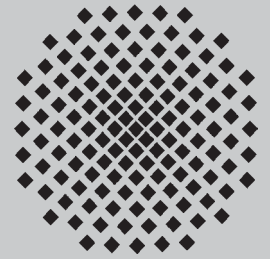




**Universität Stuttgart**



**Institut für Fördertechnik und Logistik**  
**Jahresbericht 2005/2006**



**Holzgartenstraße 15B**  
**70174 Stuttgart**  
**Homepage: [www.uni-stuttgart.de/ift](http://www.uni-stuttgart.de/ift)**

---

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>Vorwort und Überblick .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Forschungsarbeiten und Forschungsprojekte .....</b>	<b>9</b>
2.1	Bereich Fördersystemtechnik .....	9
2.1.1	Seiltechnologie .....	9
	Vergleich der Zugschwelleigenschaften von Bolzenverpressungen für Stahlseile mit unterschiedlichen Werkstoffen.....	9
	Lebensdauer und Ablegereife von Edelstahlseilen beim Lauf über Seilscheiben .....	10
	Erhöhung der Seillebensdauer bei der Mehrlagenwicklung in Kranen .....	11
	Zusammenhang zwischen Umlaufbiegewechselfestigkeit von Stahldrähten und Lebensdauer daraus hergestellter Seile .....	12
	Mooring Lines - Stahl- und Faserseile bei der Verankerung von Offshoreplattformen.....	13
2.1.2	Personenfördertechnik / Sicherheitstechnik .....	14
	Seilprüfungen und Begutachtungen: Überblick .....	14
	Sicherheit von Drahtseilen unter Zugschwellbeanspruchung.....	15
2.1.3	Maschinenentwicklung und –optimierung inkl. Automatisierung .....	17
	Analyse der schüttguttechnischen Förderung im Versatzbergwerk.....	17
	Schadensanalyse an einem Ladungsträger .....	19
	Schwingungsanalyse an Antriebskomponenten .....	20
	Technische Optimierung von Flurförderzeugen.....	23
2.2	Bereich Logistik .....	24
	Neue Zielführungssysteme für Flurförderzeuge .....	24
	RFID – Systematische Versuche für den zuverlässigen Einsatz in der Logistik.....	27
2.3	Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Bauprodukte (PÜZ).....	32
	PÜZ- Tätigkeit am Lehrter Bahnhof in Berlin .....	32
2.4	FIFL GmbH (Aninstitut des IFT).....	33
	Analyse und Bewertung eines Distributionsstandortes.....	33

<b>3.</b>	<b>Bereich Lehre.....</b>	<b>37</b>
3.1	Lehrangebot.....	37
3.1.1	Lehrveranstaltungen im Überblick.....	37
3.1.2	Vorlesungen, Seminare, Übungen und Praktika.....	39
3.2	Innovative Projekte in der Lehre.....	41
	ModKey - Modularisierung in der Lehre Vermittlung von Schlüsselqualifikationen.....	41
3.3	Exkursionen der Abteilung Logistik im Sommersemester 2006.....	42
<b>4.</b>	<b>Promotionen.....</b>	<b>43</b>
<b>5.</b>	<b>Abgeschlossene Diplom- und Studienarbeiten.....</b>	<b>43</b>
5.1	Diplomarbeiten.....	43
5.2	Studienarbeiten.....	44
<b>6.</b>	<b>Vorträge.....</b>	<b>46</b>
<b>7.</b>	<b>Veröffentlichungen.....</b>	<b>49</b>
<b>8.</b>	<b>Aussendarstellung des Instituts, Seminare und Messeteilnahmen.....</b>	<b>52</b>
8.1	Messeteilnahmen.....	52
	„Alpitec 2006“, Bozen / Brückenseilkonferenz Kopenhagen / Light+Building Frankfurt.....	52
8.2	Abteilung Seiltechnologie bereichert wissenschaftliche Tagungen.....	53
8.3	Teilnahme an Tagungen, Seminaren und Messen.....	54
8.4	Mitarbeit in Ausschüssen und Normungsgremien.....	56
<b>9.</b>	<b>Institutsmitarbeiter.....</b>	<b>58</b>

---

## 1. VORWORT UND ÜBERBLICK

Sehr verehrte Partner, liebe Förderer und Freunde des Institutes für Fördertechnik und Logistik,

traditionsgemäß legen wir auch in diesem Jahr den Jahresbericht unseres Institutes für den Turnus 2005/2006 vor. Wir möchten Sie damit über den aktuellen Stand in Lehre, Forschung und Entwicklung des letzten Sommer- und Wintersemesters informieren.

Im diesjährigen Vorwort möchte ich, als Leiter des Institutes, drei besondere Aktivitäten herausheben:

- den neuen Weiterbildungsstudiengang Master online Logistikmanagement der Universität Stuttgart,
- die Studie Intralogistik in Baden-Württemberg, die vom Ministerium für Wissenschaft und Kunst des Landes Baden Württemberg (MWK) an das IFT vergeben wurde,
- die erstmalige Prüfung und Abnahme zweier komplett neuer Seilbahnanlagen im Rahmen der durch die Bayerische Staatsregierung anerkannten Sachverständigenstelle.

### **Master online Logistikmanagement**

Das MWK Baden-Württemberg fördert in einer neuen Programmlinie die Entwicklung berufsbegleitender Fortbildungsmaßnahmen an den Universitäten des Landes.

Im Rahmen der Ausschreibung sind insgesamt 30 Anträge eingegangen. Nach eingehender Prüfung durch ein internationales Gutachtergremium wurden 5 Anträge als förderungswürdig ausgewählt.

Es ist dem IFT gelungen, sich mit dem Aufbau des weiterbildenden Studienganges Logistikmanagement durchzusetzen. Gemeinsam mit dem Institut für Arbeitswissenschaften und Technologiemanagement (IAT), geleitet durch Prof. Spath, soll ein Studiengang aufgebaut werden, der es Berufstätigen ermöglicht mit Hilfe der neuen Medien und dem Zugriff auf die im Internet bereitgestellten Materialien ein zeit- und ortsunabhängiges Studium zu absolvieren. Der viersemestrige Masterstudiengang bereitet die Berufspraktiker auf Führungsaufgaben im Bereich der Logistik vor.

Die Logistik ist eine Querschnittsfunktion aus Materialflusstechnik, Identifikations- und Kommunikationstechnologie und der betriebswirtschaftlichen Analyse und Bewertung, wie es in Abbildung 1 dargestellt ist.

In diesen Weiterbildungsstudiengang fließen daher Inhalte aus den Arbeitsbereichen des Maschinenbaus, der Informatik und der Betriebswirtschaft ein. Besonders interessant ist hierbei für den einzelnen Studierenden die Möglichkeit, individuelle Schwerpunkte zu setzen, und damit die Bereiche zu vertiefen, die in der Grundausbildung aufgrund des breiten Querschnittes der Logistik nicht ausreichend Gewicht erhalten haben oder nun durch die Berufstätigkeit vertieft werden müssen.

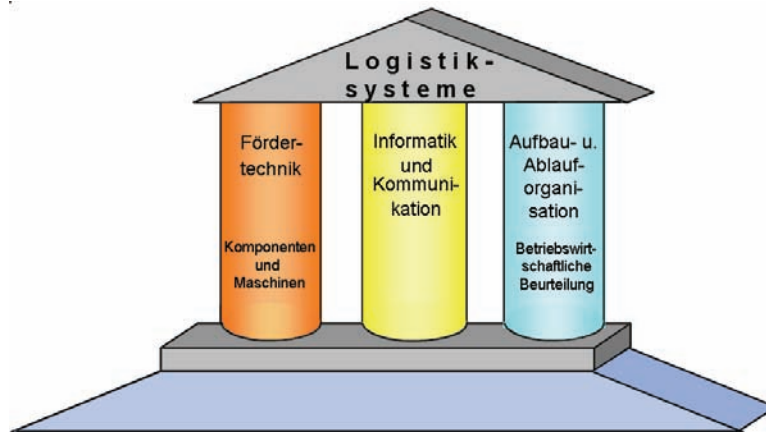


Abb. 1: Die drei Säulen der Logistik

Die Zielgruppe dieses Weiterbildungsmasters sind Praktiker, die nach einem berufsqualifizierenden Hochschulabschluss bereits zwei Jahre Berufserfahrung haben und in allen drei Bereichen der Logistik ein breites Grundlagenwissen für ihren Berufsalltag benötigen. Um der weiterhin berufstätigen Zielgruppe gerecht zu werden, wird das Lernpensum zu 80% internetbasiert auf der Lernplattform ILIAS der Universität Stuttgart und zu 20% in Präsenzblöcken absolviert. Die Präsenzveranstaltungen dienen hauptsächlich der Bearbeitung von Problemstellungen aus der Berufspraxis der Studierenden, Laborpraktika, Seminaren und Prüfungen, sowie dem persönlichen Kontakt zu Dozenten und Kommilitonen.

Das Studium besteht aus zwei Kernmodulen, den betriebswirtschaftlichen und logistischen Grundlagen sowie einem Vertiefungsmodul Logistik und schließt im vierten Semester mit der Masterarbeit ab. Die inhaltlichen Schwerpunkte können in jedem Modul mit Hilfe von Wahlmodulen (siehe Abb. 2) spezifisch nach Interessen und Arbeitsschwerpunkten gesetzt werden.

Derzeit erfolgt die Aufbereitung und Neuausarbeitung der Studienunterlagen und Online-Module, sowie der Gang durch die verschiedenen Selbstverwaltungsgremien der Universität zur Einrichtung und späteren Akkreditierung des Master-Studienganges.

	Betriebswirtschaftliche Grundlagen	Grundlagen der Logistik	Logistik
<b>Pflichtmodul</b>	Betriebswirtschaftliches Basiswissen	Grundlagen der Logistik (technisch)	Planung logistischer Systeme Umschlags- und Handhabungstechnik
<b>Wahlmodule</b>	Soft skills	Arbeitswissenschaft	Supply Chain Management
	BWL / rechtl. Grundlagen	Wissens- und Informationstechnik	Materialfluss-automatisierung
	Betriebswirtschaftliche Planung	Logistikplanung	Sicherheitstechnik
	Forschungs- und Entwicklungsmanagement	Information und Kommunikation	Entsorgungslogistik
		Fabrikbetriebslehre	Planspiel LIFE
	Master Thesis		

Abb. 2: Die inhaltliche Ausrichtung des Masterstudienganges Logistikmanagement



## Planprüfung und Abnahme neuer Seilbahnanlagen

Wie im Jahresbericht 2004/2005 bereits berichtet, ist das Institut im November 2004 durch die Bayerische Staatsregierung zur anerkannten Sachverständigenstelle für sämtliche Fragen der Seilbahntechnik in Bayern ernannt worden. Diese Ernennung hat nun dazu geführt, dass im Jahre 2006 erstmalig die Planprüfung und Abnahme von zwei neuen Seilbahnanlagen, einmal in Nesselwang und einmal in Todtnau (Feldberg) durch die Abteilung Personenfördertechnik / Sicherheitstechnik durchgeführt wurde. Hierbei handelt es sich um von der Firma Doppelmayr gelieferte Seilbahnen.

In Nesselwang wurde eine 4-er, bzw. 8-er Einseilumlaufbahn der Alpspitzbahn realisiert, mit einer Förderleistung im Anfangsausbauzustand von 1000 Personen / Std. und im Endausbauzustand von 1635 Personen / Std. Die Bahn wird im Anfangszustand mit 30 Sesseln à 4 Personen und 10 Kabinen à 8 Personen betrieben. Für Deutschland ist dies die erste Kombibahn, d.h. gleichzeitiger Betrieb von Sesseln und Kabinen im Seilumlauf. Abbildung 3 zeigt die Installationen, deren Endabnahme in Nesselwang im November 2006 erfolgte.



*Abb. 3: Kombibahn in Nesselwang*

Bei der zweiten Bahn handelt es sich um eine 4-er Sesselbahn mit Wetterschutzhauben, die einen bisher eingesetzten Schlepplift ersetzt. Die Förderleistung beträgt hier 2500 Personen / Std. Die Bahn wird mit insgesamt 108 Sesseln für jeweils 4 Personen betrieben.

Bei beiden Bahnen ist die Überprüfung auf Basis der Seilbahnrichtlinie 2000/9/EG erfolgt, wobei die Infrastruktur, die Stationen, die Sicherheitsbauteile und Teilsysteme wie Seil, Antrieb, Bremsen, Fahrzeuge usw. im Rahmen der Planprüfung erfolgten. Die Planprüfung schreibt die Kontrolle, Überprüfung und Bewertung aller seilbahn- und bautechnischen Berechnungen vor. Diese sehr umfangreichen Arbeiten sind nur durch ein Team von Prüfern der Abteilung Personenfördertechnik / Sicherheitstechnik möglich.

Tangiert waren:

- Herr Winter (Abteilungsleiter)
- Herr Moll für Seilbahntechnik
- Herr Nägele für Brandschutztechnik
- Frau Finckh-Jung für Bautechnik
- Herr Vorwerk für Elektrotechnik

Aus den Erfahrungen der Prüfarbeit ergeben sich für das Institut bereits jetzt Ansatzpunkte für weitere Forschungsaufgaben mit Industriepartnern und öffentlichen Forschungseinrichtungen.

### Zukunft einer Schlüsseltechnologie - Intralogistik in Baden-Württemberg

Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg beauftragte im Frühjahr 2005 das Institut mit einer Studie um festzustellen, welche Bedeutung die Branche Intralogistik im Bundesland Baden-Württemberg hat und ob dort Bedarf für öffentliche Unterstützung insbesondere auf dem Gebiet des Technologietransfers gegeben sein könnte (Bearbeitung im IFT: Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking, Dipl.-Ing. Ass. Kristin-C. Wedekind).

Eine erste, groß angelegte Unternehmensbefragung (August-November 2005) bestätigte sämtliche Arbeitshypothesen des IFT:

Die Bedeutung der Intralogistik-Branche für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg wurde bisher unterschätzt. Mindestens 450 Unternehmen sind reine Intralogistik-Anbieter, mindestens 350 weitere Unternehmen haben in ihren Geschäftsfeldern bedeutsame intralogistische Produkte und Leistungen. Damit gehören fast 2% der Erwerbstätigen zu dieser Branche, sie erwirtschaften mehr als 6% der Umsätze im verarbeitenden Gewerbe. Baden-Württemberg hat damit unter allen deutschen Bundesländern die höchste Firmendichte; vermutlich besetzt Baden-Württemberg auch im europäischen Vergleich einen Spitzenplatz.

Die hiesigen Unternehmen decken sämtliche Sparten der Intralogistik ab, die einzelnen Firmen haben zudem jeweils ein sehr stark diversifiziertes Portfolio.

Die Firmen sind über das gesamte Bundesland verteilt, wobei die Großräume Stuttgart, Karlsruhe und Heilbronn besonders hohe Unternehmensdichten aufweisen.

Die baden-württembergische Intralogistik ist überwiegend klein- und mittelständisch strukturiert (zu rund 80%. vgl. Abb. 4 und Abb. 5), sie hat eine lange Tradition (die älteste Firma wurde vor mehr als 200 Jahren gegründet).

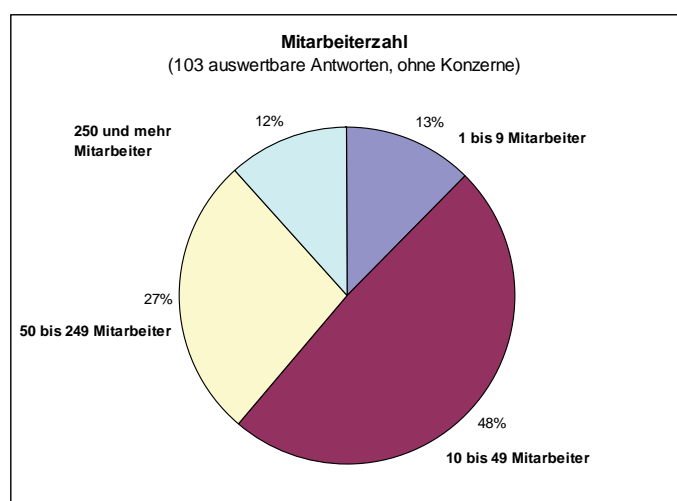


Abb. 4:  
Größenverteilung der Mitarbeiteranzahl baden-württembergischer Intralogistik-Unternehmen (2004)

Sie weist eine beachtliche Marktbehauptung auf (fast die Hälfte der Unternehmen hat bereits mindestens einen Führungswechsel unbeschadet überstanden) und ist auf stetem Wachstumskurs (sowohl hinsichtlich der Zahl der jährlichen Neugründungen als auch bei Umsatz und Mitarbeiterzahl der etablierten Unternehmen).

Weitere Branchencharakteristika sowie die einzelnen Forschungs- und Kooperationsinteressen der Intralogistik-Anbieter wurden mit einer zweiten, vertiefenden Befragung (April bis August 2006) untersucht, die Ergebnisse sollen im Frühjahr 2007 vorliegen.

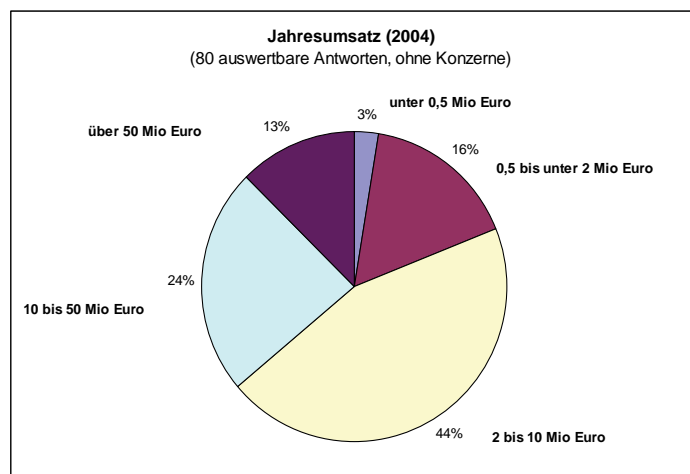


Abb. 5:  
Größenverteilung der Jahresumsätze baden-württembergischer Intralogistik-Unternehmen (2004)

Auch die öffentlichen Forschungseinrichtungen Baden-Württembergs weisen vielfältige intralogistische Kompetenzen auf; sie reichen von den Materialwissenschaften bis zur Systemtheorie (siehe Abb. 6). Das IFT wird hierzu am Projektende eine "Wissenschaftslandkarte" vorlegen.

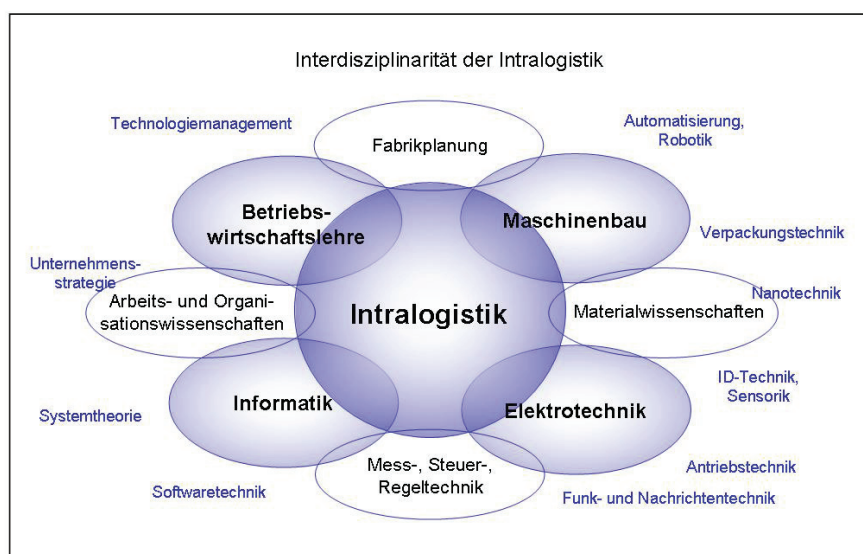


Abb. 6: Interdisziplinarität der Intralogistik

Darüber hinaus wurden in bisher sechs Arbeitskreis-Sitzungen, die sich aus Geschäfts- und Institutsleitern zusammensetzen, erste wichtige Themen vorwettbewerblicher Gemeinschaftsforschung identifiziert.

Außerdem wurde festgestellt, dass bisher noch kein wirkungsvolles Forum oder Netzwerk existiert, das dieser Branche Möglichkeiten des Erfahrungsaustausches, der Kooperationsanbahnung für Wissens- oder Technologietransfer bieten würde. Die Gründung eines solchen Netzwerkes, unter Ein-



schluss von Anwender-Unternehmen, wird sowohl von Wirtschaftsunternehmen als auch von öffentlichen Forschungseinrichtungen für sinnvoll erachtet und ist im Dezember 2006 erfolgt.

Eine Sonderveröffentlichung des IFT bildet erstmals den gesamten Branchenquerschnitt der Intralogistik in Baden-Württemberg anhand von Firmenkurzportraits ab, ergänzt um Forschungsprofile einschlägig tätiger Institute (siehe Abb. 7, veröffentlicht im September 2006, ISBN -13: 978-3-00-018589-2,).

Über das Projekt und seine Zwischenergebnisse wird zusätzlich im Internet informiert unter: [www.intralogistik-bw.de](http://www.intralogistik-bw.de).

Neben den hier hervorgehobenen speziellen Aktivitäten gibt es natürlich eine Vielzahl von Forschungs- und Entwicklungsprojekten sowie die laufenden Aktivitäten im Bereich Lehre, die in verschiedenen Einzelberichten im nachfolgenden Teil des Jahresberichtes vorgestellt werden. Diese Berichte sind entsprechend der Gliederung und unseres Organigramms (siehe letzte Seite des Jahresberichtes) strukturiert nach den einzelnen Abteilungen, also den Bereichen

- Seiltechnologie,
- Personenfördertechnik und Sicherheitstechnik,
- Maschinenentwicklung und Optimierung, inklusive Automatisierung,
- Logistik.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unseres Institutes und vor allem unseren Partnern gilt auch in diesem Jahr mein herzlicher Dank für ihre große Unterstützung und ihren Einsatz für das Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart.

Herzlichst Ihr



Karl-Heinz Wehking  
- Institutsleiter -

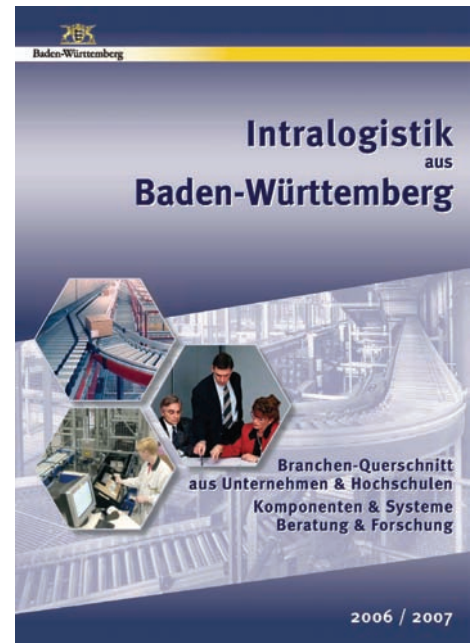


Abb. 7: Titelblatt der neu herausgegebenen Broschüre

## 2. FORSCHUNGSARBEITEN UND FORSCHUNGSPROJEKTE

### 2.1 BEREICH FÖRDERSYSTEMTECHNIK

#### 2.1.1 SEILTECHNOLOGIE

##### VERGLEICH DER ZUGSCHWELLEIGENSCHAFTEN VON BOLZENVERPRESSUNGEN FÜR STAHLSEILE MIT UNTERSCHIEDLICHEN WERKSTOFFEN

Dipl.-Ing. Daniela Raupp

Für Seile im Bauwesen werden unlösbare Seilendverbindungen, wie Vergüsse und Pressfittinge, eingesetzt. Um das Zugschwellverhalten hochfester Seil-Zugglieder mit gewalzten Fittings zu untersuchen, wurden im AIF- Forschungsvorhaben Nr.13750 N/1 systematische Versuche in Abhängigkeit von Oberlast, Schwingweite, Werkstoff und Seildurchmesser an unterschiedlichen Spiralseilkonstruktionen durchgeführt. Es zeigte sich, dass für nichtrostende Spiralseile mit einer Mehrfachregression eine gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen vorliegt. Mit zunehmendem Seildurchmesser nimmt die ertragbare Anzahl der Schwingspiele bei gleicher Seilkonstruktion erwartungsgemäß ab. Eine Abnahme der ertragenen Schwingspielzahlen mit kleiner werdender unteren Seilzugkraft trat nicht durchgängig auf. Auch konnte eine deutliche Mittelspannungsempfindlichkeit bei der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden. Mit guter Übereinstimmung konnte an unlegierten Seilkonstruktionen (1x7, 1x19 und 1x37) mit vergleichbarem Einzeldrahtdurchmesser eine Abhängigkeit von der Gesamtanzahl der Einzeldrähte nach Gleichung (1) ermittelt werden. Die Schwingspielzahl bis zum Bruch unter Vernachlässigung von Glied  $a_4$ , das den Seildurchmessereinfluss beschreibt, ist:

$$\lg \bar{N} = a_0 + a_1 \lg \frac{2S_a \cdot d_0^2}{d^2 \cdot S_0} + a_2 \frac{S_u \cdot d_0^2}{d^2 \cdot S_0} + a_3 \left( \frac{S_u \cdot d_0^2}{d^2 \cdot S_0} \right)^2 + a_5 \frac{1}{\lg \frac{R_m}{R_0}} + a_6 \lg z \quad (1)$$

Auf Basis der Forschungsergebnisse kann festgestellt werden, dass die Schwingfestigkeit der offenen Spiralseile, nach Einfluss aufsteigend geordnet, abhängt von

- der Drahtnennfestigkeit,
- dem Seildurchmesser,
- der Seilkonstruktion ,
- dem Drahtwerkstoff.

