

# „Entwicklung von höher beanspruchbaren Funktionselementen als Basis für neue Bauweisen mit faserverstärkten Werkstoffen (FVW) in der Intralogistik“

Projektlaufzeit: 01.11.2012 – 31.01.2016

gefördert von



## 1. Projektbeschreibung

Das Forschungsvorhaben bezieht sich auf höher beanspruchte Funktionselemente in intralogistischen Produkten, welche Linearbewegungen realisieren. Grundlegende Bewegungsformen sind das Rollen und das Gleiten. Danach erfolgt eine Kategorisierung der Funktionselemente in Roll- und Gleitsysteme. Im Projekt sollen primär die energetisch vorteilhaften Rollsysteme nach Abb. 1 in Abhängigkeit der Lastverzweigung und der Bauart weiterentwickelt sowie untersucht werden.

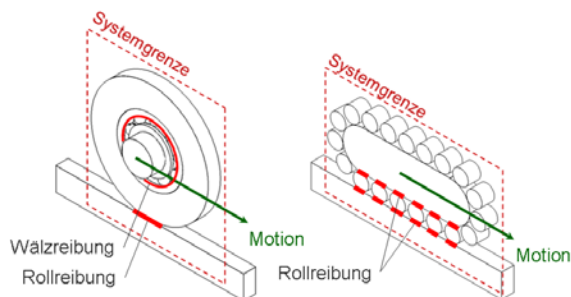


Abb. 1: Einrollensystem (links) und Mehrrollensystem (rechts)

Ein Funktionselement besteht nach Abb. 2 aus einem Grundkörper, welcher den Führungs- oder Laufbereich darstellt, und einen Gegenkörper (z. B. Rolle), welcher auf dem Grundkörper abrollt oder gleitet. Der Grundkörper ist beim Einsatz von Stahlwerkstoffen zumeist ins Führungsbauteil stofflich integriert.

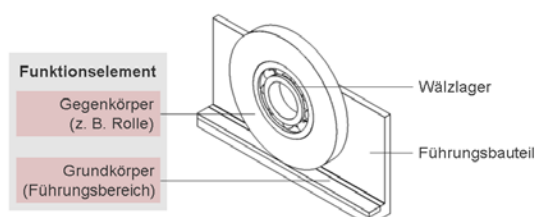


Abb. 2: Allgemeiner Aufbau eines Funktionselementes

Ziel des Projektes ist es, die Zugänglichkeit von faserverstärkten Werkstoffen (FVW) für Führungsbauteile mit Potential einer energetisch sinnhaften Gewichtsreduzierung zu verbessern, indem geeignete Funktionselemente zur Übertragung hoher Belastungen entwickelt werden. Hierbei sind u. a. die Einleitung der Kräfte, die Tribologie im Kontakt und die Beanspruchungen im Führungsbauteil wesentliche Kriterien.

## 2. Vorgehensweise

Zu Beginn ist der Stand der Technik und Forschung zu bestimmen. Dazu zählt die Ermittlung relevanter Funktionselemente in Anwendungen der Intralogistik (z.B. in Regalbediengeräten, Gabelstaplern, Kransystemen), deren Anforderungen sowie bedeutende Erfindungen und Forschungsergebnisse.

In Abhängigkeit von Kriterien wie die Belastung sollen die Funktionselemente klassifiziert werden, um ggf. unterschiedliche Konzepte für mehrere Klassen zu generieren und zu untersuchen. Bei der Konzeptfindung soll eine methodische und systematische Vorgehensweise berücksichtigt werden. Zur Bewertung der mechanischen Belastbarkeit kann hierbei die Herstellung und Prüfung von Versuchsmustern erfolgen. Im Anschluss fließen die Ergebnisse in die Detailkonstruktion der bevorzugten Funktionselemente ein. Durch praktische Untersuchungen und deren Auswertung sind die entwickelten Funktionselemente zu bewerten, deren Geltungsbereich zu definieren sowie Dimensionierungsgrundlagen abzuleiten.

Die beschriebenen Schwerpunkte sind über die Projektlaufzeit in einzelne Arbeitspakete untergliedert.

