

**Universität Stuttgart**  
Institut für Fördertechnik  
und Logistik

## jahresbericht



2021

*Liebe Leserin,  
lieber Leser,*



nach allen Corona-bedingten Einschränkungen, insbesondere in unserer Lehrtätigkeit, war die Rückkehr zur Präsenzlehre im Wintersemester und damit die Möglichkeit zum persönlichen Kontakt mit unseren Studierenden eine besonders große Freude. Einige unserer Studierenden des dritten oder vierten Semesters haben nun zum ersten Mal einen Hörsaal betreten. Insbesondere die nun wieder mögliche Vernetzung der Studierenden untereinander auf dem Universitätscampus, in der Mensa oder der Cafeteria hat einen unermesslichen Wert. Die gesammelten Erfahrungen in der Verbindung aus Online-Angeboten und Präsenzveranstaltungen zeigen jedoch durchaus zukünftige Möglichkeiten für neue Lehrkonzepte.

Zur Erweiterung unseres Forschungsschwerpunkts auf dem Gebiet der Faserseile in der Seiltechnologie wurde die „große“ Seilbiegemaschine für Stahl- und Faserseile sowie andere Tragmittel in Betrieb genommen. Neben den klassischen Lebensdauerversuchen mit konstanter Prüfgeschwindigkeit und Prüfkraft (bis zu 130.000 N) können auch Versuche mit Lastkollektiven sowie variabler Prüfgeschwindigkeit durchgeführt werden. Dank der Integration von Temperaturfühlern sind auch Versuche mit Temperaturregelung möglich. Hierbei wird die Prüfgeschwindigkeit automatisch geregelt, um eine definierte Zieltemperatur des Seiles zu erreichen und anschließend für den Verlauf des Versuchs konstant zu halten.

Im Forschungsumfeld der ARENA2036 wurde gemeinsam mit dem Institut für Elektrische Energieumwandlung (IEW) ein omnidirektional verfahrbares fahrerloses Transportfahrzeug entwickelt, welches auf die standardisierten KLT-Maße ausgelegt ist und

somit klein und flexibel für intralogistische Aufgaben eingesetzt werden kann. „Scooty“ wird zudem induktiv über den „Intelligenten Boden“ mit Strom versorgt und kann in seiner nächsten Entwicklungsstufe auch hierüber navigieren und sich orientieren (vgl. Bericht S. 34-37).

Zum Ende des Jahres 2021 ist nach insgesamt 37 Jahren Zugehörigkeit und Mitarbeit am IFT unser Werkstatteleiter Herr Haase in den wohlverdienten Ruhestand gegangen. Er stand uns in allen Fragen rund um Fertigung und Montage tatkräftig zur Seite und sorgte stets für einen reibungslosen Betrieb unserer Versuchslabore. Wir bedanken uns ganz herzlich für seine Unterstützung und wünschen ihm alles Gute für seine neuen Aufgaben im, wie er sagt, „Unruhestand“!

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern danke ich herzlich für ihr Engagement und ihren Einsatz – auch unter erschwerten Bedingungen, sei es vor Ort am Arbeitsplatz oder vom Homeoffice aus. Unseren Projektpartnern und Kunden danke ich für ihr Vertrauen und freue mich auf weiterhin gute Zusammenarbeit.

Ich wünsche Ihnen eine anregende und informative Lektüre.

Ihr

Robert Schulz  
Institutleiter

## forschung

<b>4</b>	<b>Seiltechnologie</b>	<b>24</b>	<b>Logistik</b>
6	Überblick Zerstörende Seilprüfung	26	Pick-by-FlexLight – alles eine Frage der Flexibilität?
7	MEG4-Versuche mit Faserseilen aus dem Offshore-Bereich	28	Fluide Fahrzeugproduktion für die Mobilität der Zukunft
8	Schadensgutachten im Seilbereich	30	Sichere Umgebungswahrnehmung für mobile Roboter
12	Zerstörungsfreie Seilprüfungen und Seilbahntechnik – ein Überblick	<b>32</b>	<b>Maschinenentwicklung und Materialflussautomatisierung</b>
14	Kombination magnetinduktive und visuelle Seilprüfung	34	Flächenbewegliche Fahrwerke für kleinskalige fahrerlose Transportfahrzeuge (AGVs)
16	Magnetinduktive Seilprüfung der Luitpoldbrücke in Passau	38	(Re)Konfiguration und dezentrale Koordination autonomer Fahrzeuge (Rekonom)
18	Seilschwebbahnen als Ergänzung des ÖPNV im urbanen Raum	40	BulkID
20	Prüflabor für Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	42	SPEEDTrans
22	Zerstörungsfreie Sonderprüfungen		
23	Regelmäßige Begutachtung einer Membranüberdachung		