Bei konstant gehaltenen Parameter wie Einzeldrahtdurchmesser und Drahtfestigkeit nimmt die Lebensdauer mit steigender Anzahl der Drahtlage und damit verbundenen Wechsel der Schlagrichtung ab.

Unterstützt wurde dieses Forschungsvorhaben durch den Gemeinschaftsausschuss Kaltformgebung e.V., die Mitglieder der Drahtseilvereinigung e.V. und der Arbeitsgemeinschaft industrielle Forschungsvereinigungen (AiF) "Otto von Guericke" e.V. über den Projektzeitraum 01.07.2003 bis 31.12.2005.

## LEBENSDAUER UND ABLEGEREIFE VON EDELSTAHLSEILEN BEIM LAUF ÜBER SEILSCHEIBEN

Dr.-Ing. Silke Schönherr

Die Bemessung der laufenden Seile aus Edelstahldrähten ist derzeit in keiner gültigen technischen Regel verbindlich festgelegt, da über die Lebensdauer und die rechtzeitige Ablegereife von Edelstahlseilen - im Gegensatz zu Seilen aus unlegierten Kohlenstoffstahldrähten - bisher keine Erkenntnisse vorliegen. Diese Wissenslücke soll nun mit dem Projekt „Lebensdauer und Ablegereife von Edelstahlseilen beim Lauf über Seilscheiben“ geschlossen werden. Das für 2,5 Jahre bewilligte Projekt „Edelstahlseile“, das über den Gemeinschaftsausschuss Kaltformgebung e.V. bei der AiF gefördert wird, startete am 01.09.2005.

Im Rahmen des Projektes werden mit drei unterschiedlichen Seilkonstruktionen aus Edelstahldrähten (Drahtwerkstoff 1.4401) Dauerbiegeversuche zur Ermittlung der Lebensdauerkurven durchgeführt. Die ermittelten Bruchbiegewechselzahlen der Edelstahlseile werden mittels linearer Mehrfachregression statistisch ausgewertet und mit den errechneten Biegewechselzahlen von Seilen mit Drähten aus unlegiertem Kohlenstoffstahl derselben Konstruktion verglichen.

Nach Ablauf des ersten Förderjahres wurden bereits zahlreiche Dauerbiegeversuche durchgeführt. Vergleicht man die ermittelten Versuchsergebnisse mit Edelstahlseilen der Seilkonstruktion 6x36 WS+SES mit der Gerade der mittleren Lebensdauer von 6x36 Warrington Seale-Seilen aus unlegierten Kohlenstoffstahldrähten nach Feyrer, erreichen die Seile aus Edelstahldrähten eine geringere Lebensdauer. Wie bei den Seilen aus unlegiertem Kohlenstoffstahl kann auch bei Edelstahlseilen ein deutlicher Lebensdauer erhöhender Einfluss durch Schmierung der Seile (d.h. durch eine Auffettung der Seile vor den Versuchen) erzielt werden, siehe Abb. 8.

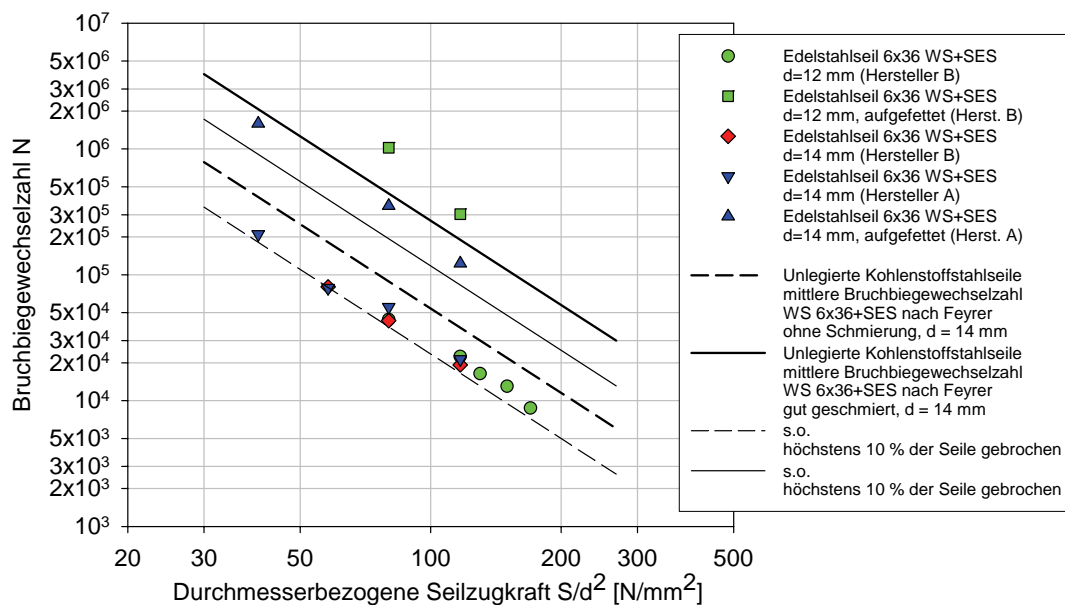


Abb. 8: Bruchbiegewechselzahlen von Edelstahlseilen

## ERHÖHUNG DER SEILLEBENSDAUER BEI DER MEHRLAGENWICKLUNG IN KRANEN

Dipl.-Ing. Peter Raach

In dem neuen AiF- Forschungsprojekt „Erhöhung der Seillebensdauer bei der Mehrlagenwicklung in Kranen“ sollen auf Basis des abgeschlossenen Projektes „Lebensdauer und Ablegereife bei der Mehrlagenwicklung im Kranbau“ Möglichkeiten gefunden werden, die genutzte Lebensdauer der Hubseile in der Mehrlagenwicklung deutlich zu erhöhen. Dabei sollen einerseits alternative Methoden und Zusatzeinrichtungen, die eine Verbesserung des Spulverhaltens auf der mehrlagig bewickelten Trommel ermöglichen, entwickelt und erprobt werden. Es wird untersucht, ob bestehende Systeme wie z. B. Kreuzgewindespindeln den besonderen Einsatzbedingungen in der Mehrlagenwicklung gerecht werden und verwendet werden können. Andererseits soll untersucht werden, ob die mehrlagig bewickelte Hub- und Speichertrommel in den derzeitigen Anwendungen durch bekannte konstruktive Lösungen oder Neukonstruktionen ersetzt werden kann. Die Verwendung einer Doppelkopf- Spillwinde (Abb. 9) kann möglicherweise die beiden Funktionen Seilhub und Seilspeicherung trennen und somit zu einer Verbesserung des Spulverhaltens auf der Mehrlagentrommel führen. Diese Systeme müssen jedoch ggf. umkonstruiert und an die speziellen Anforderungen im Bereich Mehrlagenwicklung angepasst werden. Durch diese Maßnahmen sollen zusätzlich Wickelstörungen vermieden und somit die Wirtschaftlichkeit der Anlagen erhöht werden. Die getroffenen Maßnahmen werden durch praxisnahe Versuche auf dem Doppelprüfstand für Mehrlagenwicklung am IFT (Abb. 10) überprüft. Somit kann die Praxistauglichkeit der gefundenen Lösungen zur Erhöhung der Seillebensdauer bei der Mehrlagenwicklung in Kranen unter Beweis gestellt werden.



Abb. 9: Doppelkopf-Spillwinde

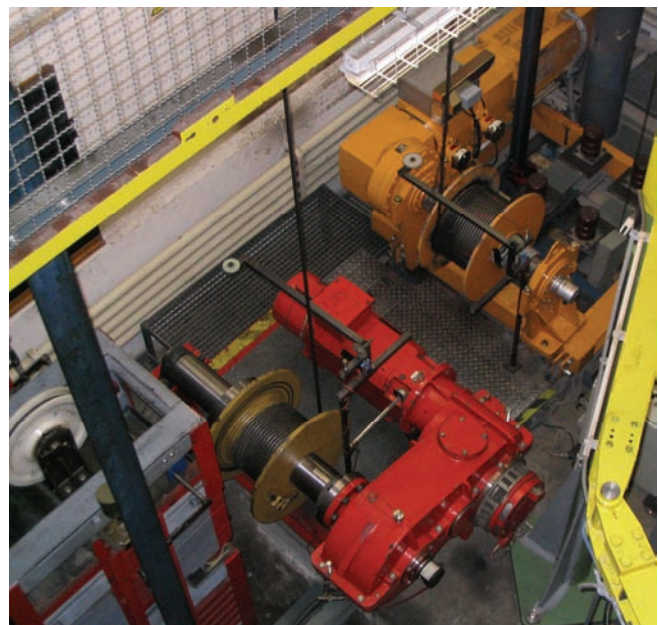


Abb. 10: Mehrlagenprüfstand des IFT

## ZUSAMMENHANG ZWISCHEN UMLAUFBIEGEWECHSELFESTIGKEIT VON STAHLDRÄHTEN UND LEBENSDAUER DARAUS HERGESTELLTER SEILE

Dipl.-Ing. Stefan Ziegler

Der Einfluss der Drahtqualität auf die Lebensdauer und Ablegereife von Seilen ist bisher weitgehend unbekannt. In dem von der Forschungsgemeinschaft der Arbeitsgemeinschaften der eisen- und metallverarbeitenden Industrie (AVIF) geförderten und am Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart durchgeführten Forschungsvorhaben „Zusammenhang zwischen Umlaufbiegewechselfestigkeit von Stahldrähten und Lebensdauer daraus hergestellter Seile“ wurden die Schwingfestigkeiten von Seildrähten bestimmt und Korrelationen mit den Ergebnissen von Seildauerbiegeversuchen untersucht. Hierbei hat sich gezeigt, dass hohe Drahtschwingfestigkeiten zu hohen Seillebensdauern und –ablegereifen führen.

Im Gegensatz dazu eignen sich die bei Draht- und Seilherstellern eingesetzten, genormten Einzeldrahtprüfverfahren nicht für eine Beurteilung der Drahtqualität hinsichtlich der Betriebsfestigkeit von Seilen. Mit den Ergebnissen des Forschungsvorhabens und den Ergebnissen umfangreicher Beanspruchungsanalysen von Seilen mit der Finite-Elemente-Methode wurde ein neues Modell zur Berechnung der Lebensdauer zugschwellbelasteter Seile entwickelt, das sich durch die Berücksichtigung der Drahteigenschaften und Beanspruchungen im Seil von der bisher angewandten empirischen Berechnungsmethode unterscheidet, (siehe: Ziegler, S.: Einfluss der Drahtschwingfestigkeit auf die Lebensdauer von Seilen, Dissertation Universität Stuttgart, 2006).

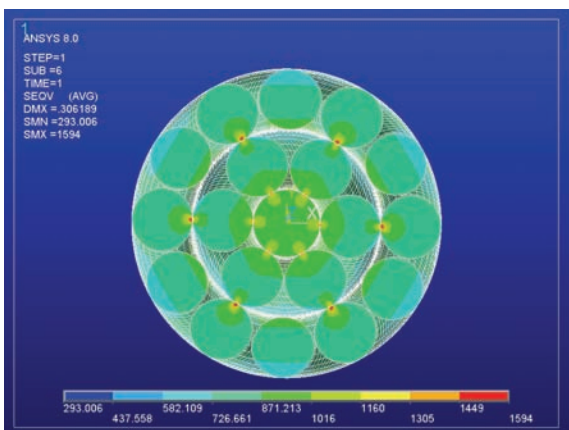


Abb. 11: Schnitt durch das Modell (Spiralseil 1x19) senkrecht zur Seillängsachse, Vergleichsspannung  $\sigma_v$  [N/mm<sup>2</sup>] in der Kreuzungsebene

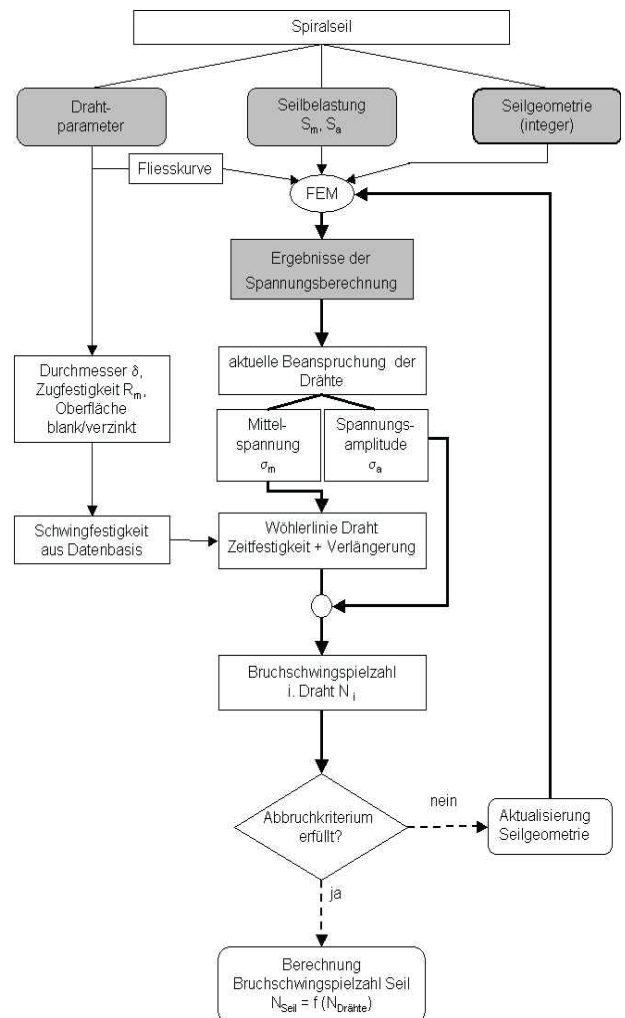


Abb. 12: Ablauf der Lebensdauerberechnung



## MOORING LINES - STAHL- UND FASERSEILE BEI DER VERANKERUNG VON OFFSHOREPLATTFORMEN

Dipl.-Ing. Björn Ernst

Seit Juni 2006 ist das Institut für Fördertechnik und Logistik im Bereich der „Mooring Lines“ tätig, dies sind Verankerungsseile für Bohr- und Förderplattformen zur Exploration von Rohöl und –Gas im Offshorebereich.

Zur Verankerung von schwimmenden Plattformen werden heute hauptsächlich Stahlseile sowie Mehrkomponenten-Mooring-Lines (Kette-Stahlseil-Kette) verwendet. Getrieben durch die weltweit stetig ansteigende Nachfrage nach Rohstoffen arbeiten die Förderunternehmen – insbesondere im Offshorebereich - stets im Grenzbereich des technisch und wirtschaftlich Machbaren.

Hauptproblemfelder sind mit zunehmender Wassertiefe das Eigengewicht der Verankerung und die daraus resultierende Verringerung der Decklast sowie Probleme bei Handhabung, Installation, Inspektion und Wartung der Seile. Auch können keine verlässlichen Vorhersagen für die Lebensdauer der Seile getroffen werden.

Die Lebensdauervorhersagen für Mooring Lines sind durch

- kostenintensive und komplexe Produktion und Handhabung,
- eine äußerst geringe Basis verfügbarer Versuchsdaten,
- schwierig vorhersagbare Lastkollektive aus Wind, Wellen und Strömung,
- Kombinationen verschiedener Schädigungsmechanismen,
- lebensdauerermindernde Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten

erschwert und nur mit Kenntnis der grundlegenden Schädigungsmechanismen und Vorgänge im Seil anzusetzen. Als attraktive Alternative zu den Stahlseilen befinden sich synthetische Faserseile im Fokus der Seilhersteller und Anlagenbetreiber und sind bereits auch vereinzelt im Einsatz.

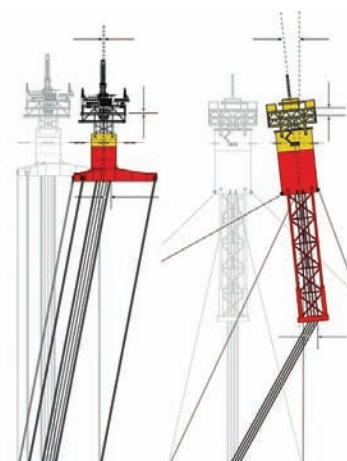


Abb. 13:  
Auswirkungen von Horizontalabweichungen bei "Seastar"- und "Spar"-Systeme im Vergleich

Ein flächendeckender Einsatz wird bisher durch fehlende Langzeiterfahrungen und Nachteile bei den Werkstoffeigenschaften (z. B. Kriechen) verhindert. Durch den Rückgang der leicht erreichbaren Ressourcen wird die Förderung in Zukunft in zunehmend tiefere Gewässer verschoben werden; synthetische Faserseile werden auf Grund ihres geringen Gewichts in Zukunft somit einen festen Platz einnehmen. Das IFT wird die in den verschiedenen Bereichen der Seilanwendung gesammelten Erfahrungen auf den Bereich der Offshore-Mooring Lines auszudehnen.



Abb. 14:  
Turret Mooring System zur Verankerung von FPSOs (Floating Production, Storage and Offloading Unit)

## 2.1.2 PERSONENFÖRDERTECHNIK / SICHERHEITSTECHNIK

### SEILPRÜFUNGEN UND BEGUTACHTUNGEN: ÜBERBLICK

Dipl.-Ing. Sven Winter

Auch im Jahr 2005/2006 hat die Abteilung Personenfördertechnik / Sicherheitstechnik wieder zahlreiche magnetinduktive und visuelle Begutachtungen an Seilbahn-, Brücken- und Abspannseilen durchgeführt, um die Forschung in diesem Bereich weiter auszubauen. Erwähnenswert sind an dieser Stelle unter anderem Prüfungen einer Seilbahn in Hong Kong und von Abspannseilen eines Schiffshebwerkes in Santiago de Chile.

Die Vielfältigkeit des Aufgabenbereichs der Abteilung Personenfördertechnik / Sicherheitstechnik spiegelt sich dieses Jahr insbesondere in der Prüfung und Abnahme zweier Seilbahnneuanlagen in Nesselwang und Todtnau (Feldberg) wieder. Gefordert waren

neben der seilbahn- und elektrotechnischen Übereinstimmungsprüfung der Bahn auch die bautechnische Überwachung und brandschutztechnische Begutachtung der Anlage. Beide Bahnen wurden von der Firma Doppelmayr errichtet. Die Alpstizbahn in Nesselwang bietet dem Nutzer zukünftig und erstmalig in Deutschland den besonderen Komfort einer Kombination aus Sessel- und Kabinenbahn mit insgesamt 56 Fahrbetriebsmitteln im Endausbau sowie einer max. Förderleistung von 1635 Personen in der Stunde. Bei der kuppelbaren Seilbahn am Ahornbühl in Todtnau-Feldberg handelt es sich um eine 4er Sesselbahn mit Wetterschutzhaube, die mit einer Kapazität von 108 Fahrbetriebsmitteln 2500 Pers./h bergwärts befördern kann. Nach erfolgreich durchlaufener Überprüfung beider Anlagen konnte die Sachverständige Stelle des IFT den Betreibern letztendlich und rechtzeitig zum Saisonstart die Erlaubnis zum öffentlichen Betrieb beider Seilbahnen erteilen.



*Abb. 15: Schiffshebwerk in Santiago de Chile*

Im Auftrag des Landes Baden-Württemberg hat das Institut für den Landes pavillon in Stuttgart eine außerordentliche Zustandsbewertung der Seilkonstruktion des abgespannten Flächentragwerks erfolgreich vorgenommen und konnte das Land somit in seiner Entscheidung über den Erhalt der Konstruktion maßgeblich unterstützen.

Aus allen gewonnenen praktischen Erkenntnissen der in diesem Jahr absolvierten Arbeiten sieht das Institut bereits eine gute Basis für weitere Forschungsaufgaben.

Ein weiterer Meilenstein des Jahres 2005/2006 ist die im September 2006 durch das Innenministerium von Baden-Württemberg erlassene europäische Benennung des IFT. Durch Erreichen des Status eines „Notified Bodies“ (Benannte Stelle) wird das IFT künftig bevollmächtigt und anerkannt sein, Seile und Seilendverbindungen im Sinne der Seilbahnrichtlinie 2000/9/EG europaweit zu zertifizieren und Konformitäten auszusprechen.

## SICHERHEIT VON DRAHTSEILEN UNTER ZUGSCHWELLBEANSPRUCHUNG

Dipl.-Ing. Dirk Moll

So genannte "stehende Seile" werden in der Fördertechnik sowie im ingenieur- und bautechnischen Bereich als Halte- und Abspannseile eingesetzt und im Betrieb durch schwellende Zugkräfte belastet. Sobald der Zustand der eingesetzten Seile einen gefahrlosen Betrieb nicht mehr zulässt, müssen sie abgelegt und durch neue ersetzt werden. Durch visuelle oder taktile Methoden ist jedoch bei zugschwellbelasteten Seilen keine zuverlässige Erkennung der Ablegereife möglich, wie von Wehking/Klöpfer 1999 festgestellt.

Ziel dieses DFG-Forschungsvorhabens war es, an zwei unterschiedlichen Seilkonstruktionen, welche in der Praxis häufig als Abspannseile bei Brücken, Masten oder Fassaden eingesetzt werden, zu untersuchen, ob die zuverlässige Erkennung der Ablegereife bei zugschwellbelasteten Seilen auf der freien Seilstrecke mittels zerstörungsfreier Seilprüfmethoden möglich ist. Zum einen wurde ein Litzen-seil mit Stahleinlage (6x36WS-IWRC sZ) mit Seildurchmesser 16 mm, 24 mm und 30 mm, zum anderen ein offenes Spiralseil (OSS 1x37) mit Seildurchmesser 10 mm, 16 mm und 24 mm untersucht. Bei der Litzen-seilkonstruktion 6x36WS-IWRC sZ zeigten sich unabhängig vom Seildurchmesser je nach Belastungsfall unterschiedliche Schadensmechanismen. So entstanden die Drahtbrüche abhängig von der Unterlast  $S_u/d^2$  in der Kernlitze bzw. in den Außenlitzen. Die Einlagenschädigungen nahmen mit kleiner werdender Unterlast deutlich zu, wohingegen bei größeren Unterlasten die Einlage fast ohne Schäden blieb und die Drahtbrüche überwiegend in den Außenlitzen auftraten. Die Drahtbrüche in den Außenlitzen wiederum entstanden überwiegend in der äußeren Drahtlage entlang den Litzenberührlinien.

