fraunhofer IPA beim Partner wurden allgemeine und spezielle Probleme und Schwierigkeiten in der Praxis diskutiert und teilweise in direkten Versuchen (Greifer am Objekt) vorgeführt.



Abbildung 25: Beispiele für "schwierige Fälle" bei der Handhabung von Objekten

Während des gesamten Projektverlaufs wurde unter anderem im Rahmen der Projekttreffen von den Partnern Feedback zu den aktuellen Entwicklungen innerhalb des Projekts gegeben. Zusätzlich lieferten die Projektpartner immer wieder Vorschläge zu Versuchsreihen, die mit dem Demonstrator 1 umgesetzt wurden.

4. Arbeitsplan und Meilensteine des Projekts

In Abstimmung mit den Projektpartnern, dem Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg und dem Projektträger wurde vereinbart, eine kostenneutrale Verlängerung des Projekts um sechs Monate bis Ende Dezember 2009 zu beantragen. Die Gründe hierfür waren:

- Die Verzögerungen beim Aufbau und der Inbetriebnahme des Demonstrator 1
 - Klärung der Bereitstellung eines Industrieroboters bis zum Projektende
 - Klärung der Steuerungsarchitektur mit dem Industrieroboter-Hersteller (Ansteuerung des Großhubgreifers)
 - Inbetriebnahme der Aufwälzmodule (falsche Beratung bzgl. Antriebsmotoren seitens des Herstellers)
- Der Aufbau des Demonstrator 2, welcher im ursprünglichen Arbeitsplan nicht vorgesehen war.

Der an die Projektverlängerung angepasste Arbeitsplan ist in Abbildung 26 zu sehen. Dieser ist um die Arbeitspakete 4.4 (Auslegung und Konstruktion von Demonstrator 2) sowie 5.4 (Fertigung und Inbetriebnahme von Demonstrator 2) und 5.5 (Versuchsdurchführung, Optimierung von Demonstrator 2) erweitert.

Beschreibung Arbeitspaket	Partner	2007												2008												2009												
		7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
1 Versuchsphase																																						
1.1 Entwicklung eines Versuchsmoduls zum Aufwälzgreifen	IPA																																					
1.2 Aufbau eines Versuchsstandes	IPA																																					
1.3 vorläufige Tests zum Aufwälzgreifen	IPA																																					
2 Analysephase																																						
2.1 Definition von Einsatzszenarien	Alle																																					
2.2 Analyse des Produktspektrums	IPA																																					
2.3 Ableitung von Anforderungen an den Greiferbaukasten	Alle																																					
3 Konzeptionsphase																																						
3.1 Baukastenmorphologie und Schnittstellen	Alle																																					
3.2 Konzeption Aufwälzgreifmodule	IPA																																					
3.3 Konzeption Klemmgreifmodule	Schunk																																					
3.4 Konzeption Vakuumgreifmodule	Schmalz																																					
4 Entwicklungsphase																																						
4.1 Baukastenmorphologie und Schnittstellen	Alle																																					
4.2 Grundlagenversuche zum Aufwälzgreifen	IPA																																					
4.3 Auslegung und Konstruktion Demonstrator 1	IPA, Schunk																																					
4.4 Auslegung und Konstruktion Demonstrator 2	IPA, Schmalz																																					
5 Realisierung und Optimierung																																						
5.1 Aufbau einer Demonstratorzelle	IPA																																					
5.2 Fertigung und Inbetriebnahme Demonstrator 1	alle																																					
5.3 Versuchsdurchführung, Optimierung Demonstrator 1	alle																																					
5.4 Fertigung und Inbetriebnahme Demonstrator 2	alle																																					
5.5 Versuchsdurchführung, Optimierung Demonstrator 2	alle																																					

Abbildung 26: Angepasster Projektplan (Erweiterungen um Demonstrator 2 sind markiert)

Alle Meilensteine gemäß Arbeitsplan sind mit geringer Verspätung (Inbetriebnahme Demonstrator 1, Begründung s.o.) erreicht worden, eine Ausnahme bilden die Punkte 5.4 und 5.5, Inbetriebnahme und Versuchsdurchführung mit dem Demonstrator 2. Die Gründe hierfür liegen in den hohen Hardware-Kosten für diesen Greifer, welche in der ursprünglichen Projektkalkulation nicht vorgesehen waren. Der gesamte Greifer ist aus eigenen Mitteln des Fraunhofer IPA finanziert. Die Beschaffung dieser internen Mittel hat parallel zur Konstruktionsphase begonnen, die Bewilligung hat jedoch mehr Zeit in Anspruch genommen als bei der Anpassung des Arbeitsplans ursprünglich angenommen. Aufbau und Inbetriebnahme sind zum Projektende nicht vollständig abgeschlossen. Dies wird im Nachgang des Projektes geschehen, ebenso wie die Durchführung von Versuchen und die Optimierung des Demonstrators 2.