## studium

<b>44</b>	<b>Studieren 2021 – Digitale Lehre hat funktioniert</b>
<b>46</b>	<b>MASTER:ONLINE Logistikmanagement</b>
<b>48</b>	<b>Dissertationen</b>
<b>48</b>	<b>Studentische Arbeiten</b>

## daten & fakten

<b>54</b>	<b>Messen, Konferenzen und Veranstaltungen</b>
<b>60</b>	<b>Daten</b>
60	Veröffentlichungen, Vorträge
62	Gremien- und Normungsarbeit
<b>65</b>	<b>Organigramm</b>
<b>66</b>	<b>Team des IFT</b>
<b>68</b>	<b>Impressum</b>

# forschung

Seiltechnologie –  
Zerstörende Seilprüfung



## Zerstörende Seilprüfung

Die vielfältigen Anwendungsfelder der Seiltechnologie zeigen sich auch in den unterschiedlichsten Aufgaben und Projekten der zerstörenden Seilprüfung. Dabei machen die klassischen Seilanwendungen der Fördertechnik wie beispielsweise Aufzugs- und Krananwendungen laufender Seile oder Offshore-Anwendungen stehender Seile noch immer einen Großteil des Versuchsbetriebes aus. Vermehrt werden auch Prüfungen aus speziellen Anwendungsfeldern wie beispielsweise Baumaschinen, Caravaning oder Luftfahrt angefragt. Geprüft werden auch Seile und Seilanwendungen im Freizeitbereich wie bspw. Hochseilgärten.

Die Tätigkeitsbereiche der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter umfassen neben den klassischen Prüfaufträgen aus der Industrie zunehmend auch Beratungsleistungen zu individuell aufgetretenen Problemen mit Seilen und Seiltrieben. Hier werden individuelle Optimierungsmöglichkeiten für den spezifischen Anwendungsfall des Auftraggebers erarbeitet.

Gefragt sind auch gutachterliche Tätigkeiten zu den Ursachen und Optimierungsmöglichkeiten nach Unfällen durch (fast-) Seilrisse mit und ohne Personenschäden. Im Rahmen durchgeführter Schadensgutachten im vergangenen Jahr konnte in den meisten Fällen die Ursache des Schadens gefunden oder zumindest sehr stark auf wenige mögliche Effekte eingegrenzt werden. So erhielten die Beauftragenden zusätzlich zur Frage der Haftung und Verantwortlichkeit weitere wichtige Informationen, um derartige Schäden in Zukunft durch z. B. konstruktive oder organisatorische Maßnahmen vermeiden zu können.

Der Versuchsbetrieb wurde trotz pandemiebedingter Einschränkungen wie z. B. Homeoffice der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durchgeführt und die Auslastung des Seil-labors blieb auf einem hohen Niveau.

Stefan Hecht



Eingebautes Prüfmuster  
eines Mooring-Tails in der  
2500 kN-Zugprüfmaschine

## MEG4-Versuche mit Faserseilen aus dem Offshore-Bereich

Festmacherseile müssen in der Lage sein, Schiffe auch an exponierten Liegeplätzen sicher zu befestigen. Das Anforderungsprofil an die Festmachersysteme ist komplex. Die empfohlenen Mindestanforderungen an die Festmacher-Ausrüstung von Schiffen wurden 2018 vom Oil Companies International Marine Forum (OCIMF) in der 4. Edition der Mooring Equipment Guidelines (MEG4) veröffentlicht. Sie geben Schiffskonstruktoren, Terminalkonstruktoren und Betreibern von Schiffen eine Hilfestellung, um die Sicherheit von Festmachersystemen zu verbessern. Auf Basis des MEG4 führte das IFT im vergangenen Jahr Zugversuche an Festmacher-Enden eines europäischen Herstellers durch.