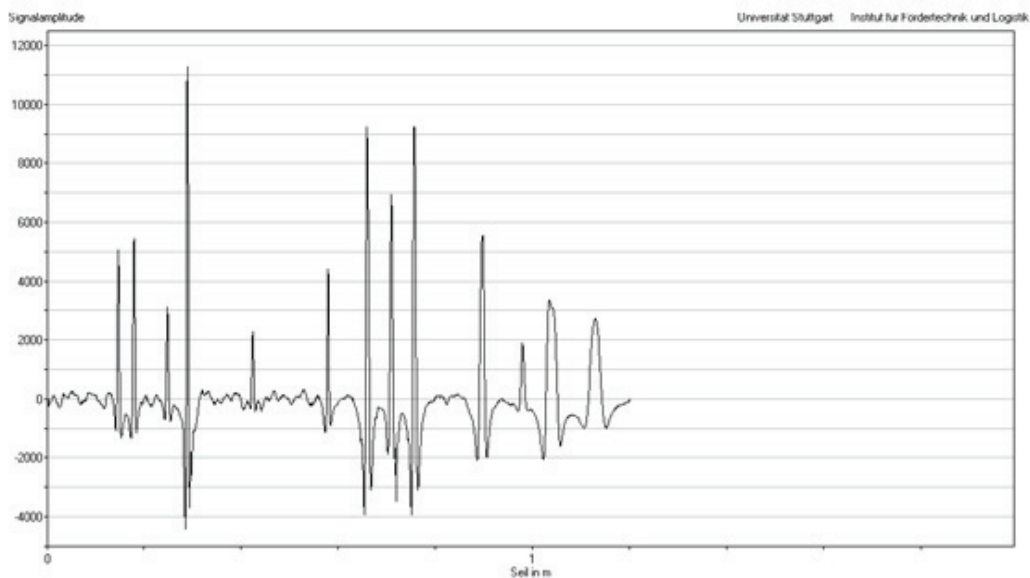


Abb. 16: Drahtbrüche bei einem Litzen-seil

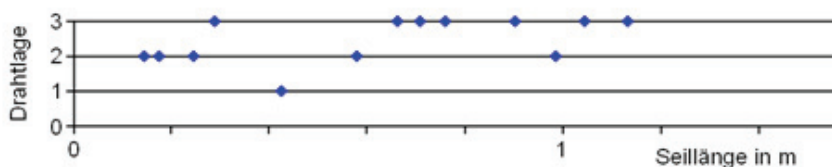
Aufgrund der Drahtbruchentstehung und der Drahtbruchgestalt (kein messbarer Drahtbruchspalt, siehe Abb. 16) waren Drahtbrüche oder gerissene Kernlitzen nur bedingt bzw. gar nicht magnetisch detektierbar. Dies bedeutet für die Praxis, dass bei zugschwellbelasteten Seilen mit der Seilkonstruktion 6x36WS-IWRC sZ weder durch visuelle oder taktile Prüfung noch durch eine magnetische Prüfung

eine zuverlässige Erkennung der Ablegereife möglich ist. Daher sollte beim Einsatz von Seilen mit der Seilkonstruktion 6x36WS-IWRC sZ unter reiner Zugschwellbelastung durch Lebensdauerversuche nachgewiesen werden, dass die Ablegereife der Seile über die Lebensdauer sicher nicht erreicht wird.

Bei den Seilen mit der Seilkonstruktion OSS 1x37 zeigte sich unabhängig vom Seildurchmesser und Belastungsfall, dass mit dem magnetischen Verfahren eine geeignete Prüfmethode zur Überwachung und Ermittlung der Ablegereife von zugschwellbelasteten Seilen zur Verfügung steht (siehe Abb. 17). Zur sicheren Detektierung und Quantifizierung der Drahtbruchzahlen ist es jedoch wichtig, eine magnetische "0"-Messung sowie regelmäßige magnetische Kontrollen der Seile durchzuführen. Eine einmalige magnetische Prüfung ohne eine Vergleichsmessung, d.h. eine vorangegangene Messung, kann zu Fehlinterpretationen führen. Die Drahtbruchentwicklung bei zugschwellbelasteten Seilen mit der Seilkonstruktion OSS 1x37 verläuft exponentiell, ähnlich wie bereits bei laufenden Seilen bekannt.



Messschrieb der magnetinduktiven Prüfung  
 Versuchseil OSS 1x37, Seil-Ø 10 mm, 125000 Schwingspiele



Ermittelte Drahtbrüche nach Öffnen des Seilverbandes

Abb. 17: Messschrieb der magnetinduktiven Prüfung und ermittelte Drahtbrüche



## 2.1.3 MASCHINENENTWICKLUNG UND –OPTIMIERUNG INKL. AUTOMATISIERUNG

### ANALYSE DER SCHÜTTGUTTECHNISCHEN FÖRDERUNG IM VERSATZBERGWERK

Dipl.-Ing. Christian Vorwerk, Dipl.-Ing. Thomas Kuczera

Seit über hundert Jahren gewinnt die Südwestdeutsche Salzwerke AG (SWS) in den Bergwerkstandorten Heilbronn und Bad Friedrichshall-Kochendorf Salz. Seit 1994 wird der Standort Bad Friedrichshall-Kochendorf (Abb. 18) als reines Versatzbergwerk genutzt. Die dort durch die bergbauliche Tätigkeit entstandenen Hohlräume mit einem Gesamtvolumen von rund 45 Mio m<sup>3</sup> werden seitdem durch die umweltgerechte Entsorgung von Abfällen, wie Müllverbrennungsschlacken, Filterstäube, Bauschuttmaterialien, Gießereireststoffe usw. verfüllt. Die angelieferten staubförmigen oder stückigen Abfälle werden in Übertage gelegenen Aufbereitungs- und Behandlungsanlagen gebrochen, z. T. mehrfach vermischt und durch den Einsatz von Stetig- und Unstetigförderern nach Untertage transportiert und dort dauerhaft eingelagert (Abb. 19). Zur Wahrnehmung dieser Aufgabe hat die SWS 1992 die Tochtergesellschaft UEV – Umwelt, Entsorgung und Verwertung GmbH gegründet, die zusammen mit der Albert Huthmann GmbH für die Entsorgung zuständig ist.



Abb. 18: Versatzbergwerk Bad Friedrichshall-Kochendorf

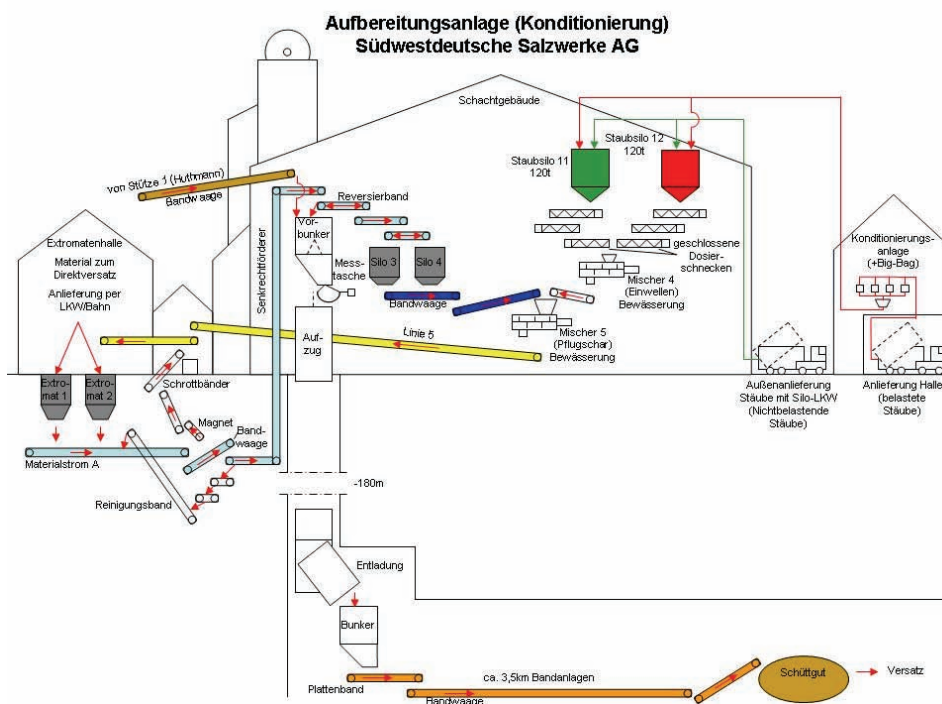


Abb. 19: Ablaufschema der Aufbereitungsanlage



Trotz des inzwischen mehrjährigen Betriebs der fördertechnischen Anlage seit Juni 1998 und diversen Änderungen und Anpassungen an die aufkommende Versatzmenge sind verschiedene Probleme bei der Schüttgutförderung noch nicht gelöst.

Als wichtigste Ursache werden die nicht konstanten Stoffeigenschaften des einzulagernden Materials gesehen, die auch innerhalb eines einzigen Tages mehrfach drastisch wechseln können und die Anpassung der Fördertechnik auf einen kontinuierlichen Förderprozess stark erschweren. Im Vergleich zu Baustoffen muss hier mit extremen Schwankungen aller Stoffeigenschaften gerechnet werden. Insbesondere hydraulisch bindende Materialien mit variierendem Wassergehalt führen deshalb häufig zu Überschüttungen von Übergabestellen oder Brückenbildung beispielsweise beim Bunkerabzug. (Abb. 20). Um die Schwachstellen in der Fördertechnik zu identifizieren und nach ihrer auftretenden Häufigkeit und Auswirkungen auf die Förderung zu beurteilen, wurde im Rahmen einer Diplomarbeit eine 8-wöchige Analysephase im Versatzbergwerk Kochendorf durchgeführt.



Abb. 20:  
Überschüttungen von Übergabestellen

Die Analysephase beinhaltete eine System-, Funktions- und Fehleranalyse der Anlage. Dokumentiert wurden sämtliche auftretenden Störungen, sowie Schwachstellen in der Förderanlage, die langfristig zu Störungen und Kosten führen. Sämtliche Daten wurden mit Hilfe einer ABC-Analyse bewertet, so dass im weiteren Projektverlauf gezielt diese Stellen optimiert werden können. Parallel zur Analysephase wurden die Schüttguteigenschaften Wassergehalt, Scherfestigkeit, Böschungswinkel, Schüttdichte, Korngrößenverteilung und Proben temperatur, sowie die Umgebungseinflüsse Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufgenommen. Die Bestimmung der Schüttguteigenschaften zielte darauf ab, Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen den Schüttguteigenschaften, die gutes Fließ- und Förderverhalten und denen, die schlechtes Fließverhalten, insbesondere die zu Anbackungen führen, aufzuzeigen.

Die Analysephase hat ergeben, dass ein großer Anteil der auftretenden Störungen auf das vorhandene Schüttgut zurückzuführen ist (Abb. 21). Daneben fördern ungeeignete Geometrien in Bunkern und Übergabestellen die Bildung von Anbackungen. Die Untersuchung der Schüttguteigenschaften des vorhandenen Schüttgutes hat ergeben, dass vor allem der stark schwankende Wassergehalt und der hohe Feinkornanteil (Korndurchmesser kleiner als 0,063mm) verantwortlich für Anbackungen sind.

#### ABC/XYZ-Analyse:

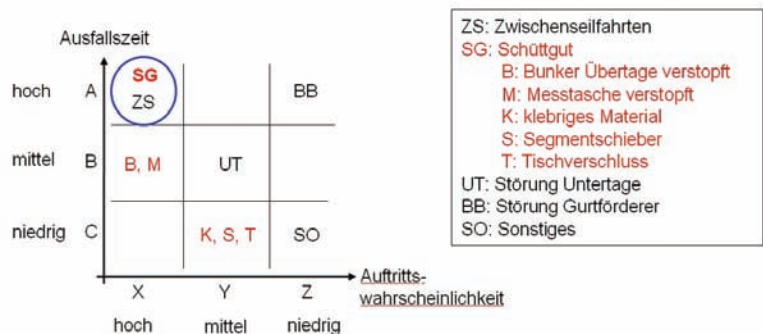


Abb. 21: ABC/XYZ-Analyse

Im Rahmen von Folgeprojekten sollen vor allem geometrische Optimierungen der Schüttgutförderung entwickelt werden. Weiterhin sollen auch weitere Schüttguteigenschaften wie Reibwerte des Schüttgutes auf unterschiedlichen Oberflächen und die Abhängigkeit der Reibwerte von Vorspannung und Zeitverfestigung betrachtet werden. Modellversuche verschiedener Geometrien von Bunkern mit unterschiedlichen Schüttgütern (insbesondere schwankendem Wassergehalt) sollen die Wirksamkeit der Optimierungsmaßnahmen im Vorfeld bestätigen.

## SCHADENSANALYSE AN EINEM LADUNGSTRÄGER

Dr.- Ing. Alexander Dobrinski

Für einen Automobil-Konzern wird ein Teil der Motoren in Australien gefertigt. Hierzu wird ein Ladungsträger als Transportverpackung für jeweils 6 Motoren eingesetzt. Dieser wird auf dem Seeweg nach Europa transportiert. Dort wird der Seecontainer auf einen LKW umgesetzt und zu den Montage-Werken transportiert. Kurz vor den jeweiligen Werken werden diese Container auf Speditionshöfe verfrachtet, dort die Ladungsträger aus den Containern geladen, auf LKWs verladen und in das entsprechende Werk transportiert.

Im Montage-Werk versagte kürzlich ein Ladungsträger auf folgende Weise: Alle 4 Ecksäulenträger sind im Bereich der Schweißnähte aber auch im Profilbereich ausgerissen (Abb. 23). Konsequenzen: Der Ladungsträger ist nicht mehr stapelbar und stellt eine extreme Unfallgefahr dar. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im beladenen Zustand bis zu 4 dieser Ladungsträger übereinander gestapelt werden. Mit Hilfe einer FEM Berechnung sollten die Spannungsverläufe im Bereich der Bruchstellen ermittelt werden, um als Grundlage für Modifikationsvorschläge des Gestells (Verstärkung der betroffenen Bereiche) zu dienen.

Die Auswirkung dieser Modifikationen hinsichtlich der Absenkung des Spannungsniveaus sollte zusätzlich aufgezeigt werden. Das FEM-Modell ist in Abb. 22 dargestellt. Für die FEM Berechnungen wurde ein Viertel des Transportgestells mit eingestecktem Profilrohr abgebildet. Es ist davon auszugehen, dass die Spannungsverläufe in den nicht abgebildeten Ecken identisch sind.

Die Vergleichsspannungen im untersten Ladungsträger bei 4-fach gestapelten GLT liegen in einem unkritischen Bereich. Daher werden die Lastfälle betrachtet, bei denen zusätzliche Kräfte durch die Beschleunigungen/Verzögerungen in Quer- und Längsrichtung auftreten.

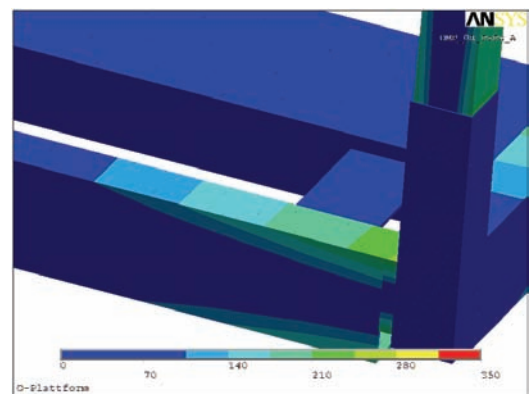


Abb. 22: FEM-Modell des Ladungsträgers

Die Spannungsverteilung im IST Zustand bei der Druckkraft von oben mit Beschleunigung in Längsrichtung zeigt, dass sich die höchste Vergleichsspannung an der Verbindung vom Längs-C-Profil zur Ecksäule befindet und über dem zulässigen Wert für den verwendeten Werkstoff (St 37) liegt. Basierend auf der berechneten Spannungsverteilung ist somit davon auszugehen, dass das Gestell zunächst im Stoßbereich Längs-C-Profil / Ecksäule bricht.

Das führt in der Folge zum Versagen des Stirn-C-Profils an der Durchdringung. Durch die Einbringung von zwei Rippen (Abb. 23) wird das Spannungsniveau im Längs-C-Profilrohr bei Belastung in Längsrichtung gesenkt.

Die Ergebnisse der FEM-Berechnungen führten zu der Erkenntnis, dass die Gestelle entsprechend der vom IFT aufgezeigten Variante modifiziert werden müssten. Somit müssen an allen 4 Eckbereichen des Gestells jeweils 2 Verstärkungsbleche (= 8 Stück) in der dargestellten Geometrie angeschweißt werden.

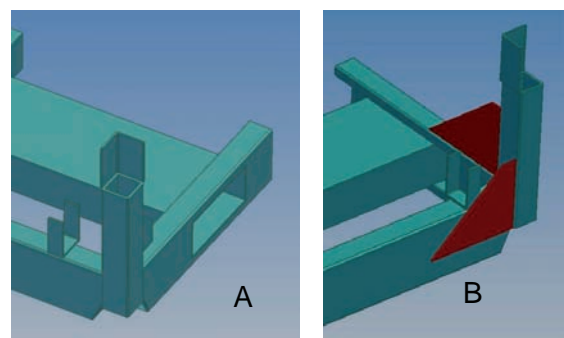


Abb. 23 A): Ausgerissene Ecksäulenträger  
B): Verstärkungen im Eckbereich

## SCHWINGUNGSANALYSE AN ANTRIEBSKOMPONENTEN

Dipl.-Ing. Christian Vorwerk

Die Transportleistung von Kranen wird wesentlich von den eingesetzten Antriebs- und Steuerungskonzepten bestimmt. Zur Analyse und Weiterentwicklung bestehender Antriebssysteme werden in zunehmenden Maße Schwingungsuntersuchungen und Simulationsmodelle herangezogen. Im Auftrag der ThyssenKrupp Fördertechnik GmbH in St. Ingbert-Rohrbach wurde eine experimentelle Schwingungsanalyse an Hubwerksantrieben von Kabelkranen als Grundlage für die Auslegung zukünftiger Antriebskonzepte durchgeführt.

### Massenbetonförderung beim Staudambau

Die im Bau befindliche Xiaowan-Talsperre in der südchinesischen Provinz Yunnan soll ab 2012 zur Stromerzeugung, Bewässerung und ganzjährigen Schiffbarmachung des Mekong dienen, der in China Lancangjiang heißt (Abb. 24). Der Staudamm wird nach Fertigstellung mit 292 m über die höchste Bogenstaumauer der Welt verfügen und einen Speicherraum von 15 km<sup>3</sup> (!) bei einer Stauseelänge von etwa 175 km aufweisen. Das Wasserkraftwerk der Xiaowan-Talsperre wird eine elektrische Leistung von 4,2 GW produzieren.



Abb. 24: Xiaowan-Talsperre in Yunnan



Abb. 25: Betonübergabestellen

Zur Errichtung des Staudamms werden insgesamt etwa 8,4 Mio m<sup>3</sup> Beton benötigt, die von einer Übergabestelle auf Höhe der Mauerkrone bis zur (mit dem Baufortschritt variierenden) Einbaustelle mit fünf parallel fahrbaren Kabelkranen der ThyssenKrupp Fördertechnik GmbH transportiert werden (Abb. 25). Der Beton wird an der Übergabestelle von einem LKW direkt in den zum Beladungsvorgang auf einem Podest abgesetzten Transportkübel abgekippt (Abb. 26). Nach vollständiger Füllung wird der Kübel angehoben, horizontal (durch den Katzfahrtrieb) verfahren und zum Einbauort abgesenkt.

Am Hubwerksantrieb werden Gleichstrommotoren mit einer Nennleistung von 950 kW bei Drehzahlen von bis zu 1310 1/min im Feldstellbereich eingesetzt (Abb. 27). Die während eines Hubvorganges entstehenden Motor- und Lastschwingungen werden neben den Antriebskomponenten z.B. auch von der Lagerung des Motors im Kabelkran und der Seilsteifigkeit beeinflusst. Die vom IFT durchgeführte experimentelle Schwingungsanalyse unterstützt den Konstrukteur bei der Abstimmung dieser Kran-komponenten auf die geforderten Kranlasten und Hubgeschwindigkeiten.





Abb. 26: Betonanlieferung mittels LKW



Abb. 27: Gleichstrommotoren des Hubwerkantriebs

### Schwingungen messen ...

Die Messungen wurden an unterschiedlichen Positionen des Hubwerksantriebs im normalen Förderbetrieb (Betontransport zur Einbaustelle am Staudamm) bei mehreren Kranen durchgeführt. Es wurden dabei Beschleunigungssignale am Hubwerksmotor und der Motorlagerung mit kapazitiven Sensoren aufgenommen, um sowohl horizontale und vertikale Schwingungen, als auch Torsionschwingungen zu erfassen. Parallel wurden Ankerspannung und -strom, das abgegebene Drehmoment und die Ist Drehzahl des Hubwerksmotors aufgezeichnet, um die entstehenden Schwingungen den unterschiedlichen Phasen eines Transportvorganges zuordnen zu können (Heben, bzw. Senken des Transportkübels, Katzfahrt mit und ohne Last). Da die Spannung des Versorgungsnetzes auf der Baustelle bei Lastschwankungen (z.B. beim Anheben des gefüllten Transportkübels vom Podest) auf der Verbraucherseite um teilweise über 20% (!) einbrach, wurde auch die Versorgungsspannung zur Erfassung einer möglichen Stromrichterüberlastung mit überwacht.

### ... und analysieren

Alle Messdaten wurden in einer MS-Access-Datenbank gespeichert und anschließend mit einem im IFT entwickelten FFT-Softwarepaket ausgewertet, das neben einer transparenten Darstellung der Messergebnisse im Zeit- und Frequenzbereich auch eine automatische Kompensation der (insbesondere bei Schwingfrequenzen oberhalb 100 Hz zu berücksichtigenden) Amplituden- und Phasengänge der Beschleunigungssensoren ermöglicht (Abb. 28).

Die im Antriebssystem während des Kranbetriebes entstehenden Schwinggeschwindigkeiten und – beschleunigungen werden neben der Anregung durch die mit unterschiedlichen Drehzahlen (je nach Motordrehzahl und Getriebeübersetzung) rotierenden Massen auch von den Lastbewegungen, der Spannungsrestwelligkeit am Ausgang des Stromrichters und der Motorsteuerung beeinflusst. Dabei wird ein relativ großer Frequenzbereich vom Stillstand des Antriebs bis zum Erreichen der maximalen Hubgeschwindigkeit durchfahren. Zur Bewertung des Belastungskollektives der Krankomponenten im Praxisbetrieb müssen deshalb neben den dynamischen Anfahr- und Bremsvorgängen insbesondere auch die „stationären“ Bewegungen (Heben, bzw. Absenken der Last mit gleichbleibender Geschwindigkeit) untersucht werden. Deshalb wurde für die Analyse der Messergebnisse bei unterschiedlichen maximalen Hubgeschwindigkeiten jeweils ein vollständiger Transportvorgang herangezogen (von der

Befüllung des Transportkübels an der Übergabestelle bis zum Rücktransport des leeren Kübels). Die bei diesen maßgeblichen Bewegungsvorgängen in den einzelnen Frequenzbereichen entstehenden Schwingungsanteile wurden durch eine Fourieranalyse ermittelt und die daraus entstehenden Bauteilbelastungen bewertet.

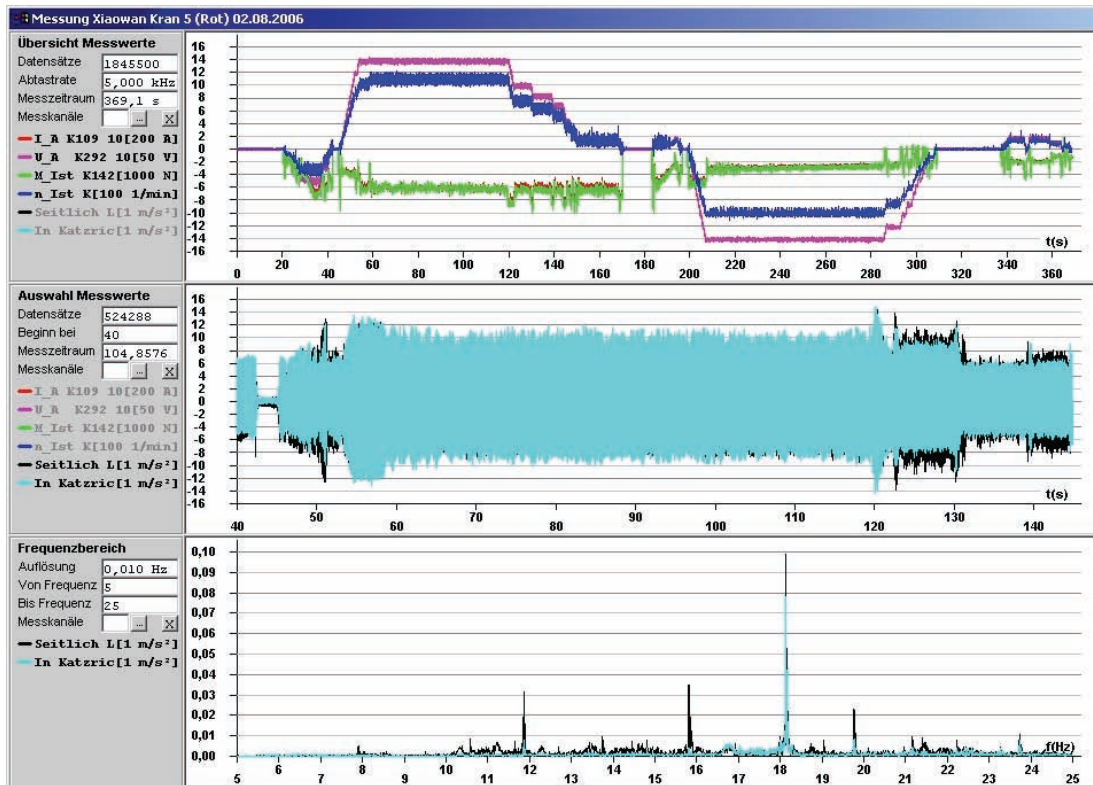


Abb. 28: Darstellung und Auswertung der Messwerte

Zur optimalen Auslegung der Antriebskomponenten werden zunächst die (notwendigerweise auch im Bereich der Schwingungsanregungen vorhandenen) Eigenfrequenzen der Komponenten aufeinander abgestimmt. Die Abstimmung kann bspw. durch die Auswahl von Zukaufteilen (z.B. Kupplung) mit einer bestimmten Eigenfrequenz oder eine gezielte Veränderung der Eigenfrequenzen des Stahlbaus (z.B. durch die Versteifung von Trägern) erreicht werden. Anschließend wird die Kransteuerung an die gewählte Auslegung angepasst (Festlegung von Beschleunigungs- und Bremsrampen, Geschwindigkeitsstufen, Zeitkonstanten, Bandfiltern, etc.).