5. Veröffentlichungen

„Konsumgüter sicher im Griff – Aufwältzgreifer flexibilisiert Intralogistik“, in: Jahresbericht 2007, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

„Variantenvielfalt in den Griff bekommen – flexible Greifsysteme für den innerbetrieblichen Materialfluss“, in: VDI-Z 150 (2008) Nr. 10 – Okt.

„Kommissionieren mit flexiblen Greifsystemen“, in: Tagungsband zum 3. Technologieforum Roboter in der Intralogistik 2009, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Geplante Veröffentlichung:

“Gripping Systems for Intralogistics – Aiming at the “Swiss Army Knife” of Intralogistics Solutions”, Hendrik Mütterich, Florian Simons, ISR 2010, München

6. FuE Ergebnisse von außerhalb

Zurzeit sind keine FuE Ergebnisse dritter Seite bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind.

7. Fazit und Ausblick

Durch wissenschaftliche Untersuchungen wurden grundlegende Erkenntnisse zum Aufwälzprozess gewonnen. In den Versuchen mit dem Demonstrator 1 hat sich gezeigt, dass ein großes Spektrum an Handhabungsobjekten schnell und sicher aufgewälzt werden kann. Dies bildet die Grundlage für eine mögliche Weiterentwicklung zum Prototyp bzw. Produkt und die weitere Verbreitung des Aufwälz-Prinzips als Greiftechnik in der Intralogistik, um robotergestützte Handhabungs-Aufgaben wie das Palettieren, Depalettieren, Kommissionieren oder Verpacken abzudecken. Die Weiterentwicklung beinhaltet unter anderem:

- eine fertigungs- und wartungsgerechte, industrietaugliche und kostenoptimierte Umkonstruktion der Aufwälzmodule
- die Durchführung von Dauertests, um beispielsweise Standzeiten der Aufwälzriemen zu ermitteln
- das Entwickeln von Programmen und Makros für einen automatisierten Betrieb des Aufwälzgreifers.

Der nächste Schritt für den Demonstrator 1 ist die Integration einer Bildverarbeitung, um Lage und Orientierung der zu greifenden Objekte zu detektieren. Mit diesen Arbeiten wurde am Fraunhofer IPA bereits begonnen (s. Abbildung 27 links). Es ist geplant das Gesamtsystem auf der AUTOMATICA 2010 im Rahmen einer Intralogistik-Zelle (s. Abbildung 27 rechts) vorzuführen.

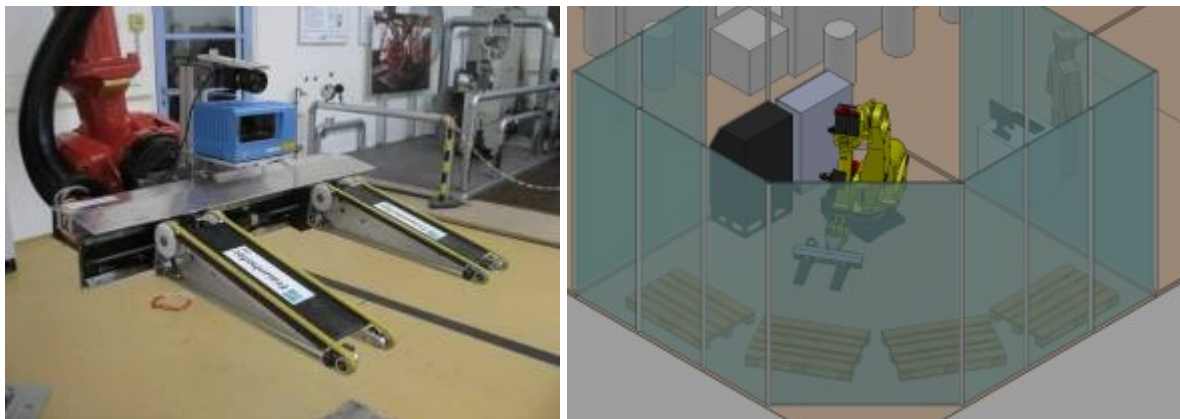


Abbildung 27: Integration einer Bildverarbeitung (links) und Layout für eine Intralogistik-Zelle für AUTOMATICA 2010 (rechts)

Für den Demonstrator 2 sind die nächsten Schritte die Inbetriebnahme und die Durchführung von Versuchsreihen zur Optimierung des Greifers. Auch hier ist eine mögliche Demonstration auf einer entsprechenden Intralogistik-Messe angedacht.