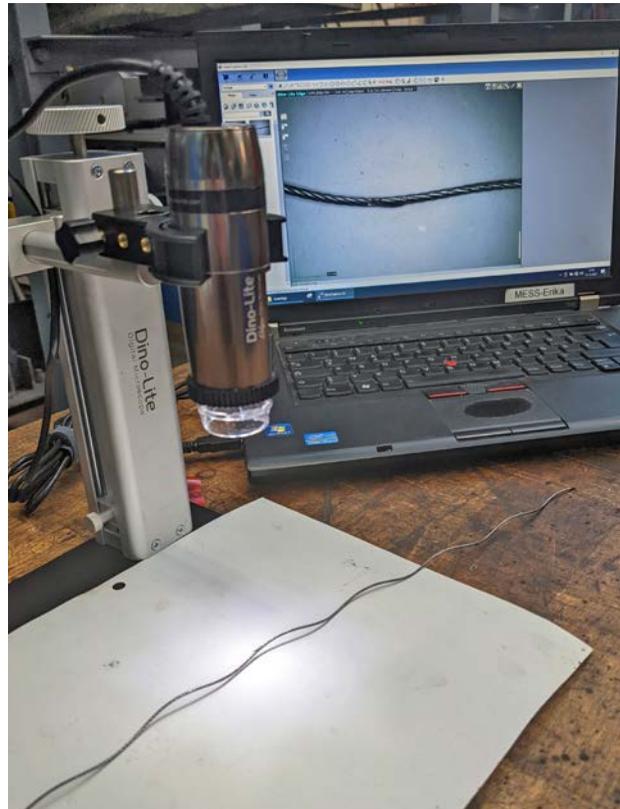
Zur elastischen Dämpfung der Zugbelastung an den Festmacherseilen und zur Verringerung der Zugbelastung auf das Festmacher-System wird insbesondere in Kombination mit Stahl- oder hochmodularen Faserseilen die Verwendung von „Mooring-Tails“ seitens des MEG4 empfohlen. Die üblicherweise aus Polyester, Polyamid oder Polyester/Polypropylen hergestellten Festmacher-Enden sind in ihrer Verwendung Zug-schwell-Lasten ausgesetzt. Aus diesem Grund schreibt MEG4 verschiedene Prüfschemata unter verschiedenen schwellenden Zuglasten vor, sowie auch beispielsweise TOLL-Tests und Versuche zur Bestimmung des Dehnungsverhaltens im neuen und vorbelasteten Zustand.

Vor den Versuchen müssen alle Versuchsmuster für 24 h bewässert werden. Für die Versuche zur Messung der dynamischen Steifigkeit (sheltered dynamic stiffness und exposed dynamic stiffness) wurden die Versuchsmuster sogar noch während des Versuchs bewässert. Dazu wurden über dem Seil mehrere Traversen mit einem eigens angefertigten Bewässerungssystem aufgebaut.

Die hohe Dehnung der Seilmuster von bis zu 20 % – 25 % bei 11 m Referenzlänge führten dazu, dass für die Versuche der maximale Zylinderhub der quasistatischen Zugprüfmaschine des IFT von 4 m gerade ausreichend war. Die Abbildung zeigt beispielhaft ein eingebautes Seilmuster von 11 m in der 2500 kN-Zugprüfmaschine.