Durch die systematische Analyse der im Praxisbetrieb an den Antriebskomponenten entstehenden Schwingungen wurden unterschiedliche Optimierungsmaßnahmen entwickelt, die eine weitere Erhöhung der Lebensdauer von Kabelkränen durch eine Reduzierung der entstehenden Bauteilbelastungen versprechen.



## TECHNISCHE OPTIMIERUNG VON FLURFÖRDERZEUGEN

Dipl.-Ing. Christian Vorwerk, Dipl.-Ing. Armin Batha

Durch den Einsatz von geeigneten Prüfständen sollen auf Basis der Analyseergebnisse und den bereits vorhandenen Kenntnissen der Projektpartner standardisierte Tests entwickelt und in Normen und Richtlinien eingearbeitet werden, um das Verschleißverhalten objektiv beurteilen zu können.

### Hightech am Boden

Die Wirtschaftlichkeit der Umschlagsprozesse beim Einsatz von Stapler- und Lagertechnikgeräten wird von den eingesetzten fördertechischen Basiselementen wie z.B. den Rädern und Rollen von Flurförderzeugen (FFZ) entscheidend mit beeinflusst. Bei den heute im Indoor-Bereich eingesetzten Flurförderzeugrädern handelt es sich weitestgehend um Metallfelgen mit einem Belagmaterial aus Polyurethan. Das Kunststoffmaterial wird bei Räderherstellern, zusammen mit speziellen Bindemitteln großtechnisch verarbeitet und dann im Heißgießverfahren auf die Radkörper aufgegossen. Die heute verwendeten Räder und Rollen stellen das Endergebnis von extrem zeitintensiven, bisher ausschließlich empirischen Untersuchungen dar.

Die ständig wachsenden Anforderungen an die Verfügbarkeit der Fahrzeuge auf bis zu 100% und die auch weiterhin notwendige Steigerung der Umschlagsleistung führen zu einer drastischen Erhöhung der Umfangskräfte beim Antreiben und Bremsen und den entstehenden Lenkmomenten und –geschwindigkeiten. Daraus folgen sehr hohe Flächenpressungen und thermische Grenzen für das Versagen von Rädern und Rollen von FFZ, was zu hohem Verschleiß und dem Auftreten schlagartiger Zerstörungen führt. Bisher realisierte Lösungen könnten die zukünftigen Anforderungen bei hinreichender Radlebensdauer nicht mehr erfüllen.

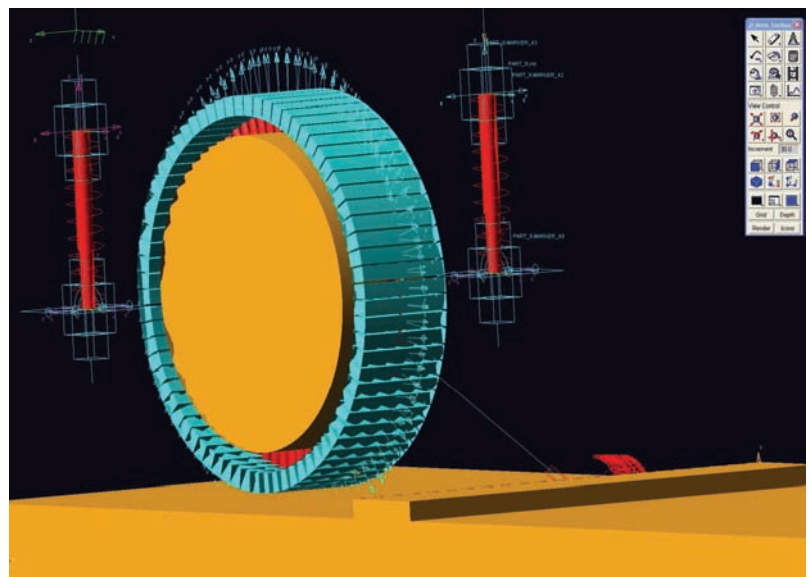


Abb. 29: Mehrkörper-Schwingungsmodell Rad-Bodenkontakt

Um den Zielkonflikt zwischen Radlebensdauer und Fahrzeugleistung aufzulösen und weiterhin die mögliche Lastaufnahme von FFZ im Indoor-Bereich von heute bis zu zwei Tonnen weiter zu steigern, soll eine neue, zukunftssträchtige Radtechnologie durch neue Werkstoffe, Fertigungsverfahren und Radkonstruktionen im Rahmen eines Forschungsprojektes entworfen werden. Diese neue, innovative Technologieentwicklung wird durch die bisher einmalige Zusammenarbeit der FFZ-Hersteller Kion Group GmbH und Jungheinrich AG mit den Räder- und Rollenherstellern Räder-Vogel GmbH und Wicke GmbH, dem Kunststoffhersteller Bayer Material Science AG, der Robert Bosch GmbH als Anwender von FFZ in der Produktion, dem Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart und dem Lehrstuhl für Maschinenelemente und technische Logistik der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg in einem BMBF-Verbundforschungsprojekt möglich.

## 2.2 BEREICH LOGISTIK

### NEUE ZIELFÜHRUNGSSYSTEME FÜR FLURFÖRDERZEUGE

Dr.-Ing. Klaus-Peter Rahn, Dipl.-Ing. Frank Seeger, Dipl.-Logist. Daniel Neuhäuser

Im Jahre 2005 hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) zur Stärkung der deutschen Wirtschaft eine Forschungsinitiative gestartet, in der logistische Aspekte in der Teilausschreibung „Wandelbare Logistiksysteme“ berücksichtigt werden. Im Rahmen dieser Ausschreibung wurde im April 2006 das Projekt „Neue Zielführungssysteme für Flurförderzeuge“ bewilligt und gestaltet. Aufgabe des Projektes Identprolog ist es, neue Methoden und Verfahren zu entwickeln, um eine effizientere Materialflusssteuerung umzusetzen. Die neue Steuerung basiert dabei auf RFID-Komponenten, die u. a. auf Ladungsträgerebene im Materialfluss eingesetzt werden (siehe Abb. 30).

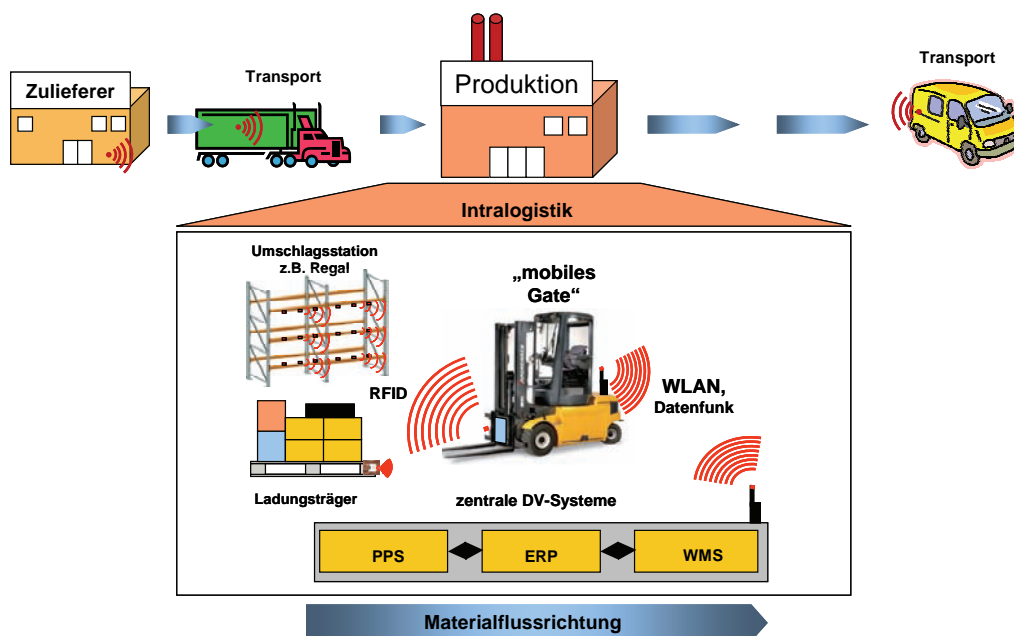


Abb. 30: Übersicht Identprolog (Quelle: Jungheinrich AG)

Neben der Zielsetzung neue effiziente Methoden für die Materialflusssteuerung von Flurförderzeugen (am Beispiel der Komponente Gabelstapler) zu entwickeln, ist es auch Aufgabe im Projekt, die Entwicklungen des Marktes im Bereich RFID-Komponenten mit in die ganzheitliche Konzeption der neuen Zielführungssysteme zu integrieren. Aufgrund des breit gefächerten gewünschten Anwendungsspektrums ist eine branchenübergreifende und auch internationale Lösung erforderlich.

Zukünftig werden Optimierungswerkzeuge zur Analyse des Materialflussprozesses ebenfalls in ein Konzept dezentraler, mit eigener Intelligenz ausgestatteter Subsysteme eingebunden werden und im Vergleich zu heute eine deutlich höhere Bedeutung erlangen. Eine flexible, echtzeitfähige Materialflussanalyse wird unverzichtbarer Bestandteil eines effektiven innerbetrieblichen Materialflusskonzeptes sein. Die Vielzahl der aus dem dezentral organisierten, flexibel aufgebauten Gesamtsystem gewonnenen Daten stellt dabei die Grundlage für eine kontinuierliche, prozessbegleitende Optimierung dar.

Das Institut für Fördertechnik und Logistik deckt in diesem Projekt die Bereiche der Geschäftsprozessmodellierung und –bewertung sowie der Simulation des neuen Materialflusssystem ab. Aufbauend auf den heutigen Prozessen des Pilotanwenders KUKA Roboter GmbH werden die zukünftigen Sollprozesse erarbeitet, modelliert und mit Hilfe des Verfahrens der Prozesskostenbewertung betriebswirtschaftlich bewertet. Es erfolgt also eine Gegenüberstellung der heutigen zu den gewünschten Sollprozessen. Um zusätzlich die dynamischen Logistikkenngrößen mit den neuen Zielführungssystemen abzubilden, wird eine Materialflusssimulation durchgeführt, mit deren Hilfe sowohl unterschiedliche Steuerungsmethoden für die neuen Zielführungssysteme als auch die benötigten Kapazitäten zur operativen Abwicklung des Materialflusses ermittelt werden können. Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten des IFT ist die Zusammenführung zwischen der Materialflusssimulation und der Prozesskostenrechnung in unterschiedlichen Szenarien.

Darüber hinaus entsteht im Rahmen des Projekts am IFT ein neuer Versuchsstand, mit dessen Hilfe Dauerlauftests zur Ermittlung der Schreib- und Lesezuverlässigkeit von RFID-Komponenten in Kombination mit unterschiedlichen Flurförderzeugen und Ladungsträgern durchgeführt werden können. Darüber hinaus sind Fahrgeschwindigkeit, Breite und Höhe des Antennengates variierbar sowie Lese- und Schreibtechnik verschiedener Hersteller verwendbar.

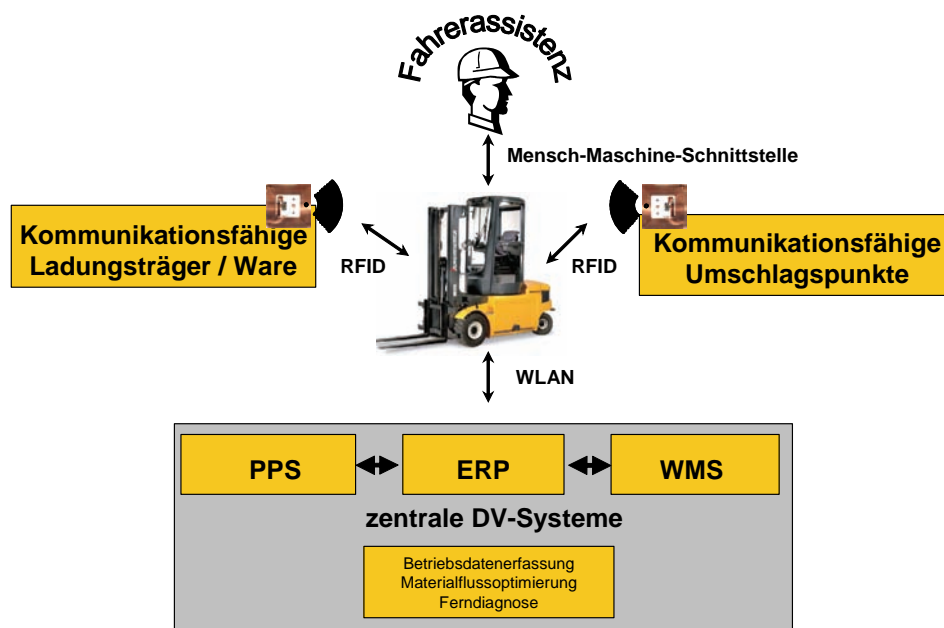


Abb. 31: Datenfluss Identprolog (Quelle Jungheinrich AG)

Als weiteren Teilbereich führt das IFT einen Wirtschaftlichkeitsnachweis der neuen Systeme durch. Im diesem Rahmen ist es erforderlich, die durch die Integration der neuen Komponenten sich neu ergebenden Ablauforganisationen und Steuerungen der neuen Logistiksysteme mittels dynamischer Simulation hinsichtlich der erforderlichen Kapazitäten auf Funktionalität und Umsetzbarkeit hin zu überprüfen. Aufbauend auf den Simulationsergebnissen können dann die ermittelten Steuerungs- und Kapazitätsangaben in das Prozessmodell eingefügt werden. Es wird somit ein integrierter Funktionsnachweis für das neue Gesamtsystem und der innovativen Komponenten in das Prozesswirtschaftlichkeitsmodell integriert. Somit findet eine Verknüpfung zwischen tatsächlichen Abläufen und Steuerungsstrategien mit dem Nachweis der erforderlichen Wirtschaftlichkeit statt.

Durch den Einsatz von RFID-Tags und dem FFZ als zentrale Schnitt- und Übermittlungsstelle entfallen sämtliche manuellen Vorgänge der Datenerfassung. Die Datenübertragung erfolgt berührungslos direkt an das übergeordnete zentrale DV-System, das wiederum direkt Angaben zum Übergabe- oder Lagerplatz an das FFZ übermittelt (Abb. 31).

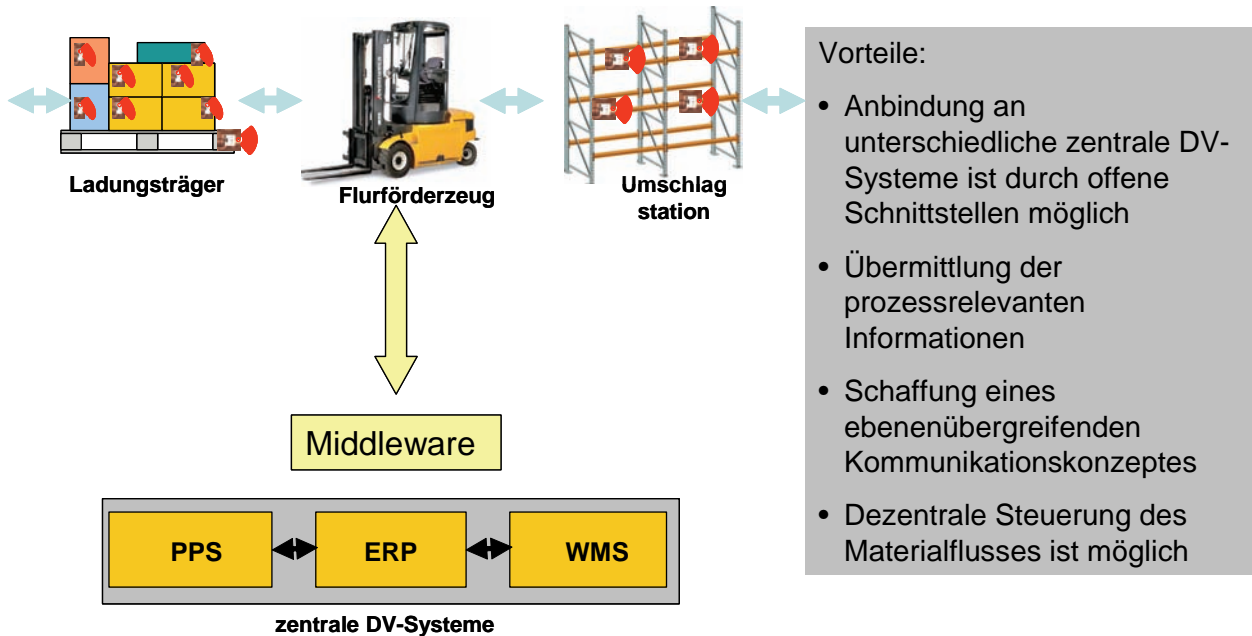


Abb. 32: Dezentrale Steuerung des Materialflusses (Quelle Jungheinrich AG)

Das laufende Forschungsvorhaben Identprolog untersucht speziell die Kommunikation zwischen Ladungsträgern und Warenumschlagsstationen auf der einen, sowie übergeordneten, zentralen DV-Systemen auf der anderen Seite mit dem Flurförderzeug als „zentrale Schnittstelle“. Ziel ist die Schaffung eines Zielführungssystems zur sicheren und transparenten Steuerung der Ladungsträger und Materialien im innerbetrieblichen Materialfluss (Abb. 32).

Weiterhin sollen sich durch die Festlegung von herstellerübergreifenden Standards neben den intralogistischen Vorteilen auch Verbesserungen beim unternehmensübergreifenden Materialfluss ergeben. Darüber hinaus soll durch die Kombination einer Prozesskostenrechnung mit einer dynamischen Materialflusssimulation eine neue Methode entwickelt werden, Planungsprozesse mit betriebswirtschaftlicher Bewertung direkt zu verknüpfen.

Von den erzielbaren Fortschritten bei der technischen Implementierung und der Akzeptanz bei den Nutzern wird es abhängen, wie schnell sich derartige Systeme durchsetzen und zur Marktreife gelangen können.

## RFID – SYSTEMATISCHE VERSUCHE FÜR DEN ZUVERLÄSSIGEN EINSATZ IN DER LOGISTIK

Dipl.-Logist. André Siepenkort

Mit zunehmender Komplexität und Vielfalt der Logistikprozesse steigt der Stellenwert der eingesetzten Informationstechnologien, wozu auch die RFID-Technologie zählt. Unter „Radio Frequency IDentification“ wird die Kommunikation per Funkwellen zwischen Datenträger (Transponder) und Lesegerät verstanden.

Ein Schwachpunkt der RFID – Technologie ist momentan je nach Anwendung die mangelnde Zuverlässigkeit und Wiederholgenauigkeit bei Pulklesungen. Die Industrie und der Handel brauchen Identifikationstechnologien, deren Erfassungsrate im Bereich nahe 100% liegt. Die Gefahr besteht darin, dass durch ein unzuverlässiges RFID – System unvollständige bzw. fehlerhafte Datensätze erzeugt werden können. Die Korrektur der Daten kann teurer sein als die durch die Reorganisation der Prozesse mittels RFID erzielten Einsparungen.

Das Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) in Stuttgart verfügt über einen RFID – Versuchsstand (Abb. 33), mit dem Pulkerkennungsversuchsreihen durchgeführt werden können. Der Aufbau besteht aus einer Förderstrecke von ca. 9 m Länge. Die Fördergeschwindigkeit der Anlage beträgt 0,5 m/sec. Es können Ladeeinheiten mit einem Gewicht von bis zu 300 kg geprüft werden. In der Mitte der Förderstrecke sind beidseitig jeweils eine Rahmenantenne für den Frequenzbereich 13,56 MHz sowie je zwei Antennen für den Bereich 868 MHz montiert.

Durch die Installation der Fördertechnik sind Dauerversuche möglich, die den exakten Bedingungen des Industrieinsatzes entsprechen. Um statistisch abgesicherte Versuchsergebnisse zu erhalten, werden die verschiedenen Versuchsreihen mit jeweils 10.000 Zyklen durchgeführt. Unter einem Zyklus wird das Durchfahren einer Ladeeinheit durch den Antennenbereich und der dazugehörige Auslesevorgang verstanden.



Abb. 33: RFID-Versuchsstand des IFT Stuttgart

Anhand der Versuchsreihen sollen Parameter identifiziert werden, die die Pulkerfassung von Transpondern beeinflussen. Ziel ist es, dass alle Transponder einer Ladeeinheit zuverlässig, d.h. mit einer Erfassungsrate von möglichst 100%, erkannt werden.



Bei den durchgeführten Versuchsreihen werden unterschiedliche Versuchsbedingungen zur Ermittlung der optimalen Bedingungen überprüft, um die Unterschiede der verschiedenen Parametereinstellungen des RFID – Systems quantitativ darstellen zu können.

Im Fokus der Versuchsreihen stehen dabei folgende Parameter:

- Systemfrequenz
- Datenmenge
- Art und Anzahl der Transponder im Lesefeld
- Ausrichtung und Position der Transponder untereinander
- Ausrichtung und Position der Transponder im Antennenfeld
- Art, Menge und Verteilung kritischer Materialien wie Metall und Wasser am gelabelten Objekt

### Pulkversuche im Frequenzbereich 868 MHz (optimale Antennenausrichtung)

Nachdem die Versuchsreihen im Bereich 13,56 MHz bereits 2005 abgeschlossen wurden, stand der Ultrahoch – Frequenzbereich (UHF, 868 MHz) im Fokus der kürzlich abgeschlossenen Versuchsreihen.

Als Versuchsaufbau am IFT dienen 12 Kleinladungsträger (KLT; 600 x 400 mm), die in drei Lagen auf einer Euro – Palette mit den Abmaßen 1.200 x 800 mm gestapelt sind. Prinzipiell kann an jeder Seite der KLT ein Transponder angebracht sein. Das bedeutet bei 12 KLT pro Palette insgesamt 48 Transpondern pro Ladeinheit. Für die Versuchsreihen wurden zwei Ladeeinheiten durchgeführt. Die Ladeeinheiten unterschieden sich lediglich in der Position des Transponders am KLT. Bei einer Ladeinheit werden die Transponder im oberen Bereich der KLT angebracht. Hier spricht man vom nestbaren Bereich, da bei Staplung mehrerer KLT der obere in den unteren einnestet. In diesem Bereich befindet sich kein Behälterinhalt. Bei der anderen Ladeinheit werden die Transponder auf mittlerer Höhe der KLT – Seiten positioniert (siehe Abb. 34). Aufgrund der verschiedenen Transponderpositionen sollen die Auswirkungen verschiedener Behälterinhaltsstoffe auf die Pulkerfassung überprüft werden.