### 3. Technologie

Führungsbauteile verfügen häufig über einen konstanten Querschnitt und große Längen. Sie werden vorzugsweise durch kontinuierliche Fertigungsverfahren wie z.B. Warmwalzen beim Einsatz von Stählen hergestellt. Für faserverstärkte Werkstoffen mit Kunststoffmatrix eignet sich das Pultrusionsverfahren, welches automatisiert und kostengünstig mit hoher reproduzierbarer Qualität ist. Abb. 3 zeigt eine Pultrusionsanlage und verdeutlicht das Verfahren. Die Verstärkungsmaterialien kommen aus einem Rovingregal bzw. Mattenständer und werden durch ein Harzbad imprägniert. Im Anschluss erfolgt die Formgebung im Werkzeug. Die Ziehvorrichtung besteht aus mindestens zwei verfahrbaren Vorrichtungen, welche wechselnd im Eingriff sind. Sie bewirken einen kontinuierlichen Prozess.

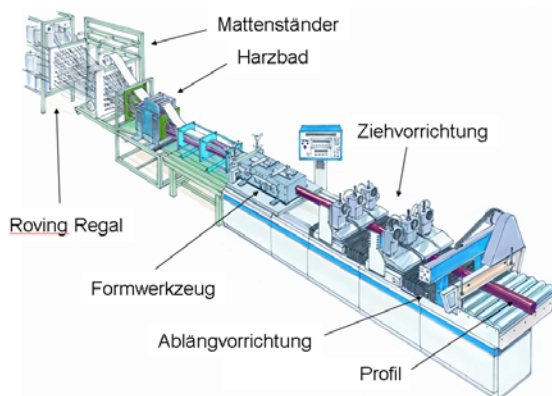


Abb. 3: Pultrusionsanlage und -verfahren [FIB]

In Abb. 4 sind verschiedene Pultrusionsprofile dargestellt. Sie werden für unterschiedlichste Anwendungen eingesetzt. Als Vorteile von Pultrudaten gelten u. a. ein geringes Gewicht, hohe spezifische Festig- und Steifigkeiten, hohe Dauerfestigkeiten sowie ein gutes mechanisches Dämpfungsverhalten. Zudem können die Materialeigenschaften mit Hilfe der Wahl des Faserwerkstoffs, der Faserorientierung, der Füllmenge und der chemischen Zusammensetzung der Matrix gezielt konfiguriert werden.



Abb. 4: Pultrusionsprofile [FIB]

Im Rahmen des Forschungsprojektes soll die Pultrusion als Kerntechnologie zur Herstellung der Führungsbauteile eingesetzt werden. Hierfür steht eine Pultrusionsanlage am Fraunhofer ICT zur Verfügung.

### 4. Versuchseinrichtungen

Für die praktischen Untersuchungen stehen verschiedene Prüfeinrichtungen an den beteiligten Instituten zur Verfügung. Grundlegende Versuche zur Ermittlung statischer Materialeigenschaften können u. a. mit Hilfe einer Zug-Druck-Universalprüfmaschine (Abb. 5) durchgeführt werden. Zudem sind Einrichtungen für dynamische Dauerversuche vorhanden. Mess- und Analysetechnik ermöglicht eine detaillierte Auswertung.



Abb. 5: Zug-Druck-Universalprüfmaschine [TUC]

Jedoch können anwendungsspezifische Versuche nicht mit vorhandener Prüftechnik umgesetzt werden. Dazu ist die Konstruktion eines Rollenprüfstandes erforderlich. Mit Hilfe des Prüfstandes sollen realitätsnahe Belastungen simuliert werden. Hierbei erfolgt eine ständige Bewegung des Gegenkörpers auf dem Grundkörper bzw. Führungsbauteil. Daraus lassen sich Ergebnisse zur Dauer- und Standfestigkeit sowie zu tribologischen Eigenschaften wie Reibung und Verschleißverhalten ableiten.

### 5. Stand der Forschungsarbeiten

In der Intralogistik gibt es zahlreiche Funktionselemente wie z.B. Rolle-Schiene. Allerdings ist eine Gewichtsreduzierung des Führungsbauteils in Bezug auf die Steigerung der Energieeffizienz vorzugsweise bei Unstetigförderern sinnvoll. Dazu zählen Regalbediengeräte, Flurförderzeuge, Kransysteme, Lifter von Elektrohängebahnen oder Skidförderer aus der Automobilindustrie.