Stefan Hecht

## Schadensgutachten im Seilbereich



Drahtseile werden mit dem Digitalmikroskop begutachtet



Lage der Seilschäden wird eingemessen

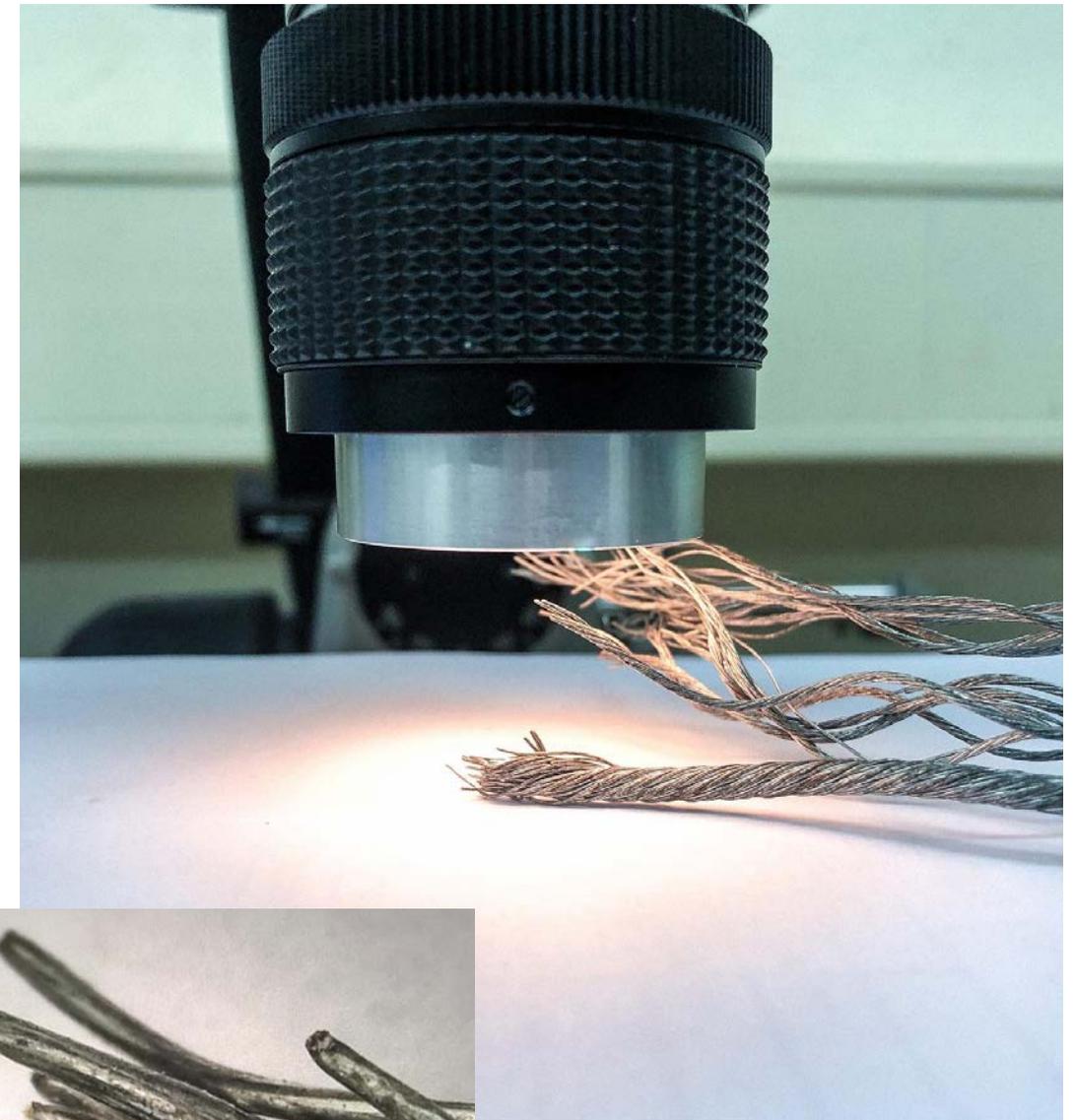
Die Abteilung Seiltechnologie des IFT gibt regelmäßig gutachterliche Stellungnahmen bei verschiedensten Schadensfällen ein. So kommt es trotz der hohen Sicherheitsanforderungen und häufigen Kontrollen von Seilen teilweise zu unerwarteten Seilschäden, besonders im Bereich von Kranen oder Spezialanwendungen. Entstehen dabei hohe materielle Folgekosten oder ist sogar ein Personenschaden aufgetreten, wird intensiv nach der Schadensursache gesucht, um ähnliche Ereignisse in Zukunft zu vermeiden.

Durch die Expertise des IFT im Seilbereich können die Ursachen meist anhand des Schadenhergangs und einer visuellen Begutachtung des gerissenen Seils gefunden oder zumindest eingegrenzt werden. Mit mehreren am IFT vorhandenen Digitalmikroskopen ist es außerdem möglich, hochauflösende Aufnahmen der Drahtbruchenden zu erstellen. So kann z.B. zwischen Drahtbrüchen aufgrund von Überlast oder natürlicher Alterung (erwartbare Dauerdrahtbrüche) unterschieden werden. Ebenfalls denkbar ist ein Zugversuch mit einer Probe eines unbeschädigten Abschnittes des Schadensseils, um die wirkliche (Rest-)Bruchkraft bestimmen zu können.