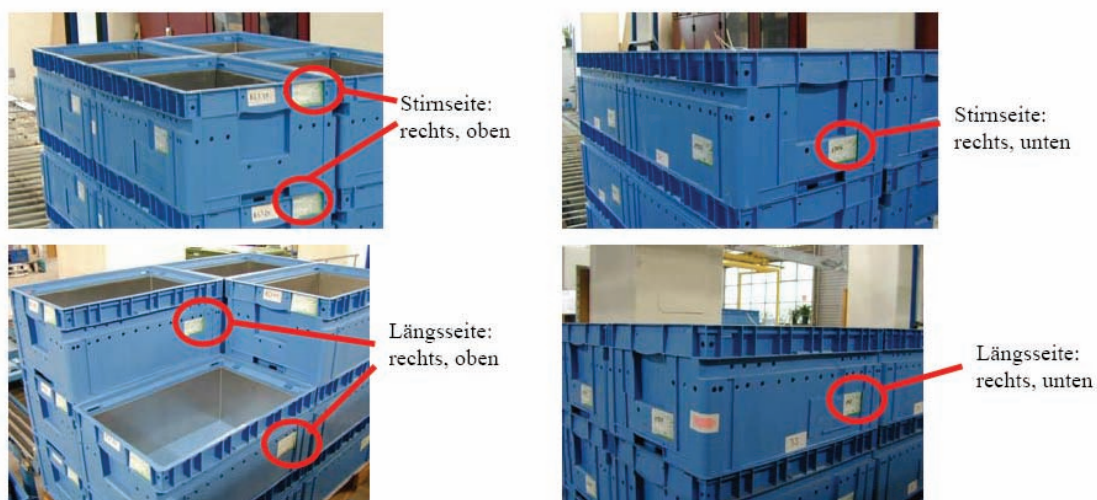


Abb. 34: Positionierung der Transponder an KLT  
(links: Transponderposition 1; rechts: Transponderposition 2)

Die Auswertung der Versuchsreihen ergibt, dass bei einer Frequenz von 868 MHz die Erkennungsraten nicht nur bei metallischem Behälterinhalt, sondern auch bei Wasser deutlich unter 100% fallen (siehe Abb. 33). Die geringen Erfassungsraten sind mit der abschirmenden Wirkung dieser drei Inhaltsstoffe zu erklären. Wasser wirkt im UHF – Bereich aufgrund der kürzer welligen Frequenz dämend. Dieses Phänomen war im HF – Bereich nicht zu beobachten.

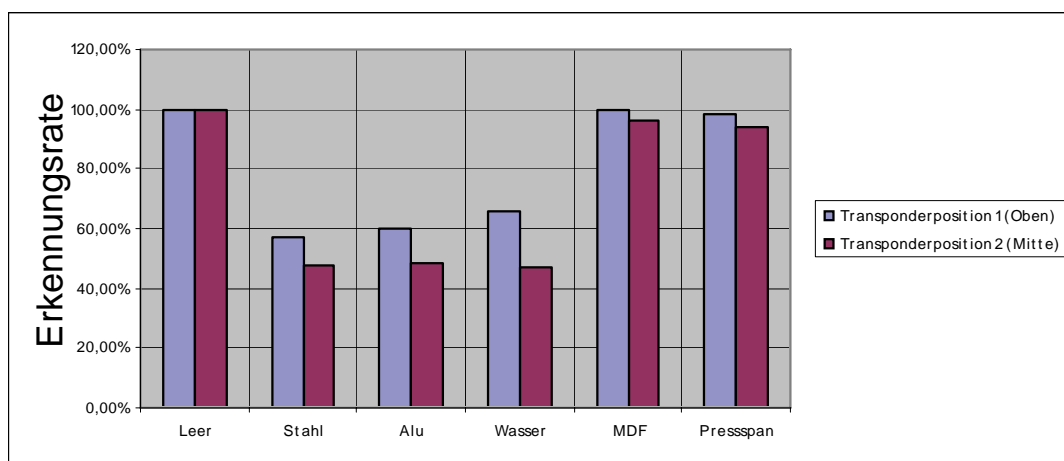


Abb. 35: Versuchsergebnisse 868 MHz (optimale Antennenausrichtung)

Jedoch werden leere bzw. mit Holz ausgekleidete Behälter nicht zu 100 % erfasst, sondern zu 99,99% (leer), zu 99,66% (MDF-Platten) bzw. zu 98,58% (Spanplatten). Da die Werte nicht signifikant voneinander abweichen, kann davon ausgegangen werden, dass Holz keinen Einfluss auf die Erkennungsrate bei Pulkerfassungen hat. Transponderposition 1 (oben) ist für eine zuverlässige Pulkerfassung von Transpondern vorteilhafter. In Abhängigkeit des jeweiligen KLT –Füllstoffs sind die Erfassungsraten tendenziell durch die Anbringung des Transponders im nestbaren Bereich der KLT bei Transponderposition 1 höher als bei Position 2).

Die Erfassungsraten aller UHF – Transponder sind weit unter der von der Industrie angestrebten 100% (Abb. 35). Je nach ihrer Position innerhalb der Ladeeinheit wird deutlich, dass die an den äußeren Längsseiten angebrachten Transponder zu 100% gelesen werden. Am Beispiel der Versuchsreihen im UHF-Bereich wird offensichtlich, dass selbst bei der im Versuch schlechter abgeschnittenen Transponderposition 2 (unten) eine zuverlässige Erfassung der einzelnen Kleinladungsträger gewährleistet werden kann. (Abb. 36). Diese Werte sind unabhängig von den verwendeten Füllstoffen der Behälter. Dieses bedeutet, dass bei der Verwendung von KLT (600 x 400 mm) zwei Transponder – je Längsseite ein Datenträger – für eine zuverlässige Erfassung in der Praxisanwendung ausreichend sind.

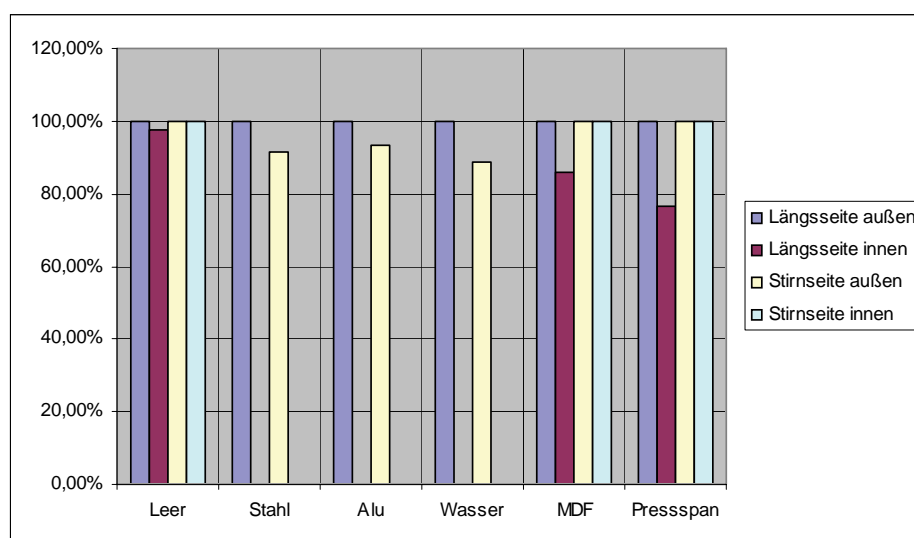


Abb. 36: Versuchsergebnisse 868 MHz (Transponderposition 2) bei optimaler Antennenausrichtung differenziert nach Transponderposition am KLT innerhalb der Ladeeinheit

## Pulkversuche im Frequenzbereich 868 MHz (nicht – optimale Antennenausrichtung)

Im UHF-Bereich werden Backscatter – Antennen verwendet. Hier erfolgt die Ausbreitung der Feldlinien keulenartig (siehe Abb. 37). Die UHF – Wellen bestehen aus einem magnetischen und einem elektrischen Feld. Aus dem Produkt der beiden Felder ergibt sich ein Strahlungsvektor. Trifft das elektromagnetische Feld z.B. auf einen Transponder mit Dipolantenne, wird das Signal zur Energieversorgung der Transponderkomponenten genutzt. Der Transponder gibt elektromagnetische Wellen ab, welche die Daten des Speichers enthalten. Das Schwingungsverhalten der Dipolantenne ist exakt vorhersagbar und mathematisch definiert.

Problematisch beim Einsatz von Dipolantennen ist, dass das Antennensignal nicht gleichmäßig zurückgeworfen wird. Der Strahlungsvektor des Antennenfeldes sollte daher nicht parallel zur Längsachse des Dipols verlaufen. Daher ist eine Ausrichtung der Transponder im Antennenfeld erforderlich. Die optimale Ausrichtung der Backscatter – Antennen ist um  $45^\circ$  zur Förderrichtung des Versuchstandes geneigt und um  $45^\circ$  gedreht (siehe Abb. 33). Durch die Neigung sowie die Drehung der Antennen wird vermieden, dass die Längsachse des Transponders parallel zur Ausbreitungsrichtung des Strahlungsvektors verläuft. D.h. es kann unter den genannten Umständen nicht zu einem Empfang der vom Transponder abgegebenen elektromagnetischen Wellen durch die Antennen der Schreib-/Leseinheit erfolgen. Somit kann der Transponder seine eindeutige Identifikationsnummer zwar senden, aber diese wird von der Leseinheit des RFID - Systems nicht erkannt.

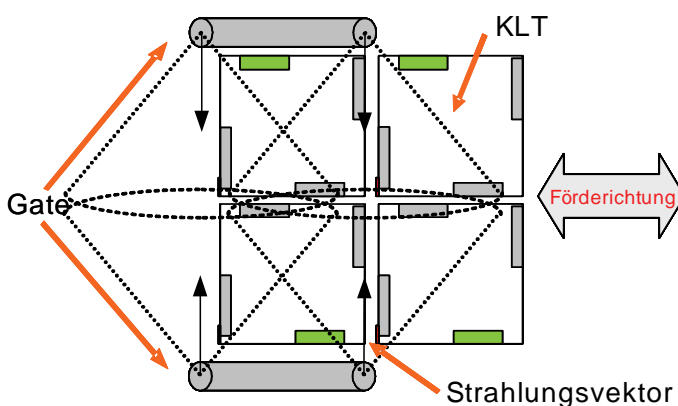


Abb. 37: 868 MHz-Antenne mit Sendekeule

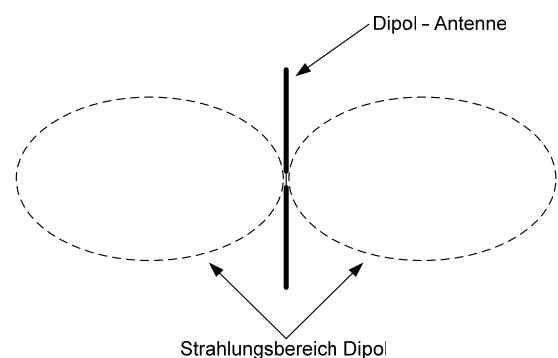


Abb. 38: Schematische Darstellung des Strahlungsdiagramms einer Dipolantenne

Um die Auswirkungen von schlecht ausgerichteten Antennen darzustellen, werden bei den folgenden Versuchsreihen die UHF – Antennen frontal zur Längsseite der Ladeeinheit positioniert. Die sonstigen Versuchsparameter wie Inhaltsstoffe, Transponderpositionen etc. sind identisch zu den zuvor durchgeführten UHF – Versuchsreihen.

Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen mit geänderter Antennenausrichtung im Frequenzbereich 868 MHz weisen deutliche Unterschiede auf. Wie in Abb. 39 zu sehen ist, hat sowohl die Position des Transponders am Behälter als auch die Ausrichtung der Leseantennen starken Einfluss auf die Erkennungsraten bei Pulklesungen. Speziell die an den Stirnseiten der KLT angebrachten Transpondern, unabhängig ob innere oder äußere, werden seltener bzw. nicht erfasst.

Erklärbar ist die Absenkung der Pulkerfassungsrate bei nicht-optimaler Antennenausrichtung mit der Ausbreitung der Funkwellen bzw. der Orientierung der Transponder im Antennenfeld. Die 868 MHz – Antennen arbeiten, wie bereits angesprochen, mit einer so genannten „Sendekeule“ (Abb. 37). D.h. die Antenne sendet lediglich Funkwellen in eine bestimmte Richtung bzw. Kreissegment.

Der Öffnungswinkel der verwendeten UHF – Antennen liegt bei 60°. Die Antenne ist frontal zur Längsseite der Ladeeinheit angebracht. Dieses hat zur Folge, dass die Erfassung der an den äußeren Stirnseiten der KLT befestigten Transponder z.T. nicht direkt erfolgen kann, d.h. nicht ohne Durchdringung der Funkwellen durch den KLT bzw. den Behälterinhalt. Hierdurch können in Abhängigkeit des Behälterinhaltes außen angebrachte Datenträger dasselbe schlechte Erfassungsrateniveau wie innen positionierte Transponder aufweisen.

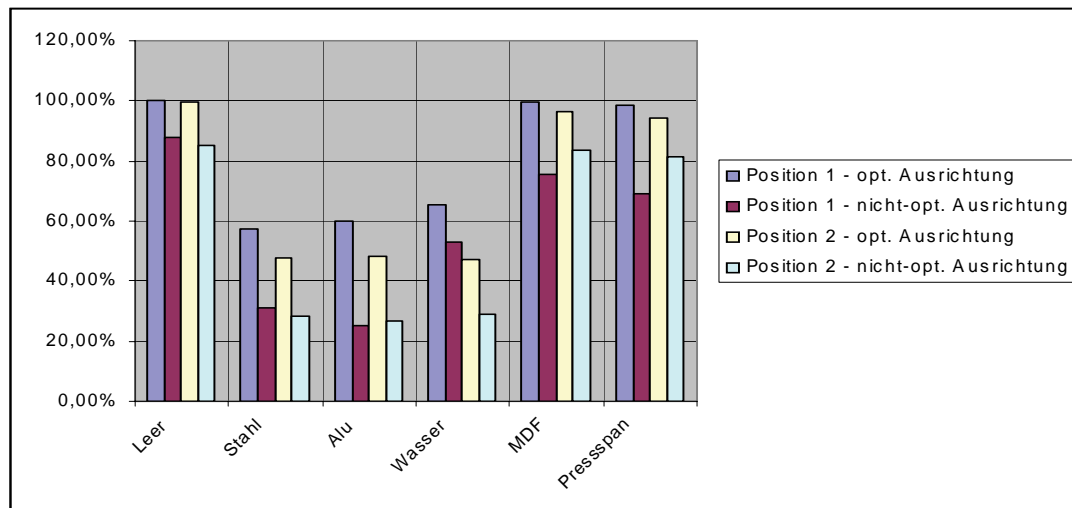


Abb. 39: Vergleich der Versuchsergebnisse 868 MHz in Abhängigkeit der Transponderposition und der Antennenausrichtung

Hinzu kommt die Orientierung der Transponder im Antennenfeld. Vergleichbar mit der in Abb. 38 dargestellten Ausbreitung der vom Dipol gesendeten elektromagnetischen Wellen, kann bei paralleler Ausrichtung der Transponderlängsachse zum Strahlungsvektor unter Umständen kein Transponder-signal die Antenne der Schreib-/Leseeinheit erreichen. Der Datenträger wird nicht erkannt. Dieses Szenario liegt bei der in dieser Versuchsreihe geprüften Orientierung von Schreib-/Leseantennen und der an den Stirnseiten der KLT positionierten Dipol - Antennen vor (siehe Abb. 38).

Die Versuchsreihen im UHF – Bereich haben ergeben, dass nicht nur die Positionierung der Transponder am KLT, sondern auch die Lage der Transponder zur Antenne des Schreib-/Leseegerätes ein entscheidender Faktor bei Pulkerfassungen ist. Bei dem beschriebenen Versuchsaufbau des IFT ist eine Ausrichtung der Antennen mit 45° Neigung und 45° Drehung zur Förderrichtung optimal für eine zuverlässige Pulkerfassung.

Bei jeder Implementierung von RFID – Systemen sind die verschiedenen Komponenten, d.h. Transponder, Antennen, Ladeeinheit und Fördertechnik, aufeinander abzustimmen. Eine RFID – Lösung „von der Stange“ ist unrealistisch, da bei jedem Anwendungsfall unterschiedliche Parameter mehr oder weniger die Erkennungsrate beeinflussen können.

Durch zielgerichtete Komponentenauswahl (Transponder, Antennen, Auswertungssoftware) sowie durch richtige Positionierung der Transponder auf den Gütern und der Optimierung der technischen Einstellparameter für die unterschiedlichen Anwendungsfälle können in der Praxis Lösungen gefunden werden.

Die Durchführung von Versuchsreihen ist als eine zielgerichtete Entwicklung für die Praxis zu verstehen. Die einzelnen Parameter werden nach und nach verändert, um mögliche Abweichungen von vorherigen Versuchsreihen erklären zu können.

## 2.3 PRÜF-, ÜBERWACHUNGS- UND ZERTIFIZIERUNGSSTELLE FÜR BAUPRODUKTE (PÜZ)

### PÜZ- TÄTIGKEIT AM LEHRTER BAHNHOF IN BERLIN

Dipl.-Ing. Daniela Raupp

Am 26. Mai 2006 wurde der neue Lehrter Bahnhof in Berlin als der wichtigste Kreuzungsbahnhof Deutschlands eingeweiht. Der Lehrter Bahnhof zeichnet sich architektonisch durch seine filigrane Glas-Stahl-Konstruktion aus. Die großzügige, lichtdurchflutete 180 Meter lange und 27 Meter hohe glasüberdachte Bahnhofshalle wird von zwei Bürogebäuden eingerahmt. Das Bahnhofsgebäude hat zwei Hauptebenen, die dem Bahnverkehr dienen, sowie drei Verbindungs- und Geschäftsebenen. Die in West-Ost-Richtung verlaufende obere Bahnsteighalle ist 321 Meter lang und besteht aus einer bogenförmig gewölbten stützenlosen Glasdachkonstruktion. In die Glasfläche wurde eine Fotovoltaikanlage mit Solarzellen integriert. Die Halle ist zwischen 46 und 66 Meter breit sowie maximal 16 Meter hoch. Sie besteht aus drei Abschnitten, wobei das westliche Segment 172 Meter und das östliche 107 Meter lang ist. Dazwischen liegt quer dazu das 42 Meter breite und 210 Meter lange Nord-Süd-Dach, dessen Tonnengewölbe mit dem Hauptdach eine flache Vierungskuppel bildet. Parallel zum Nord-Süd-Dach überspannen die beiden sogenannten Bügelbauten das Hauptdach der Bahnsteighalle und tragen das Nord-Süd-Dach. Für die in Dach und Fassade eingesetzten Seil-Zugglieder liegt eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung vor, die vom IFT im Rahmen der PÜZ- Tätigkeit betreut wird. Das IFT ist hierbei nicht nur für Zulassungsversuche tätig, sondern überwacht als unabhängige Stelle die Produktion der hochfesten Seil-Zugglieder während der Geltungsdauer der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Im Tonnengewölbe wurden allein rund 2200 Seil-Zugglieder aus galvanisch verzinkten Drähte als Diagonalseil im Stabnetz eingebaut.

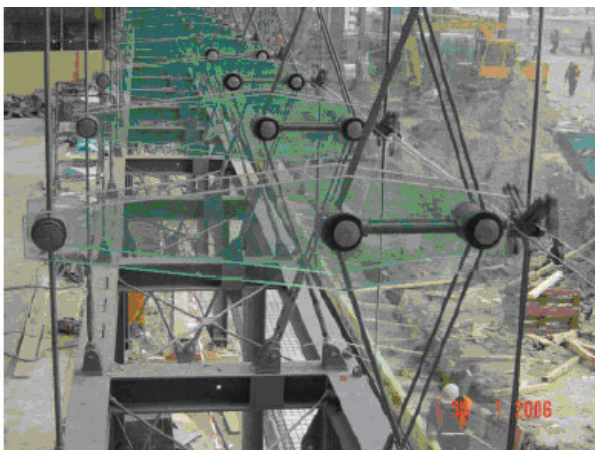


Abb. 40: Hauptfassade des Lehrter Bahnhofs



Abb. 41: Detail des Tonnengewölbes

#### Literaturhinweise:

J. Gugeler, K. Havemann, H. Schober: Lehrter Bahnhof Berlin: Das Nord-Süd-Dach© Stahlbau 75 (2006), Hft. 3  
 J. Gugeler, H. Gerber, J. Schneider, K. Havemann: Lehrter Bahnhof Berlin: Die Haupteingangsfassaden Stahlbau 75 (2006), Heft 6



## 2.4 FIFL GMBH (ANINSTITUT DES IFT)

Geschäftsführer: Dr.-Ing. Klaus-Peter Rahn

### ANALYSE UND BEWERTUNG EINES DISTRIBUTIONSSTANDORTES IM HINBLICK AUF ZUKUNFTSSICHERHEIT

Internationale Umstrukturierungen im Bereich der Logistik und der operativen Verantwortlichkeit sowie prognostiziertes hohes Umsatzwachstum machten die Standortanalyse des zentralen Distributionslagers Spanien des Hilti-Konzerns notwendig.

Die im Rahmen der Analyse und Auswertungsphase zu beantwortenden Fragestellungen betreffen sowohl statische und dynamische Kapazitäten des Standortes, strategische Fragen zum Betrieb des Standortes und insbesondere die Klärung, wie weit der Standort mit seiner vorgegebenen Infrastruktur bei vorgegebenen Wachstumswerten ausreicht bzw. durch welche Maßnahmen eine mittel- und langfristige Standortsicherung gewährleistet werden kann. Die folgende Beschreibung soll die Methodik und Vorgehensweise aufzeigen, die im Rahmen dieses Projekt durch die FIFL GmbH angewandt wurde. Die prinzipielle Vorgehensweise im Projekt zeigt Abb. 42.

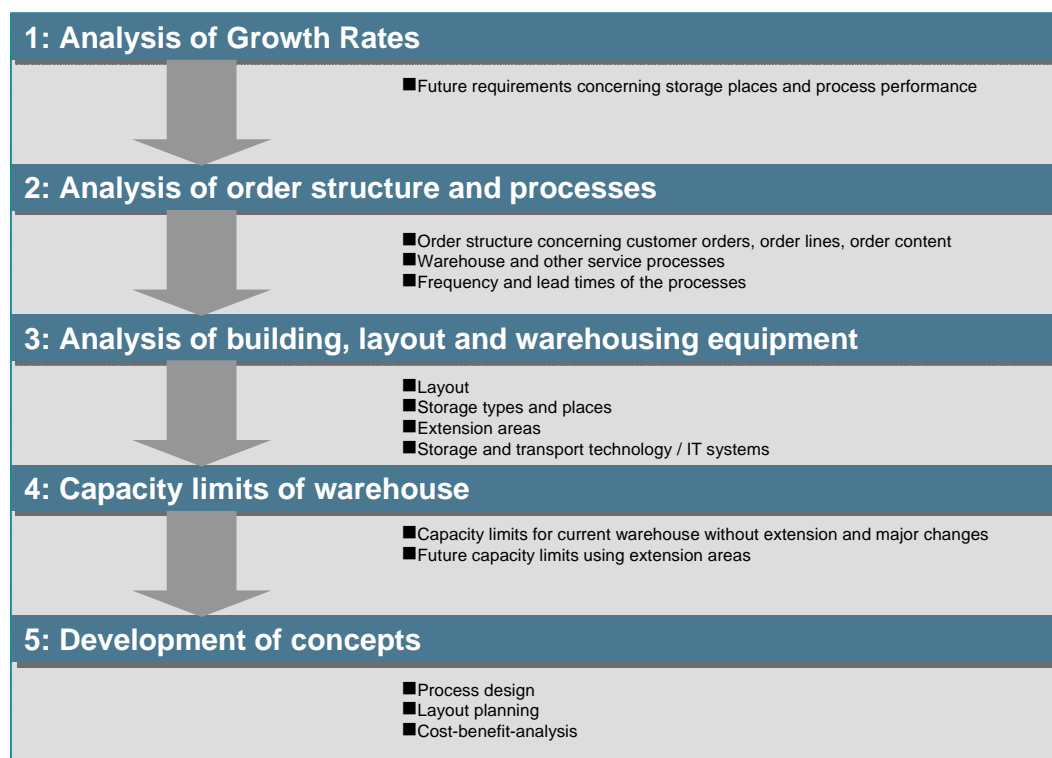


Abb. 42: Vorgehensweise zur Klärung der Standortsicherheit

#### 1. Standortbesichtigung und Dokumentation

Aufbauend auf einer zweitägigen Istanalyse vor Ort wurden die Prozesse vom Wareneingang bis hin zum Warenausgang erarbeitet, dokumentiert sowie im Rahmen einer Fotodokumentation visualisiert. Dabei wurde auch insbesondere die technische Ausrüstung im Bereich der Logistiktechnologie mit in die Betrachtung einbezogen.