Die Kontaktkräfte beim Rolle-Schiene-Element beitragen in Abhängigkeit der Tragfähigkeit bis zu 7,9 kN in Ein-Mast-Regalbediengeräten für Paletten und 55 kN in Hubgerüsten von Gabelstaplern. Bei Einträger-Brücken-Kranen, Hängekranen oder Portalkranen bis 20 t treten Kräfte bis 50 kN auf. Zunächst ausgeschlossen werden Zweiträger-Brücken-Krane und Portalkrane mit Tragfähigkeiten über 20 t, da deren Radlasten enorm hoch sind. Darüber hinaus ist festzustellen, dass die maximalen Kontaktkräfte bei einer Vielzahl weitverbreiteter Anwendungsbeispiele unter 30 kN liegen.

Anhand der Belastungen können drei einzelne Klassen festgelegt werden. Für jede Klasse ist ein Konzept zu entwickeln, welches den jeweiligen Anforderungen entspricht. Erste Versuche sollen Aussagen zur statischen Druckempfindlichkeit faserverstärkter Kunststoffe mit unterschiedlichem Werkstoffaufbau ohne Oberflächenmodifikation bringen. Die Krafteinleitung ist punktuell und in Normalenrichtung zum Lagenaufbau. Die Auflagenseite ist gestützt, sodass das eine Biegung unterbunden wird.

Die ausgewählten Profilquerschnitte für alle Untersuchungen sind ein Rechteck-Profil (90 mm x 8 mm) und ein Vierkantrohr (50 mm x 50 mm x 5 mm). Im Rahmen des Projektes soll ein I-Profil konfiguriert werden, dessen Flächenquerschnitt maximal 1000 mm<sup>2</sup> betragen kann. Der Grenzwert ist bedingt durch die vorhandene Pultrusionsanlage.

Für die Erstversuche werden CFK- und GFK-Materialien mit Epoxidharz als Matrix eingesetzt. Die Faserorientierungen sind zum einen unidirektional und zum anderen in mehreren Lagen unidirektional und +/- 45° gerichtet. Ergänzend werden z. T. Wirrfasermatten integriert. Spätere Konzepte können über Oberflächenmodifikationen verfügen.

Parallel erfolgt die Umsetzung des Rollenprüfstandes. Dieser ermöglicht zeitgleiche Versuche von zwei Funktionselementen. Die maximale Kontaktkraft kann stufenlos bis 30 kN eingestellt werden. Es sind Fahrgeschwindigkeiten bis zu 0,6 m/s erreichbar.

bar. Durch einzelne Halterungen können Pultrudate verschiedener Profilquerschnitte getestet werden.

## 6. Forschungsstellen/Forschungsverbund



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)  
Prof. Dr.-ing. Kai Furmans  
Gotthard-Franz-Str. 8 Geb. 50.38  
76131 Karlsruhe



Technische Universität Chemnitz (TUC)  
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe (ifk)  
Professur Fördertechnik  
Prof. Dr.-Ing. Klaus Nendel  
Reichenhainer Straße 70 (Rühlmann-Bau)  
09126 Chemnitz



Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT)  
Polymer Engineering  
Projektgruppe Funktionsintegrierter Leichtbau (FIL)  
Prof. Dr.-Ing. Frank Henning  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7  
76327 Pfinztal (Berghausen)

## 6. Förderhinweis

Das Projekt wird als IGF-Vorhaben 17542/BG zum Thema „FVW-Funktionselemente“ der Forschungsgemeinschaft Intralogistik/Fördertechnik und Logistiksysteme e.V. über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

## 7. Quellenverzeichnis

[FIB] Fibrotec GmbH: Pultrusion, Riedheimer Straße 3, 88677 Markdorf, Deutschland.

[TUC] Technische Universität Chemnitz, Institut für Fördertechnik und Kunststoffe, Reichenhainer Straße 70. 09126 Chemnitz.