## 2. Datenanalyse und Auswertung

Ausgehend von einer umfangreichen Datenbasis, die unter anderem Bewegungsdaten im Standort über bestimmte Monate, Lagerumsätze und Reichweiten, Artikel- und Lagerplatzzuordnungen enthielten, wurde ein ganzheitliches Materialflussschaubild erstellt, um die Materialflussbewegungen innerhalb des Standortes nachvollziehen zu können. Der Standort selbst fungiert als Zentrallager für den iberischen Raum und beliefert die dortigen Hilti-Center sowie Großkunden direkt. Das Artikelspektrum kann in drei Produktbereiche untergliedert werden:

1. Hilti-Standardprodukte (klassische Hilti-Produkte),
2. Schienenzubehör für Solaranlagen,
3. Ersatzteile.

Für die sog. Hilti-Produkte werden im Bereich Lagerung und Kommissionierung Fachbodenregale, Behälterlagerplätze und Palettenregale, insgesamt manuell sowohl per Stapler, per Hand als auch per Regalbediengerät bedient, eingesetzt. Für die Kommissionierung und Lagerung der Ersatzteile wird ein automatisches Kleinteilelager eingesetzt. Im Bereich der Schienen- und Zubehörteile für Solaranlagen wird die Langware in einem außen auf dem Grundstück des Standortes installierten Lager gelagert, während die Zubehörteile, Fittinge, Befestigungen etc. im Lager der "Normalware" untergebracht ist. Insgesamt ergibt sich somit in Summe ein Artikelspektrum in Höhe von ca. 11.500 Artikeln.

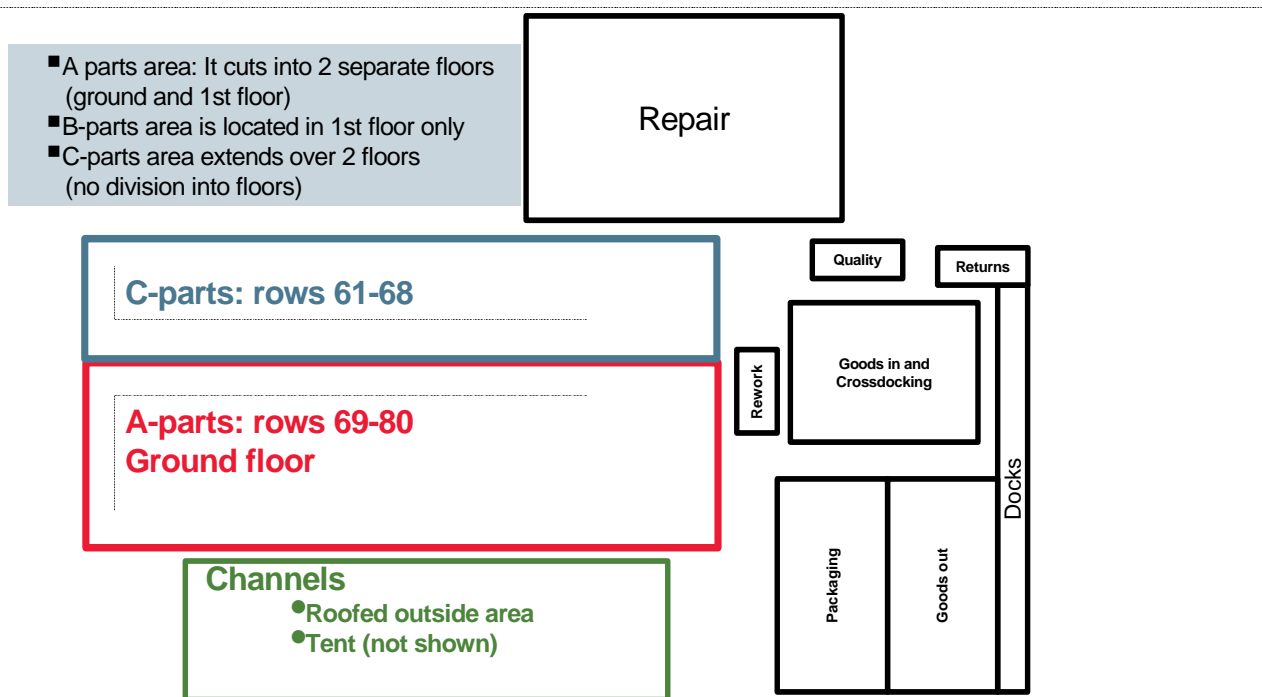


Abb. 43: Groblayout des Standortes

## 3. Erarbeitung von ersten Optimierungsansätzen und Erschließung sog. Quick wins

Am Beispiel der Hilti-Produkte soll die weitere Vorgehensweise dargestellt werden. Aufbauend auf den Ergebnissen der Datenanalyse wurden erste Optimierungsansätze erarbeitet, die sich durch Umsetzung organisatorischer Maßnahmen und ohne große Investitionskosten relativ schnell erschließen lassen.

Die wesentlichen Maßnahmen werden hier aber kurz zusammengefasst:

1. Reduktion der Lagerreichweite für C- und D-Teile,
2. direkte Kommissionierung von Palettenplätzen im Bereich der C- und D-Teile anstelle von heutigen festen zusätzlichen Lagerplätzen (fix-bins),
3. Erhöhung der Raumauslastung der Lagerplätze durch reduzierte Lagerplatzvolumina,
4. Ausnutzung heutiger möglicher Lagerflächen, die derzeit noch nicht genutzt werden, weil schwer zugänglich, z. B. für D-Teile,
5. Anpassung der Betriebsstättenarbeitszeiten an die Auftragseingänge zur Reduzierung der Spitzenbelastung.

Die dargestellten Maßnahmen wurden im Hinblick auf die vorgegebenen Wachstumsraten bewertet und es konnte nachgewiesen werden, dass durch Umsetzung dieser Maßnahmen eine Standortsicherheit, zumindest für einen Zeitraum von ca. 12 Monaten, gegeben ist, so dass in diesem Zeitraum Konkretisierungen erarbeitet werden können.

#### 4. Aufbau und Bewertung weiterer Szenarien für den Standort Madrid

Aufgrund der strategischen Überlegungen innerhalb des Konzerns und auch der Wachstumsraten sind Modifizierungen, Vergrößerungen bis hin zur Erschließung der Option eines komplett neuen Standortes für die Zukunft grundsätzlich zu betrachten. Vor diesem Hintergrund wurden unterschiedliche Szenarien aufgebaut. Ein Szenario selbst war eine Kombination unterschiedlicher Erweiterungsmöglichkeiten, die im Standort durch

1. Nutzung vorhandener Flächen zur Erweiterung der Lagerkapazität,
2. Erschließung neuer Flächen auf dem Standort

zur Vergrößerung der Kapazität des Standortes eingesetzt werden konnten. Dabei wurden für die Bildung der Szenarien zwei unterschiedliche Strategien betrachtet:

1. rein manueller Betrieb,
2. Einsatz von automatischer Kommissionierlagertechnik zur Erhöhung der Kommissioniergeschwindigkeit und -sicherheit.

Die in Abb. 44 dargestellte Lösung liegt in einer mehrstöckigen Anordnung der einzelnen Kommissionierplätze. Neben einer Verdichtung der Lager- und Kommissionierplätze besteht hier zusätzlich die Möglichkeit der schrittweisen Erweiterung im laufenden Betrieb bei gleichzeitig geringen Kosten. Ausgehend von dieser Änderung kann in weiteren Modulen ein AKL zur Beschickung der Durchlaufregale an den einzelnen Kommissionierplätzen integriert oder ein intelligentes Routing der Behälter implementiert werden (Abb. 45).

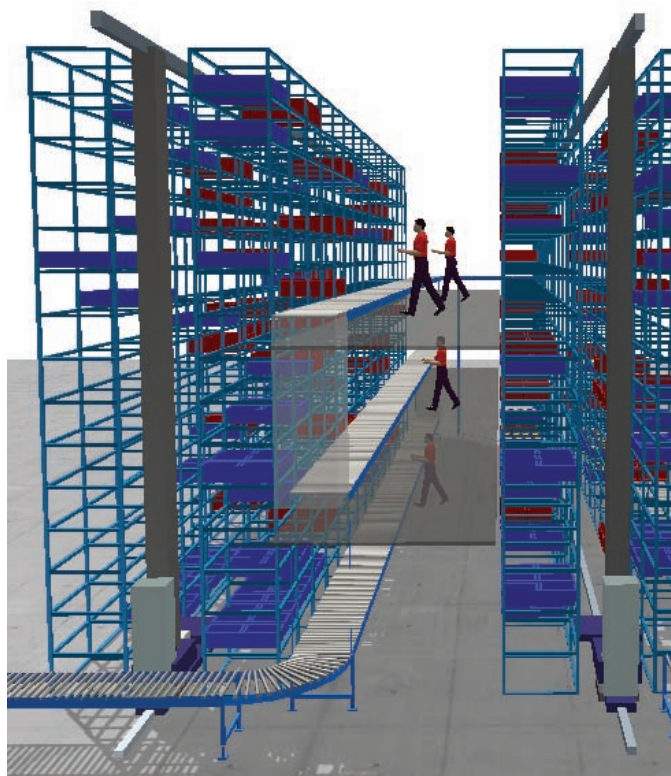
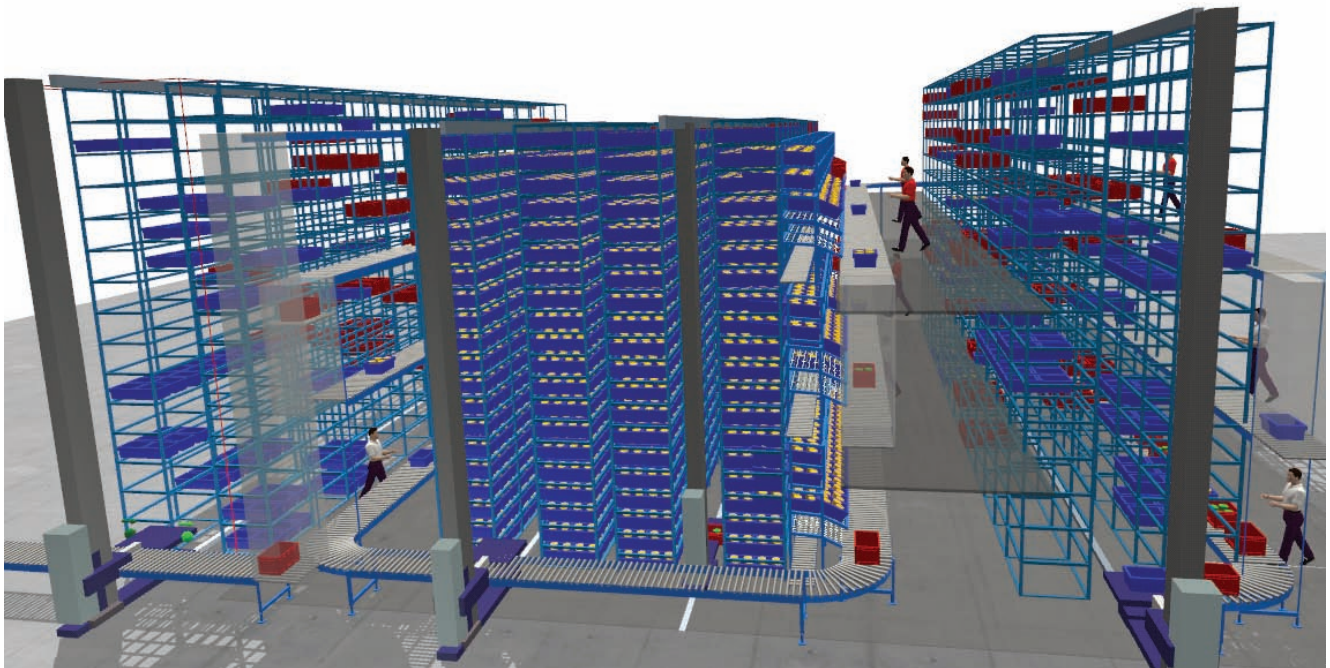


Abb. 44: Erhöhung der Kommissionierkapazität durch Einsatz manueller Kommissioniermodule



*Abb. 45: Einsatz von AKL-Technologie für die Kommissionierung*

Diesen unterschiedlichen Szenarien wurden die Wachstumsraten gegenübergestellt und durch Abgleich der durch die Szenarien geschaffenen neuen Gesamtkapazität für den Standort in Abhängigkeit von den Wachstumsraten die Reichweite des Standortes ermittelt. Dabei wurden auch entsprechende Investitionskosten mit in die Betrachtung integriert.

Wie zu erwarten, zeigt die Gegenüberstellung insbesondere der unterschiedlichen Strategien (rein manuelle Bedienung - teilautomatisierte Bedienung) unterschiedlich hohe Investkosten. Darüber hinaus zeigt die Reichweite der unterschiedlichen Szenarien, dass mittel- und langfristige Planungssicherheit auf Basis der vorgegebenen Wachstumsraten sicherlich zu prognostizieren ist.

Eine endgültige Aussage hierüber kann aber nur eine Fein- und Umsetzungsplanung liefern. Folgende Handlungsempfehlung wurde daher dem Auftraggeber vorgestellt:

1. Umsetzung der Quick wins gemäß durchgeführter Analysen und Bewertung,
2. zügige Durchführung einer Realisierungsplanung, um die im Rahmen der Erstanalyse vorgestellten Lösungsszenarien im Detail planen und bewerten zu können.

Das Projekt zeigt, dass auch bei hohen Wachstumsraten Potentiale innerhalb eines vorhandenen Standortes gegeben sind, die durch konsequente Ausnutzung sowohl im Bereich der dynamischen als auch der statischen Leistungen zu einer Effizienzverbesserung führen können.



### 3. BEREICH LEHRE

#### 3.1 LEHRANGEBOT

##### 3.1.1 LEHRVERANSTALTUNGEN IM ÜBERBLICK

Das IFT ist in Forschung, Entwicklung aber auch in der Lehre in der klassischen Fördertechnik und in den Bereichen Materialfluss- und Logistiksysteme vertreten. Zudem zeichnet sich das IFT durch einen großen Anteil an Lehrexporten auch über die Fakultätsgrenzen hinaus aus, z.B. in die technisch orientierte Betriebswirtschaft, die technisch orientierte Volkswirtschaft, Automatisierungstechnik, Umweltschutztechnik und Technikpädagogik. Die Lehrinhalte sind in Abb. 46 zusammengefasst.

P	K	E	Dozent	Benennung	V	Ü	WS/SS
X <sub>F</sub>	X <sub>F</sub>		Wehking	<b>Grundlagen der Fördertechnik:</b> <b>Teil I Konstruktionselemente der Fördertechnik</b> (*) 2SWS <small>(obligatorisch, sofern nicht als Pflichtfach der Gruppe 7 gewählt)</small> <b>Teil II Grundlagen der Materialflusstechnik</b> (*) 2SWS <small>(obligatorisch, sofern nicht als Pflichtfach der Gruppe 7 gewählt)</small>	4		WS
							WS
X <sub>S</sub>	X <sub>F</sub>	X	Wehking	<b>Seiltechnologie: Prüfung, Dimensionierung Betrieb</b>	2		SS
		X	Krebs / Vorwerk	<b>Materialflussautomatisierung</b>	2		WS
		X	Wehking	<b>Sicherheitstechnik I</b> (**)	2		SS
	X <sub>F</sub>	X	Vorwerk	<b>Tragwerke und Triebwerke</b>	2		SS
		X	Wehking	<b>Entsorgungslogistik</b>	2		SS
			Vogel	<b>Personen-Fördertechnik</b>	2		WS
X <sub>L</sub>	X <sub>F</sub>	X	Vorwerk	<b>Baumaschinen I und II</b>	2		SS
			Wehking	<b>Planung logistischer Systeme</b>	2		SS
	X <sub>L</sub>		Wehking	<b>Logistik:</b> <b>Teil I Grundlagen der Logistik</b> (*) 2SWS <small>(obligatorisch, sofern nicht als Pflichtfach der Gruppe 7 gewählt)</small> <b>Teil II Umschlag- und Handhabungstechnik</b> (*) 2SWS <small>(obligatorisch, sofern nicht als Pflichtfach der Gruppe 7 gewählt)</small>	4		SS WS

Abb. 46: Lehrveranstaltungen im Studiengang Maschinenwesen in Fördertechnik und Logistik

Gesondert soll hier auf das Hauptfach Logistikmanagement im Studiengang Technologiemanagement hingewiesen werden. Dem Hauptfach Logistikmanagement ist eine Bündelung der Vorlesungen mit logistischen Inhalten gelungen. Damit werden die Arbeitsgebiete des Logistikers Planung, Steuerung und Kontrolle des Material-, Informations- und Werteflusses über alle Stufen der Wertschöpfung eines Unternehmens angesprochen.

Der Forderung der Industrie, des Handel und der Dienstleistungsbranchen nach technisch ausgebildeten aber auch breit interdisziplinär ausgebildeten universell einsetzbaren Generalisten wird in einem ersten Schritt Rechnung getragen.

Dozent	Benennung der Vorlesung	Vorlesungs- stunden	WS/SS
1) Wehking	<b>Umschlag- und Handhabungstechnik</b>	2	WS
2) Wehking	<b>Planung logistischer Systeme</b>	2	SS
3) Krebs (Industrie) Vorwerk (IFT)	<b>Materialflussautomatisierung</b>	2	WS
4) Zahn	<b>Operations Research</b>	2	SS
5) Wehking u. Referenten	<b>Logistisches Planspiel</b>	2	SS
6) Wehking	<b>Sicherheitstechnik I</b>	2	SS
7) Wehking	<b>Konstruktionselemente der Fördertechnik</b>	2	WS

Abb. 47: Lehrveranstaltungen im Studiengang Technologiemanagement mit dem Hauptfach Logistikmanagement

Lehrveranstaltung	5. Sem.	6. Sem.	7. Sem.	8. Sem.
<b>Pflichtveranstaltungen</b>				
(1) Grundlagen der Logistik		2 V		
(2) Umschlags- und Handhabungstechnik	2 V			
(3) Grundlagen der Materialflusstechnik	2 V			
(4) Planung logistischer Systeme		2 V		
<b>Wahlpflichtveranstaltungen</b>				
(5) Grundlagen der Sicherheitstechnik				2 V
(6) Materialflussautomatisierung			2 V	
(7) Entsorgungslogistik				2 V
(8) Verkehrssicherung I (Theorie der Sicherheit)			2 V	
(9) Konstruktionselemente der Fördertechnik			2 V	

Abb. 48: Lehrveranstaltungen im Studiengang Technisch orientierte Betriebswirtschaft  
Technisches Schwerpunktfach Logistik – Studienplanempfehlung

Für alle studentischen Angelegenheiten und Fragen zu Vorlesungen und Prüfungen sind Ansprechpartner unter der Telefonnummer (0711) 685–84253 erreichbar. Auf der Homepage des IFT ist eine eigene Sektion mit Informationen u.a. zu Prüfungsterminen, Vorlesungen, Seminaren und studentischen Veranstaltungen eingerichtet.

### 3.1.2 VORLESUNGEN, SEMINARE, ÜBUNGEN UND PRAKTIKA

Von den Dozenten des Instituts wurden im Berichtszeitraum folgende Vorlesungen gehalten:

#### Vorlesungen im Wintersemester 2005 / 2006

Vorlesungen	Semester- wochenstunden	Dozent
Konstruktionselemente der Fördertechnik	2	Prof. Wehking
Grundlagen der Materialflusstechnik	2	Prof. Wehking
Umschlags- und Handhabungstechnik	2	Prof. Wehking
Materialflussautomatisierung	2	Vorwerk
Personenfördertechnik	2	Dr. Vogel

#### Vorlesungen im Sommersemester 2006

Vorlesungen	Semester- wochenstunden	Dozent
Sicherheitstechnik I (Grundlagen der Sicherheitstechnik)	2	Prof. Wehking / Dr. Schönherr
Seiltechnologie	2	Prof. Wehking / Dr. Vogel
Entsorgungslogistik	2	Prof. Wehking
Grundlagen der Logistik	2	Prof. Wehking
Logistisches Planspiel	2	Greiner / Marrenbach
Planung logistischer Systeme	2	Prof. Wehking
Baumaschinen I+II	2	Dipl.-Ing. Vorwerk
Tragwerke und Triebwerke	2	Dipl.-Ing. Vorwerk
Grundlagen des Arbeits- und Wirtschaftsrechts	2	Herr Fischer (Lehrbeauftragter) Rechtsanwalt

#### Seminare

WS 2005/06 und SS 2006	Einführung zur praktischen Arbeit mit dem CAD-System Autodesk Inventor 10	Nikic
WS 2005/06 und SS 2006	Hauptfachseminar	Marrenbach

## Übungen

WS 2005/06	Grundlagen der Materialflusstechnik	Dr. Vogel / Folz
WS 2005/06	Konstruktionselemente der Fördertechnik	Vorwerk
WS 2005/06	Umschlags- und Handhabungstechnik	Greiner
WS 2005/06	Materialflussautomatisierung	Vorwerk / Greiner
SS 2006	Grundlagen der Logistik	Greiner
SS 2006	Planung logistischer Systeme	Greiner / Marrenbach

## Praktika

### Allgemeines Praktikum des Studiengangs Maschinenwesen (APMB), Fördertechnik, 6 Versuche im Wintersemester 2005/2006

- Versuch 1: Prüfungen an einem Bergseil
- Versuch 2: Prüfungen an Drahtseilen
- Versuch 3: Anlaufverhalten eines Triebwerkes mit Hydrokupplung
- Versuch 4: Messungen an einer Schwingrinne
- Versuch 5: Spielzeitermittlung am Modell Hochregallager

### Praktikum des Hauptfachs „Fördertechnik“ bzw. „Logistikmanagement“, 5 Versuche im Sommersemester 2006

- Versuch 1: Identifikation mittels RFID
- Versuch 2: Ermittlung von Bauteilbelastungen mittels Dehnungsmessstreifen
- Versuch 3: Berechnung und Messung des Drehmomentes und der Drehsteifigkeit von Drahtseilen
- Versuch 4: Prüfung an Drahtseilen
- Versuch 5: Spielzeitermittlung am Modell Hochregallager



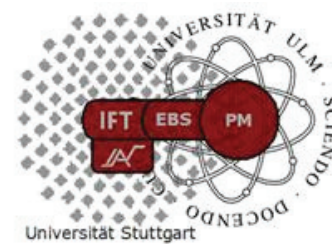
## 3.2 INNOVATIVE PROJEKTE IN DER LEHRE

MODKEY

MODULARISIERUNG IN DER LEHRE

VERMITTLUNG VON SCHLÜSSELQUALIFIKATIONEN

M.A. Sandra Häussler



Das Verbundprojekt ModKey, mit den beteiligten Universitäten Stuttgart und Ulm wurde im Oktober 2006 erfolgreich abgeschlossen. Das entwickelte Konzept und die realisierten Lernmodule bieten eine wichtige Grundlage für die fächerübergreifende Vermittlung von Schlüsselqualifikationen.

Unter Berücksichtigung neuester wissenschaftlicher und pädagogisch-didaktischer Erkenntnisse wurde ein Konzept zur Strukturierung von Blended Learning Modulen entwickelt. Dieses Konzept kann zum Aufbau neuer Lehr- / Lernmodule herangezogen werden und mindert so den Entwicklungsaufwand neuer Module erheblich. Dadurch bieten die Ergebnisse des Projekts einen erheblichen Mehrwert für andere Universitäten und Einrichtungen, die sich im Bereich E-Learning engagieren.

Insgesamt wurden sieben Module zur Vermittlung berufsbefähigender Schlüsselqualifikationen auf der universitätseigenen Lernplattform ILIAS eingestellt:

- Qualitätsmanagement
- Softwareentwicklung
- Projektmanagement (IFT)
- Unternehmerisch Denken und Handeln (IFT)
- Technical Presentation Skills
- Grundlagen der Modellbildung
- Mathematische Grundlagen und formale Methoden der Modellierung

Abb. 49: Die Darstellung der entwickelten Module auf der Lernplattform ILIAS

Die Evaluation während der Projektlaufzeit hat eine gute Akzeptanz bei den Studierenden gezeigt, die Verbesserungsvorschläge waren lediglich optischer Natur und wurden entsprechend umgesetzt.

### 3.3 EXKURSIONEN DER ABTEILUNG LOGISTIK IM SOMMERSEMESTER 2006

**Institut für Fördertechnik  
und Logistik**  
Prof. Dr.-Ing K.-H. Wehking

---

## EXKURSION

### ZUM DISTRIBUTIONSZENTRUM DER WÜRTH-GRUPPE IN KÜNZELSAU

10. MAI 2006

**ABFAHRT: 13.00 UHR**  
**AB PARKPLATZ IFT,  
HOLZGARTENSTRASSE 15**  
**RÜCKKEHR: ca. 19.00 UHR**

- BETRIEBSBESICHTIGUNG
- „KARRIEREWEGE  
IN DER LOGISTIK“  
VORTRAG EINES PERSONALBERATERS  
MIT ANSCHLIESSENDE FRAGESTUNDE
- WÜRTH-MUSEUM
- KOSTENLOSE  
„SCHNUPPERMITGLIEDSCHAFT“  
DER BVL FÜR 2006

**DIE TEILNAHME IST KOSTENLOS,  
EINSCHL. IMBISS UND BUSTRANSFER.  
ANMELDUNG ERFORDERLICH.**

INFOS UND ANMELDUNG:  
E-mail : [exkursion@ift.uni-stuttgart.de](mailto:exkursion@ift.uni-stuttgart.de)  
[www.uni-stuttgart.de/ift](http://www.uni-stuttgart.de/ift)



Abb. 50: Studenten zu Gast bei Würth, Künzelsau



Abb. 51: Im Vortragsraum der Würth-Gruppe

**Universität Stuttgart**  
**Institut für Fördertechnik  
und Logistik**  
Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing K.-H. Wehking

---

## Exkursion des IFT

### vom 04.07. bis 05.07.2006

**Programm:**

**4. Juli 2006**

07:00 Abfahrt am IFT

09:00-11:30 **Flughafen Frankfurt**  
Besichtigung des Frachterminals  
der Fraport AG

12:00-15:00 **Neckermann Versand AG, Frankfurt**  
Besichtigung des Versandzentrums

15:00 Abfahrt nach Düsseldorf  
Übernachtung in der Jugendherberge  
Düsseldorf Unterkassel,  
(2 km von der Altstadt), Kneipenbesuch

**5. Juli 2006**

10:30 Abfahrt nach Rheinsberg

12:00-14:00 **METRO AG, Rheinberg**  
Besuch des Future Store

15:00-16:30 **METRO AG, Neuss**  
Besichtigung des RFID Innovation Center

16:30 Rückfahrt

Ankunft am IFT in Stuttgart 19:00-20:00

**Die Teilnehmerzahl ist auf 20 Studenten begrenzt.  
Kostenbeitrag: 30,- €(einschl. Fahrt, Übernachtung)**

Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Dirk Marrenbach / e-mail: [marrenbach@ift.uni-stuttgart.de](mailto:marrenbach@ift.uni-stuttgart.de) /  
Holzgartensir. 15B / 70174 Stuttgart / Tel.: 0711-685-84196 / Fax: 0711-685-83769

CARGO-GEBÄUDE, FRAPORT AG

WARENAUSGANG,  
NECKERMANN VERSAND AG

FUTURE STORE, METRO AG



Abb. 52: Die Exkursionsteilnehmer ...



Abb. 53: ...am Frachterminal der Fraport AG,  
Flughafen Frankfurt

---

## 4. PROMOTIONEN

### **Von Prof. Dr.-Ing. Wehking im akademischen Jahr 2005/2006 als Hauptberichter betreute, abgeschlossene Dissertation:**

Ziegler, Stefan: *Einfluss der Drahtschwingfestigkeit auf die Lebensdauer von Seilen*  
Universität Stuttgart, Dr.-Ing. Dissertation 2006  
Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. K.-H. Wehking  
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Ekkehard Ramm

### **Von Prof. Dr.-Ing. Roos im akademischen Jahr 2005/2006 als Hauptberichter betreute, abgeschlossene Dissertation:**

Coskun, Süleyman: *Logistikgerechte Gestaltung von Großladungsträgern*  
Universität Stuttgart, Dr.-Ing. Dissertation 2005  
Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. H.-J. Roos

## 5. ABGESCHLOSSENE DIPLOM- UND STUDIENARBEITEN

### 5.1 DIPLOMARBEITEN

#### **Betreuung durch die Abteilung Seiltechnologie**

Ernst, Björn: *Einsatzgebiete von Seilen in der Offshoretechnik*  
Betreuer: Dr. Vogel, W.

Weis, Jens: *Statisch-Nichtlineare Untersuchungen von Drahtseilen unter Biegebelastung mit der Finite-Elemente-Methode*  
Betreuer: Dr. Vogel, W. und Raupp, D.

#### **Betreuung durch die Abteilung Maschinenentwicklung und -optimierung**

Kuczera, Thomas: *Evaluation der schüttguttechnischen Förderanlage im Übertageteil eines Versatzbergwerkes mit Hilfe der Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse unter Berücksichtigung von Schüttguteigenschaften*  
Betreuer: Vorwerk, C.



### **Betreuung durch die Abteilung Logistik**

- Jobi, Boris: *Umsetzung von Lean Management bei der Durchführung einer Distributionsstrukturplanung*  
Betreuer: Marrenbach, D.
- Wegner, Hendrik: *Entwicklung und Bewertung eines Konzeptes für die Behälter-Pool-Steuerung im Distributionsprozess der Möbelbranche unter besonderer Berücksichtigung der RFID-Technologie*  
Betreuer: Folz, J. und Deutschländer, T.
- Ujevic, Monika: *Development of decision making procedure for replacing conventional deep drawing process with sheet hydroforming process with punch*  
Betreuer: Folz, J.

## 5.2 STUDIENARBEITEN

### **Betreuung durch die Abteilung Seiltechnologie**

- Denk, Markus: *Berechnung eines Gabelkopfs mit Hilfe der Finiten-Element-Methode (FEM)*  
Betreuerin: Raupp, D.
- Federle, Phillip: *Untersuchung der Querkontraktion von Stahlseilen an Treib- und Umlenkscheiben*  
Betreuer: Berner, O. R.
- Wunderle, Michael: *Einfluss der Walzparameter auf das Zugschwellverhalten von Spiralseilen*  
Betreuerin: Raupp, D.
- Ziegler, Jochen: *Entwicklung und Konstruktion einer Seilbiegemaschine*  
Betreuer: Raach, P.
- Zurmühl, Christoph: *Bestimmung und Vergleich der Dauerfestigkeit von Stahldrähten aus Kohlenstoffstahl und nichtrostenden Stählen*  
Betreuerin: Raupp, D.

### **Betreuung durch die Abteilung Maschinenentwicklung und -optimierung**

- Kuczera, Thomas: *Integration einer fördertechnischen Versuchsanlage in die Infrastruktur der Laboreinrichtung des IFT*  
Betreuer: Vorwerk, C.
- Eisenmann, P.: *Entwicklung eines Prüfgerätes zur Reibkraftuntersuchung*  
Betreuer: Vorwerk, C.



---

### **Betreuung durch die Abteilung Personenfördertechnik / Sicherheitstechnik**

- Kober, Tobias: *Seiluntersuchung eines Seilbahnseiles*  
Betreuer: Winter, S.
- Reichart, David: *Entwicklung eines Schlaglängenmessgerätes für Litzenseile*  
Betreuer: Winter, S.
- Reinelt, Oliver: *Beleuchtungsoptimierung für das Prototypensystem zur Unterstützung der visuellen Seilkontrolle*  
Betreuer: Moll, D.
- Rode, Thomas: *Weiterentwicklung von Messsensoren bei der magnetinduktiven Prüfung von Seilbahnseilen*  
Betreuer: Moll, D.

### **Betreuung durch die Abteilung Logistik**

- Centmayer, Sebastian: *Mobile Umschlagtechnikkonzepte für den Schienengüterverkehr*  
Betreuerin: Veenker, D.
- Dorner, Christian: *Mobile Umschlagtechnikkonzepte für den Schienengüterverkehr*  
Betreuerin: Veenker, D.
- Tao, Geng: *Konzeption der logistischen Idee einer Staufachwechselbrücke*  
Betreuerin: Veenker, D.
- Zhi, Yang: *Entwicklung eines autonomen Umschlaggeräts für den Schienengüterverkehr an der Schnittstelle Strasse/Schiene*  
Betreuerin: Veenker, D.
- Zhou, Moli: *Konzeption eines integrierten Logistikmanagementsystems*  
Betreuer: Veenker, D. und Marrenbach, D.
- Ehls, Daniel: *Untersuchung der Beeinträchtigung der Lesefähigkeit von RFID-Transpondern*  
Betreuer: Seeger, F.
- Mauch, Rainer: *Konstruktion eines Fuß-/Stapelmoduls für eine standardisiertes GLT-Baukastensystem*  
Betreuer: Seeger, F.
- Qui, Zhenhua: *Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Materialien auf die Lesefähigkeit von Transpondern*  
Betreuer: Seeger, F.

## 6. VORTRÄGE

### Vorträge und Moderationen von Prof. Wehking

- Wehking, K.-H.: *Einführung von RFID-Technologie am Beispiel der Möbelbranche*  
RFID-Symposium der IHK Stuttgart; 14.11.2005
- Wehking, K.-H.: *Moderation*  
Lager-Manager Forum 2006, München; 21.02.2006
- Wehking, K.-H.: *Moderation*  
15. Deutscher Materialfluss-Kongress, München; 02.03. - 03.03.2006
- Wehking, K.-H.: *Perspektiven der RFID-Technologie*  
*- Einsatzgebiete von RFID heute und zukünftig -*  
IHK- Kompetenznetzwerk der Industrie- und Handelskammer (IHK) Region  
Stuttgart; 05.05.2006
- Wehking, K.-H.: *Moderation*  
3. Wissenschaftssymposium Logistik der Bundesvereinigung Logistik (BVL)  
in Dortmund; 30.05. – 31.05.2006
- Wehking, K.-H.: *Analyse und Optimierung logistischer Prozesse mit Hilfe von RFID*  
Ringvorlesung Universität Freiburg; 17.07.2006
- Wehking, K.-H.: *Moderation innerhalb der 24. Dortmunder Gespräche*  
Fachkongress „Warehouse logistics“, Dortmund; 19.09.2006
- Wehking, K.-H.: *RFID – Chancen und Risiken für die Logistik?*  
do it.kongress 2006, Kongress für Innovation mit IT und Medien  
aus Baden-Württemberg der MFG Baden-Württemberg mbH,  
Stuttgart; 16.11.2006

---

## Vorträge der wissenschaftlichen Mitarbeiter:

- Berner, O. R.: *Prüfstand für praxisnahe, schlupfbehaftete Seildauerbiegeversuche*  
Tagung „Aufzüge der Zukunft – Visionen, Grenzen und Betrieb“, VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, Stuttgart, 14.11.2006
- Raach, P.: *Seilprüfung Heute*  
Verband der Deutschen Seilbahner und Schlepplifte e.V.  
Betriebsleiterseminar, 20.06.2006 in München.
- Schönherr, S.: *Reduction in service life of wire ropes running over sheaves with angular offset*; OIPEEC Conference „Trends for Ropes: Design, Application, Operation“ (ODN 0783); 27.-29.03.2006 in Athen (Griechenland).
- Schönherr, S.: *Reduction in Service Life of Wire Rope Running over Sheaves*  
General Meeting der AWRF (Associated Wire Rope Fabricators) in San Antonio, Texas, 23rd-24th October 2006
- Schönherr, S.: *Lifetime calculation of ropes and reduction in service life of wire ropes running over sheaves with angular offset*  
WDI Rope Seminar in Düsseldorf, 08.-09. November 2006
- Schönherr, S.: *Analyse von sicherheitsrelevanten Einrichtungen und Bauteilen von Personenaufzügen und Seilbahnen*  
VDI-Fachtagung „Aufzüge der Zukunft - Visionen, Grenzen und Betrieb“ veranstaltet von der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, Stuttgart, 14. November 2006
- Vogel, W.: *Neuheiten bei Tragmitteln für Treibscheibenaufzüge*  
Heilbronner Aufzugtage 07./08.03.2006
- Vogel, W.: *Bemessung von Stahldrahtseilen nach der Lebensdauer*  
Elaskon-Fachtagung 18./19.05.2006 Dresden
- Vogel, W.: *Bemessung von Stahldrahtseilen nach gültigen technischen Regeln*  
Elaskon-Fachtagung 18./19.05.2006 Dresden
- Vogel, W.: *Einfluss der Nachschmierung auf die Lebensdauer und Ablegereife bei Stahldrahtseilen*  
Elaskon-Fachtagung 2006 Dresden
- Vogel, W.: *Zum Einsatz von Stahldrahtseilen in Treibscheibenaufzügen*  
Aufzugbetriebertag IFT/Ziehl-Abegg 23.05.2006
- Vogel, W.: *Lifetime of suspension means in traction lifts*  
Symposium on Mechanics of slender structure MOSS 2006.  
Northampton 28./29.09.2006
- Vogel, W.: *Tragmittel für moderne Treibscheibenaufzüge*  
Aufzüge der Zukunft – Visionen, Grenzen und Betrieb. 3. Fachtagung VDI-Technische Gebäudeausrüstung 14. November 2006 Stuttgart

- Vorwerk, C.; Wehking, K.-H.:  
*Verbundprojekt Innorad - Erhöhung der Lebensdauer  
der Räder von Flurförderzeugen*  
Fachforum WGTL auf der LogiMAT Stuttgart, 30.03.2006
- Vorwerk, C.; Wehking, K.-H.:  
*Entwicklung einer Prüfmaschine für schubbeanspruchte Drähte*  
2. Fachkolloquium der WGTL in Dresden, 28.06.2006
- Vorwerk, C.; Krause, F.; Dilefeld, M.:  
*Kontinuumsmechanische Berechnung von Schüttgutströmen  
in Übergabestellen von Gurtförderern*  
11. Fachtagung Schüttgutfördertechnik 2006 München, 28.09.2006
- Vorwerk, C.; Krause, F.; Dilefeld, M.:  
*Simulation and animation of belt conveyor transfers with continuum methods*  
Bulk Europe 2006 Barcelona, 17.10.2006
- Winter, S.:  
*Technische Unterstützung der visuellen Seilkontrolle  
(Stand der Entwicklung – Einsatz in der betrieblichen Praxis)*  
Seilbahnausschuss im Länderausschuss für Eisenbahnen und Bergbahnen  
08./09. Nov. 2005 in Erfurt.
- Winter, S.:  
*Magnetische Seilprüfung*  
Seminar Drahtseile, Haus der Technik e.V.;  
15.-16.02. 2006 und 27.-28.09.2006 in Essen
- Winter, S.:  
*Seilprüfung Heute*  
Verband der Deutschen Seilbahner und Schlepplifte e.V.  
Sommerbergbahntagung; 08.-09.05.2006 in Rüdesheim.
- Winter, S.; Moll, D.:  
*Referat über hochauflösende und konventionelle Seilprüfung*  
Autonome Provinz Bozen Südtirol, 20.09.2006 in Meran (Italien)



---

## 7. VERÖFFENTLICHUNGEN

### Veröffentlichungen von Prof. Wehking

Wehking, K.H, Veenker, D., Folz, J.:

*Ungenutzte Potenziale bei Verpackung und Ladung*  
Holzzentralblatt 13.01.2006, S. 42

Wehking, K.-H.; Veenker; D., Kummer,S.:

*Standardisierung von Großladungsträgern*  
Industriemanagement 21 (2005) 5, S. 49-52

Wehking, K.-H.; Veenker; D., Folz, J.:

*Transportoptimierte Industrieentsorgung*  
Jahrbuch der Logistik 2006, S.270-272; Hrsg.: Dipl.-Volksw. Hanne Wolf-Kluthausen, free beratung GmbH; ISBN 9809412-2-1

Wehking, K.-H.; Veenker; D., Folz, J.:

*Optimierte Industrieentsorgung*  
*Einsatz von Spezialbehältern und –fahrzeugen*  
Schweizer Logistik Katalog 2006, Jahrbuch für Materialfluss und Logistik; Binkert Medien AG, Laufenburg, CH; S. 81-83

Wehking, K.-H.; Folz, J.:

*Bessere Beherrschung von Gefahrensituationen*  
Hebezeuge und Fördermittel; 9-2006; S.422-424

Wehking, K.H., Mitautor bei Arnold, D.:

*Intralogistik.*  
Springer 2007; ISBN 3-540-29657-3

---

## Veröffentlichungen der wissenschaftlichen Mitarbeiter:

- Berner, O. R.: *Prüfstand für praxisnahe, schlupfbehaftete Seildauerbiegeversuche*  
VDI-Bericht 1937, 2006, Aufzüge der Zukunft – Visionen, Grenzen und Betrieb
- Feyrer, K., Wehking, K.H.:  
*Lebensdauer von Drahtseilen unter schwellender Zugkraft – Wissensstand und Ausblick.*  
Springer Verlag - Bauingenieur 6(2006) S. 533-537
- Raach, P.: *Seilprüfung Heute*  
Verband der Deutschen Seilbahner und Schlepplifte e.V.  
Betriebsleiterseminar, 20.06.2006 in München.
- Raach, P.: *On the Move*  
Bridge Design & Engineering 43, 2006, S. 60
- Raupp, D.; Klöpfer, A.: *Stehende Seile unter ermüdender Zugbeanspruchung*  
Stahlbau Heft 1, 2006 S.40-44
- Schönherr, S.; Wehking, K.-H.:  
*Reduction in service life of wire ropes running over sheaves with angular offset.*  
In: Proceedings of the OIPEEC Conference „Trends for Ropes: design, application, operation“, Athens, Greece 27th-28th March 2006, ed. I.M.L Ridge, ISBN 978-0-9552500-0-2, pp. 187-198  
In: Slingmakers, Issue No. 110, AWRF (Associated Wire Rope Fabricators) newsletter, Summer 2006, pp. 9/30-32
- Schönherr, S.: *Analyse von sicherheitsrelevanten Einrichtungen und Bauteilen von Personenaufzügen und Seilbahnen - Methode zur Bewertung des sicherheitstechnischen Nutzens der Fangvorrichtung.*  
VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung. VDI Berichte Nr. 1937  
Aufzüge der Zukunft, Tagung Stuttgart, 14.11.2006, VDI Verlag GmbH Düsseldorf, 2006, ISSN 0083-5560, ISBN 3-18-091937-X, S. 51-60
- Schönherr, S.: *Analyse passiver Sicherheitseinrichtungen von Personenaufzügen und Seilbahnen.*  
Technische Überwachung TÜ Bd. 47 (2006) Nr. 11/12, S. 35-38
- Schönherr, S., Winter, S., Wehking, K.-H., Neuhauser, L., Weiß, H.:  
*Risikoanalyse: Zweiseil-Pendelbahnen mit und ohne Tragseilbremse.*  
Mountain Manager 37 (2006) 2, ISSN 1618-3622, S. 96-97
- Veenker, D., Folz, J., Seeger, F., Wehking, K.H.:  
*BlackBox als Potezial.* Logistik heute 1-2/2006 S. 56/57
- Vogel, W.: *Neuheiten bei Tragmitteln für Treibscheibenaufzüge*  
Tagungsband Heilbronner Aufzugstage 2006

- 
- Vogel, W.: *Das IFT verbindet Innovation mit Sicherheit in Seil-, Sicherheits- und Personenfördertechnik*  
Aufzüge der Zukunft – Visionen, Grenzen und Betrieb. 3. Fachtagung VDI-Technische Gebäudeausrüstung 14. November 2006 Stuttgart VDI Bericht 1937, 2006 S. 1-5
- Vogel, W.: *Tragmittel für moderne Treibscheibenafzüge. Aufzüge der Zukunft – Visionen, Grenzen und Betrieb*  
3. Fachtagung VDI-Technische Gebäudeausrüstung 14. November 2006 Stuttgart VDI Bericht 1937, 2006 S. 41-49
- Vogel, W.: *Zum Einsatz von Stahldrahtseilen in Treibscheibenaufzügen. Lebensdauer*  
Tagungsband Aufzugbetriebsertag 23.5.2006 Stuttgart
- Vorwerk, C.; Batha, A.; Wehking, K.-H.:  
*Belastungen analysieren - Beschleunigungsmessungen an Krankkomponenten zeigen Verbesserungspotenziale auf*  
f&h (2006) 06, S. 286-287
- Vorwerk, C.: *Diskrete Netzteile - Dimensionierung der Bauelemente*  
rfe 54 (2005) 12, S. 44-45
- Vorwerk, C.; Batha, A.; Wehking, K.-H.:  
*Experimentelle Untersuchungen - Schwingungsverhalten von Schubmaststaplern.* h&f 45 (2005) 12, S. 666-669
- Winter, S.: *Technische Unterstützung der visuellen Seilkontrolle (Stand der Entwicklung – Einsatz in der betrieblichen Praxis)*  
Seilbahnausschuss im Länderausschuss für Eisenbahnen und Bergbahnen 08./09. Nov. 2005 in Erfurt.
- Winter, S.: *Magnetische Seilprüfung*  
Seminar Drahtseile, Haus der Technik e.V.;  
15.-16.02. 2006 und 27.-28.09.2006 in Essen
- Winter, S.: *Seilprüfung Heute*  
Verband der Deutschen Seilbahner und Schlepplifte e.V.  
Sommerbergbahntagung; 08.-09.05.2006 in Rüdesheim.
- Winter, S.; Moll, D.: *Referat über hochauflösende und konventionelle Seilprüfung*  
Autonome Provinz Bozen Südtirol, 20.09.2006 in Meran (Italien)

## 8. AUSSENDARSTELLUNG DES INSTITUTS, SEMINARE UND MESSETEILNAHMEN

### 8.1 MESSETEILNAHMEN

#### „ALPITEC 2006“, BOZEN UND DER BRÜCKENSEILKONFERENZ IN KOPENHAGEN

Die Abteilung „Personenfördertechnik / Sicherheitstechnik“ des Institutes hat auf der ALPITEC vom 6. - 8. April 2005 in Bozen und der „International Association for Bridge and Structural Engineering (IASBE)“ Konferenz vom 15. bis 17.05.2006 in Kopenhagen seine Forschungs- und Entwicklungsarbeiten präsentiert. Neben dem Prototypensystem zur Unterstützung der visuellen Seilkontrolle wurden auch magnetinduktive Seilprüfgeräte und die dazugehörige mobile Messdatenerfassungseinheit dem Fachpublikum präsentiert.



Abb. 54: Messestand des IFT auf der ALPITEC in Bozen

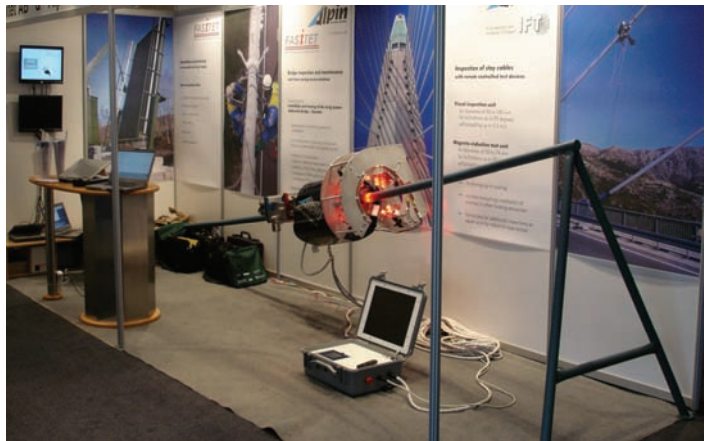
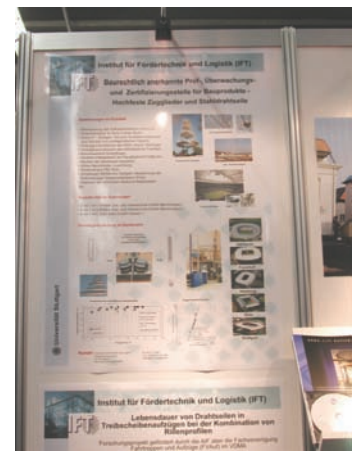
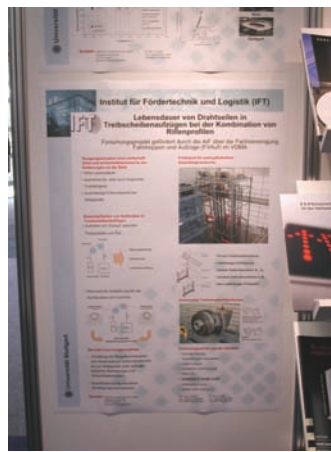


Abb. 55: Prototypensystems zur visuellen Seilkontrolle auf der Brückenseilkonferenz in Kopenhagen

#### LIGHT + BUILDING 2006 FRANKFURT

Die Abteilung Seiltechnologie präsentierte sich in diesem Jahr auf einem Gemeinschaftsstand des VmA, dem Verband mittelständischer Aufzugshersteller, siehe nachfolgende Fotos.





## 8.2 ABTEILUNG SEILTECHNOLOGIE BEREICHERT WISSENSCHAFTLICHE TAGUNGEN

Dr.-Ing. W. Vogel, Dr.-Ing. S. Schönherr, Dipl.-Ing. O. Berner, Dipl.-Ing. S. Ziegler

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschungsarbeiten der Abteilung Seiltechnologie wurden dem interessierten Fachpublikum auf verschiedenen Tagungen präsentiert.

Bei der diesjährigen OIPPEC Konferenz in Athen, einer Tagung internationaler Fachleute zum Thema Ermüdungsfestigkeit von Seilen, stellte das IFT die Ergebnisse zweier Forschungsarbeiten vor. Herr Dipl.-Ing. Ziegler berichtete in seinem Vortrag „Calculation of rope stresses using the Finite Element Method“ über die Forschungsaktivitäten des IFT im Bereich FEM. Frau Dr. Schönherr stellte in ihrem Vortrag „Reduction in service life of wire ropes running over sheaves with angular offset“ die Ergebnisse des DFG-Projekts Reduzierung der Lebensdauer von Drahtseilen durch Schrägzug vor.



Abb. 56: AWRF-Meeting, San Antonio, USA

Einen Einblick in die europäischen Forschungsaktivitäten im Bereich Seiltechnik konnte das IFT den Mitgliedern der AWRP (Associated Wire Rope Fabricators) auf dem Herbst-Meeting in San Antonio, Texas vermitteln. Frau Dr. Schönherr stellte dem interessierten Fachpublikum - überwiegend Seilhersteller und Seilkonfektionäre aus Nordamerika - die Ergebnisse des Forschungsprojektes „Reduzierung der Lebensdauer von Seilen mit seitlicher Ablenkung beim Lauf über Seilscheiben“ und weitere derzeit am IFT laufende Forschungsaktivitäten vor.

Unter der wissenschaftlichen Leitung von Herrn Prof. Wehking veranstaltete die VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung ihre 3. Fachtagung zum Thema „Aufzüge der Zukunft – Visionen, Grenzen und Betrieb“ in Stuttgart. Auch auf dieser Veranstaltung war das IFT mit drei Referaten zu verschiedenen Themen vertreten: Herr Dr. Vogel referierte über „Tragmittel für moderne Treibscheibenaufzüge“, Frau Dr. Schönherr berichtete in Bezug auf die Sicherheitseinrichtung Fangvorrichtung über die „Analyse von sicherheitsrelevanten Einrichtungen und Bauteilen von Personenaufzügen und Seilbahnen“. Herr Dipl.-Ing. Berner stellte in seinem Vortrag das derzeit am IFT laufende AiF-Forschungsprojekt „Rillenprofile“ vor, das zum Ziel hat, neue Erkenntnisse über die Lebensdauer von Seilen speziell in der Anwendung Aufzug unter Berücksichtigung der dort vorliegenden Belastungen zu untersuchen. Sein Bericht über den „Prüfstand für praxisnahe, schlupfbehafte Seildauerbiegeversuche“ wurde durch eine Besichtigung des Prüfstands in der Seilversuchshalle des IFT ergänzt.

Abb. 57: Besichtigung des Prüfstandes am IFT



Abb. 58: Referenten der VDI-Tagung



### 8.3 TEILNAHME AN TAGUNGEN. SEMINAREN UND MESSEN

27.09. - 01.10.2005	9. Welt-Seilbahnkongress der O.I.T.A.F., Innsbruck; D. Moll
08.11. - 09.11.2005	Seilbahnausschuss im Länderausschuss für Eisenbahnen und Bergbahnen in Erfurt; S. Winter
14.11.2005	RFID-Symposium der Industrie- und Handelskammer (IHK) Region Stuttgart; K.-H. Wehking, D. Veenker
26.01.2006	4. Branchenforum Automobil-Logistik der BVL, Stuttgart; K.-H. Wehking, J. Folz, F. Seeger
14.02. – 16.02.2006	Learntec 2006, Karlsruhe; S. Häussler
15.02. - 16.02.2006	Haus der Technik e.V. Außeninstitut der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen in Essen Seminar „Drahtseile, Magnetische Seilprüfung“; S. Winter
21.02.2006	Lager-Manager Forum 2006, München; K.-H. Wehking
02.03. - 03.03.2006	Seminar: Planen aktivierender Lehrveranstaltungen, Hochschuldidaktikzentrum, Freiburg; S. Häussler
02.03. - 03.03.2006	15. Deutscher Materialfluss-Kongress, München; K.-H. Wehking
15.03.2006	VDI Arbeitskreis B 3 Stückgut-Fördertechnik, Bielefeld; K.-H. Wehking
27.03. - 29.03.2006	O.I.P.E.E.C. (Internationale Organisation zum Studium der Betriebsfestigkeit von Seilen) „Trends for Ropes, Design, Application, Operation“ in Athen; S. Schönherr, S. Ziegler, K.-H. Wehking
30.03.2006	LogiMAT Stuttgart; C. Vorwerk, K.-H. Wehking
06.04. - 08.04.2006	Messe ALPITEC Internationale Fachmesse für Berg- und Wintertechnologien in Bozen; S. Winter, D. Moll, J Nägele, W. Beck
05.05.2006	IHK- Kompetenznetzwerk der Industrie- und Handelskammer (IHK) Region Stuttgart; K.-H. Wehking
08.05. - 09.05.2006	Sommerbergbahntagung 2006 des Verband der Deutschen Seilbahner und Schlepplifte e.V. (VDS), Rüdesheim; S. Winter
15.05.- 17.05.2006	IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering) Conference “Operation, Maintenance and Rehabilitation of Large Infrastructure Projects, Bridges and Tunnels” in Kopenhagen; A. Finckh-Jung, D. Moll
17.05.2006	Automatica München; C. Vorwerk
30.05. – 31.05.2006	3. Wissenschaftssymposium Logistik der Bundesvereinigung Logistik (BVL) in Dortmund; K.-H. Wehking

---

08.06 – 09.06.2006	WGTL-Konferenz, Dresden; K.-H. Wehking
20.06.2006	VDS Technikseminar für Betriebsleiter in München; P. Raach
28.06.2006	2. Fachkolloquium WGTL Dresden; C. Vorwerk, K.-H. Wehking
29.06.2006	VDMA-Forschungsvereinigung in Frankfurt; K.-H. Wehking
14.09. – 16.09.2006	Europäische Konferenz der Fördertechnik Professoren, Kosice; K.-H. Wehking
19.09.2006	24. Dortmunder Gespräche, Fachkongress „Warehouse logistics“, Dortmund; K.-H. Wehking
27.09. - 28.09.2006	Seminar „Drahtseile, Magnetische Seilprüfung“ Haus der Technik e.V. Außeninstitut der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen in Essen; S. Winter
28.09. - 29.09.2006	11. Fachtagung Schüttgutfördertechnik 2006, München; C. Vorwerk
13.10.2006	OIPEEC Management Board, Lyon; K.-H. Wehking
17.10. - 18.10.2006	Bulk Europe 2006, Barcelona; C. Vorwerk
18.10. - 20.10.2006	23. Deutscher Logistik-Kongress der BVL, Berlin; K.-H. Wehking
18.10. - 20.10.2006	Seilbahnjahrestagung Tagung 2006 des Verband der Deutschen Seilbahner und Schlepplifte e.V. (VDS), Neukirchen beim Heiligen Blut; D. Moll, W. Beck
23.10. - 24.10.2006	AWRF General Meeting - Fall 2006, San Antonio, Texas; S. Schönherr, O. Berner
07.11. - 08.11.2006	Seilbahnausschuss im Länderausschuss für Eisenbahnen und Bergbahnen, Stuttgart; S. Winter
08.11.2006	VDMA Workshop mobile Arbeitsmaschinen, Bensheim; C. Vorwerk
08.11. - 09.11.2006	eUniversity, Update Bologna, Bundeshaus Bonn; S. Häussler
09.11. - 10.11.2006	WDI Rope Seminar, Inhouse-Seminar veranstaltet von der Westfälischen Drahtindustrie, Düsseldorf; S. Schönherr
14.11.2006	Seminar: ASIIN: Vorbereitung Programmverantwortlicher dt. Hochschulen für ein Akkreditierungsverfahren in 2007, Düsseldorf; S. Häussler
14.11.2006	VDI-Fachtagung „Aufzüge der Zukunft - Visionen, Grenzen und Betrieb“, Stuttgart; K.-H. Wehking, W. Vogel, S. Schönherr, O. Berner
16.11.2006	do it.kongress 2006, Kongress für Innovation mit IT und Medien aus Baden- Württemberg der MFG Baden-Württemberg mbH; K.-H. Wehking
04.12. - 08.12.2006	TÜV-Seminar "Prüfungen von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln"; C. Vorwerk

---

## 8.4 MITARBEIT IN AUSSCHÜSSEN UND NORMUNGSGREMIEN

- Technische Kommission der Drahtseilvereinigung (Drahtseilhersteller); K. Feyrer (Ehrenmitglied)
- VDI-Fachausschuss B1 "Krane"; K. Feyrer (Korrespondierendes Mitglied)
- Leitung des Gesprächskreises: Fachgemeinschaft Fördertechnik des VDMA / Hochschulprofessoren; K.-H. Wehking
- Mitglied im VDI-Ausschuss A4 Entsorgungslogistik in Fertigungsbetrieben; K.-H. Wehking
- Mitglied des Kuratoriums des Fraunhofer Institutes für Materialfluss und Logistik (IML) in Dortmund; K.-H. Wehking
- Richtlinienausschuss VDI 6013 (Kommunikation zwischen Aufzügen / Förderanlagen in Gebäuden und externen gebäudetechnischen Einrichtungen); K.-H. Wehking
- Mitglied bei der Bundesvereinigung der deutschen Entsorgungswirtschaft (BDE); K.-H. Wehking
- Regionalgruppensprecher der Regionalgruppe Baden-Württemberg der Bundesvereinigung Logistik e.V. (BVL); K.-H. Wehking
- Member of Management Committee OIPEEC; K.-H. Wehking
- Präsident der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik (WGTL); K.-H. Wehking
- Mitglied im Aufsichtsrat des Technologie-Lizenz-Büros (TLB) der Baden-Württembergischen Hochschulen GmbH; K.-H. Wehking
- Mitglied im Arbeitskreis der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, VDI-Richtlinie 3810; K.-H. Wehking
- Gutachter für den Bundesgerichtshof, X. Zivilsenat; K.-H. Wehking
- Mitglied des Messebeirats der LogiMAT -
- Mitglied des Arbeitskreises "Behälterstandardisierung" des VDA e.V.; D. Veenker, K.-H. Wehking
- Mitglied im Fachausschuss 4 "Möbel" der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V. (DGfH); D. Veenker, J. Folz
- Sachverständigenausschuss IHK, Region Stuttgart (Ausschuss für die öffentliche Bestellung und Vereidigung von Sachverständigen); W. Vogel
- Fachausschuss Persönliche Schutzausrüstung; W. Vogel
- NSMT/AA 1.5.1, Faserseile, Spleiße und Seilleitern; W. Vogel
- NAD-4, Stahldraht- und Stahldrahterzeugnisse; W. Vogel
- CEN/TC 136/WG5, Bergsteiger- und Kletterausrüstung; W. Vogel
- FAKRA NA Kraftfahrzeuge AK Abschleppseile; W. Vogel
- Erfahrungsaustauschkreis EK8 "Schutzausrüstungen"; W. Vogel
- VDI-Fachausschuss B1 "Krane"; W. Vogel
- CEN/TC 168/WG2, Drahtseile, Seilendverbindungen, Anschlagseile; N.N.
- Fachausschuss Aufzüge und deren technische Prüfung, IHK Region Stuttgart; W. Vogel
- Sachverständigenausschuss für Metallbau - A - (419) und Metallbau - B2 - (419b) des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin; W. Vogel
- Seilbahnausschuss im Länderausschuss für Eisenbahnen und Bergbahnen; Winter, S.
- CEN/TC 242 Spiegelgremium der Deutschen Delegation; Winter, S.
- CEN/TC 242/12927-1 bis 12927-8 Arbeitskreis Seile; Winter, S.



- 
- O.I.T.A.F. Studienausschuss Nr. II: Eigenschaften und Prüfung der Seile;  
Winter, S.
  - I.T.T.A.B. (Internationale Tagung der Technischen Aufsichtsbehörden); Winter, S.
  - CEN/TC 242 Arbeitsgruppe M, "Sicherheit von Förderbändern für touristische oder sportliche Aktivitäten, welche dem Personenverkehr hauptsächlich in Skigebieten dienen"; Winter, S.
  - Arbeitsgruppe 2.4.1 Brückenseile der BAST ; S. Winter Sektorkomitee 111 „Seilbahnen für den Personenverkehr“; S. Winter
  - Mitglied im VDI-Ausschuss A4 „Entsorgungslogistik in Fertigungsbetrieben“; D. Veenker
  - Mitglied im "Netzwerk innovative Kreislauftechnologien (NiK)"; D. Veenker

---

## 9. INSTITUTSMITARBEITER

Direktor	Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking	(0711) 685-83770
Stellvertreter	Dr.-Ing. Wolfram Vogel	(0711) 685-83743
Emeriti	Prof. Dr. techn. Prof. E.h. Franz Beisteiner Prof. Dr.-Ing. Klaus Feyrer Prof. Dr.-Ing. Horst-J. Roos	
Akad. Direktor	Dr.-Ing. Dieter Messerschmidt (ausgesch. mit Beratervertrag)	
Sekretariat	Dipl. Verw.wiss. Ellen Schmidt	(0711) 685-83770 /-83771

### STABSSTELLE

Wiss. Mitarbeiter	Dipl.-Ing. Ass. Kristin-C. Wedekind (Drittmittel) Dipl.-Ing.(FH) Gudrun Willeke 2 Wissenschaftl. Hilfskräfte	
-------------------	--	--

### BEREICH FÖRDERSYSTEMTECHNIK SEITECHNOLOGIE

Leitung	Dr.-Ing. Wolfram Vogel	(0711) 685-83743
Wiss. Mitarbeiter	Dipl.-Ing. Oliver Berner (Drittmittel) Dipl.-Ing. Björn Ernst (Drittmittel) (ab 30.10.2006) M.A. Sandra Häussler (Drittmittel) Dipl.-Ing. Daniela Raupp (Drittmittel) Dr.-Ing. Silke Schönherr (Drittmittel) Dipl.-Ing. Jens Weis (Drittmittel) (ab 01.12.2006) Dipl.-Ing. Stefan Ziegler (Drittmittel) (bis 30.06.2006) Dipl.-Ing. Rolf Hemminger, mit Beratervertrag 15 Wissenschaftl. Hilfskräfte	

### PERSONENFÖRDERTECHNIK / SICHERHEITSTECHNIK (AKTUELL)

Leitung	Dipl.-Ing. Sven Winter	(0711) 685-83787 /-83774
Wiss. Mitarbeiter	Dipl.-Ing. Anita Finckh-Jung (Drittmittel) Dipl.-Ing. Dirk Moll (Drittmittel) Dipl.-Ing. agr. Josef Nägele (Drittmittel) Dipl.-Ing. Peter Raach (Drittmittel) Dipl.-Ing. Werner Beck, mit Beratervertrag 5 Wissenschaftl. Hilfskräfte	



---

## MASCHINENENTWICKLUNG, -OPTIMIERUNG UND AUTOMATISIERUNG

Leitung	Dipl.-Ing. Christian Vorwerk	(0711) 685-83775
Wiss. Mitarbeiter	Dipl.-Ing. Armin Batha (Drittmittel) Dr.-Ing. Alexander Dobrinski (Drittmittel) Dipl.-Ing. Thomas Kuczera (Drittmittel) (ab 01.01.2007) Dipl.-Ing. Iljo Nikic (Drittmittel) 4 Wissenschaftl. Hilfskräfte	

## BEREICH LOGISTIK

### DISTRIBUTIONS- / PRODUKTIONS- / ENTSORGUNGS- / VERKEHRSLOGISTIK

Leitung	Prof. Dr.- Ing. Karl-Heinz Wehking	(0711) 685-83770
Wiss. Mitarbeiter	Dipl.-Ing. Jesper Folz (Drittmittel) (bis 31.10.2006) Dipl.-Wi.-Ing. Hans-Jürgen Greiner (bis 31.10.2006) Dipl.-Ing. Dirk Marrenbach Dipl.-Logist. Daniel Neuhäuser (Drittmittel) (ab 30.10.2006) Dipl.-Ing. Frank Seeger (Drittmittel) Dipl.-Logist. André Siepenkort (Drittmittel) (ab 15.08.2006) Dipl.-Ing. Dunja Veenker 5 Wissenschaftl. Hilfskräfte	

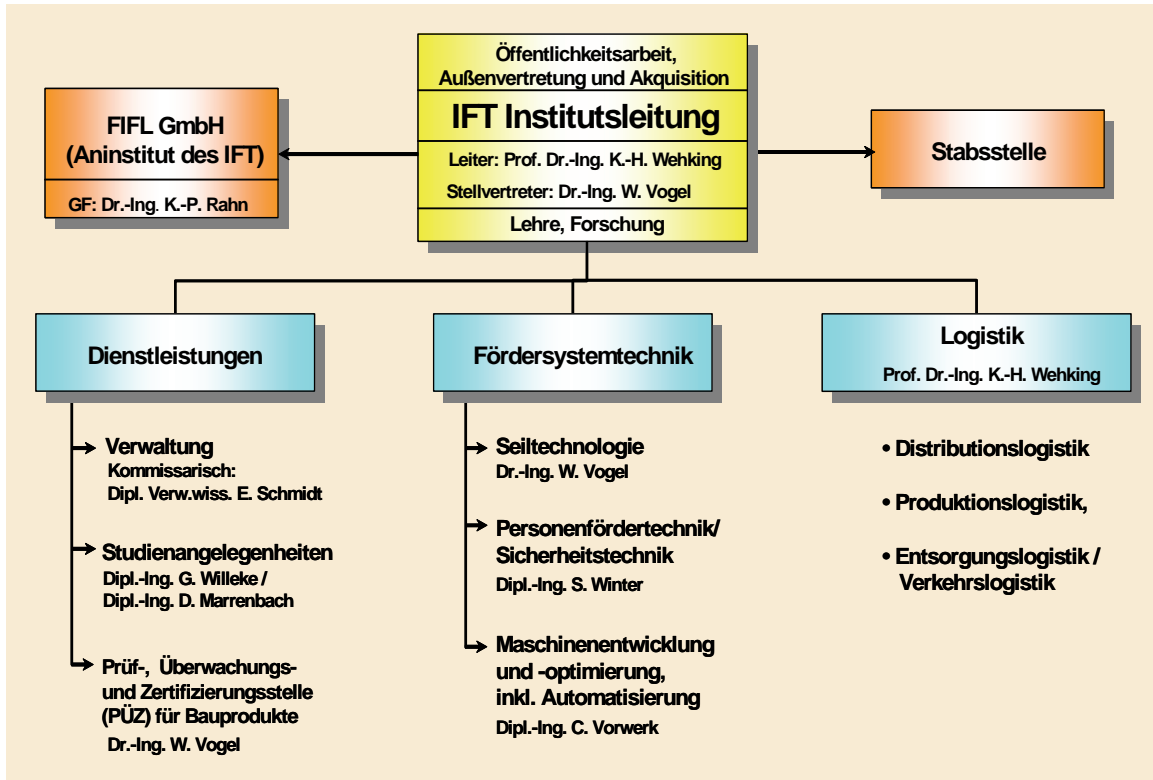
## WERKSTATT, VERWALTUNG, SEKRETARIAT

Samuil Bakschan (Prüfingenieur)  
Marica Bojnec  
Anja Baron  
Josef Cesarec (Werkstatt)  
Friedrich Eitel (EDV) (Drittmittel)  
Heidrun Erdle  
Alexander Haase (Meister mechan. Werkstatt)  
Ralph Möhrke (Elektrotechniker)  
Peter Scherer (Werkstatt)(Drittmittel)  
Erhard Schneider (Werkstatt)  
Terezija Seles

## FIFL GMBH, AN-INSTITUT DES IFT

Geschäftsführer	Dr.-Ing. Klaus-Peter Rahn	(0711) 685-83794
Sekretariat	Christine Schnauer	(0711) 685-84320
Mitarbeiter	Dr.-Ing. Alexander Dobrinski Dr.-Ing. Dieter Messerschmidt	

## ARBEITSBEREICHE AM INSTITUT FÜR FÖRDERTECHNIK UND LOGISTIK



### Impressum:

Herausgeber: Institut für Fördertechnik und Logistik

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking

Redaktion: Dipl.-Ing.(FH) Gudrun Willeke

Druck: Druckerei Mack GmbH, 71101 Schönaich

Bildquellen: Alle Bilder © IFT, falls nicht anders vermerkt.

1. Auflage, Stuttgart 2007





## So erreichen Sie uns:

### Auto:

#### **A81 aus Richtung Heilbronn:**

Ausfahrt Stuttgart-Zuffenhausen => B10, später B27 auf der Heilbronner Straße in Richtung Stuttgart-Zentrum/S-Hauptbahnhof - am Hauptbahnhof/Arnulf-Klett-Platz rechts in die Kriegsbergstraße - an der dritten Kreuzung (Hegelplatz) links in die Holzgartenstraße - direkt nach der Bushaltestelle rechts Einfahrt IFT

#### **A8 aus Richtungen Karlsruhe und München, A81 aus Richtung Böblingen/Singen:**

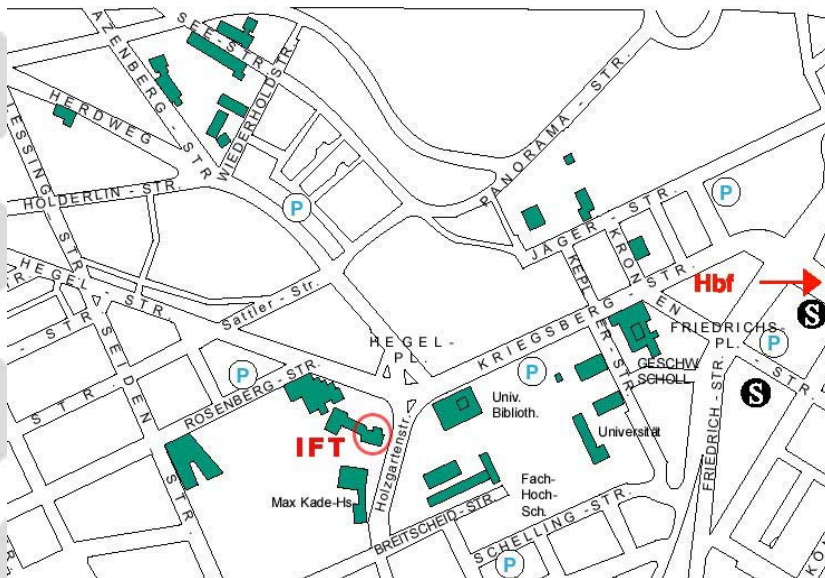
Autobahnkreuz Stuttgart auf die A831 Richtung Stuttgart-West - auf der Rotebühlstraße weiter Richtung Zentrum bis Rotebühlplatz (Gebäude Württembergische Versicherung)- links in die Fritz-Elsas-Straße bis Kreuzung Berliner Platz - rechts in die Schloßstraße, nächste links in die Büchsenstraße/ Holzgartenstraße - nächste Kreuzung Hegelplatz 180°-Wende nach links - direkt nach der Bushaltestelle rechts Einfahrt IFT

### Bahn:

Stuttgart Hauptbahnhof - Stadtbahn-Linie U9/U14 bis Haltestelle Berliner-Platz / Liederhalle - Schloßstraße nach rechts (abwärts), nächste Kreuzung links in die Holzgartenstraße - vor Bushaltestelle nach links Einfahrt IFT

### Flugzeug:

Flughafen Stuttgart - S-Bahn-Linie S2/S3 bis Hauptbahnhof - weiter siehe Anreise per Bahn



**Universität Stuttgart**  
**Institut für Fördertechnik und Logistik**  
**Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking**  
**Holzgartenstraße 15B**  
**70174 Stuttgart**  
**Internet: <http://www.uni-stuttgart.de/ift/>**

**Tel: ++49 / (0)711 / 685-83770**  
**Fax: ++49 / (0)711 / 685-83769**  
**E-Mail: [karl-heinz.wehking@ift.uni-stuttgart.de](mailto:karl-heinz.wehking@ift.uni-stuttgart.de)**