Die Ursachen können vielfältig sein und finden sich sowohl in menschlichem Versagen (falsche Handhabung/Bedienfehler, unzureichende Inspektionen, zu lange Inspektionsintervalle, falsche konstruktive Auslegung) als auch in Fertigungsfehlern wieder.

Abschließend werden auf Kundenwunsch auch Empfehlungen gegeben, mit welchen Maßnahmen zukünftige Schadensfälle vermieden werden können. Diese richten sich selbstverständlich nach der Art des Schadens und beinhalten konstruktive Änderungen, die Verwendung einer anderen Seilkonstruktion oder verkürzte Inspektionsintervalle.

*Dominik Herrmann*



*Digitalmikroskope ermöglichen hochauflösende Aufnahmen der Drahtbruchenden*

## Seiltechnologie – Zerstörungsfreie Seilprüfung

*Bild: Magnetinduktive  
Seilprüfung einer Seilbahn*





Seilkonstruktionen von Fahrgeschäften werden vom Prüfteam des IFT magnetinduktiv geprüft



Einsatz des visuellen Seilprüfgeräts an der Grüntenseilbahn

## Zerstörungsfreie Seilprüfungen und Seilbahntechnik – ein Überblick

Das Team der zerstörungsfreien Seiltechnologie ist weltweit im Einsatz, um Seile und Anlagen zu prüfen und eine Zustandsanalyse durchzuführen. Geprüft werden Seile oder Seilkomponenten in Seilbahnen, Regalbediengeräten, Fahrgeschäften oder Schleusenanlagen. Trotz erschwelter Bedingungen wurden 2021 auch internationale Einsätze durchgeführt. Insbesondere bei der Seilprüfung an der Ngong Ping 360 in Hong Kong waren strenge Auflagen einzuhalten.

Neben den magnetinduktiven Seilprüfungen hat das Team viele visuelle Seilprüfungen durchgeführt. Das neu entwickelte visuelle Seilprüfgerät wurde unter anderem an der Grüntenseilbahn, der Kampenwandbahn, der Gipfelbahn Weissfluhjoch in Davos und der Ifenbahn in Hirschegg eingesetzt. Parallel durchgeführte magnetinduktive Seilprüfungen ergänzen hierbei häufig das visuelle Seilprüfverfahren.

Das Aufgabenspektrum der zerstörungsfreien Seiltechnologie umfasst auch die Auswertung magnetinduktiver Messungen von Seilherstellern oder Betreibern von Anlagen. Da die Anzahl der urbanen Seilbahnen zunimmt, ist das Auftragsvolumen dieser Auswertungen erheblich gestiegen. Das Team prüfte und bewertete magnetinduktive Messungen urbaner Seilbahnen in Bolivien, Kolumbien und Mexiko.

Die Entwicklung neuer Prüfgeräte mit dazugehörigen Komponenten für die magnetinduktive Seilprüfung bildet einen weiteren Schwerpunkt der zerstörungsfreien Seiltechnologie. Entwickelt wurde eine mobile Messeinrichtung zur Messung der magnetischen Flussdichte festinstallierter magnetinduktiver Prüfgeräte. Diese müssen gemäß der Richtlinie DIN EN 12927 alle drei Jahre einer vollumfänglichen Funktionskontrolle unterzogen werden. Ein Bestandteil dieser Funktionskontrolle ist die Kontrolle und Messung der magnetischen Feldstärke des Prüfgeräts. Durch die Entwicklung dieser mobilen Messeinrichtung kann das Prüfgerät vor Ort im vollständig montierten Zustand überprüft werden und muss nicht mehr demontiert werden, um in einem Labor die Funktionskontrolle durchzuführen.

*Marco Testa, Ralf Eisinger, Gregor Novak*

# Kombination magnetinduktive und visuelle Seilprüfung

Seilbahnen zählen zu den sichersten Verkehrsträgern und werden in regelmäßigen Abständen überprüft. Die Seile unterliegen hierbei einer besonderen Aufmerksamkeit, sie müssen in gesetzlich vorgegebenen Abständen auf mögliche Zustandsänderungen oder Schädigungen untersucht werden. Zu den wichtigsten Prüfverfahren zur Überwachung von Drahtseilen zählen die magnetinduktive und die visuelle Seilprüfung.

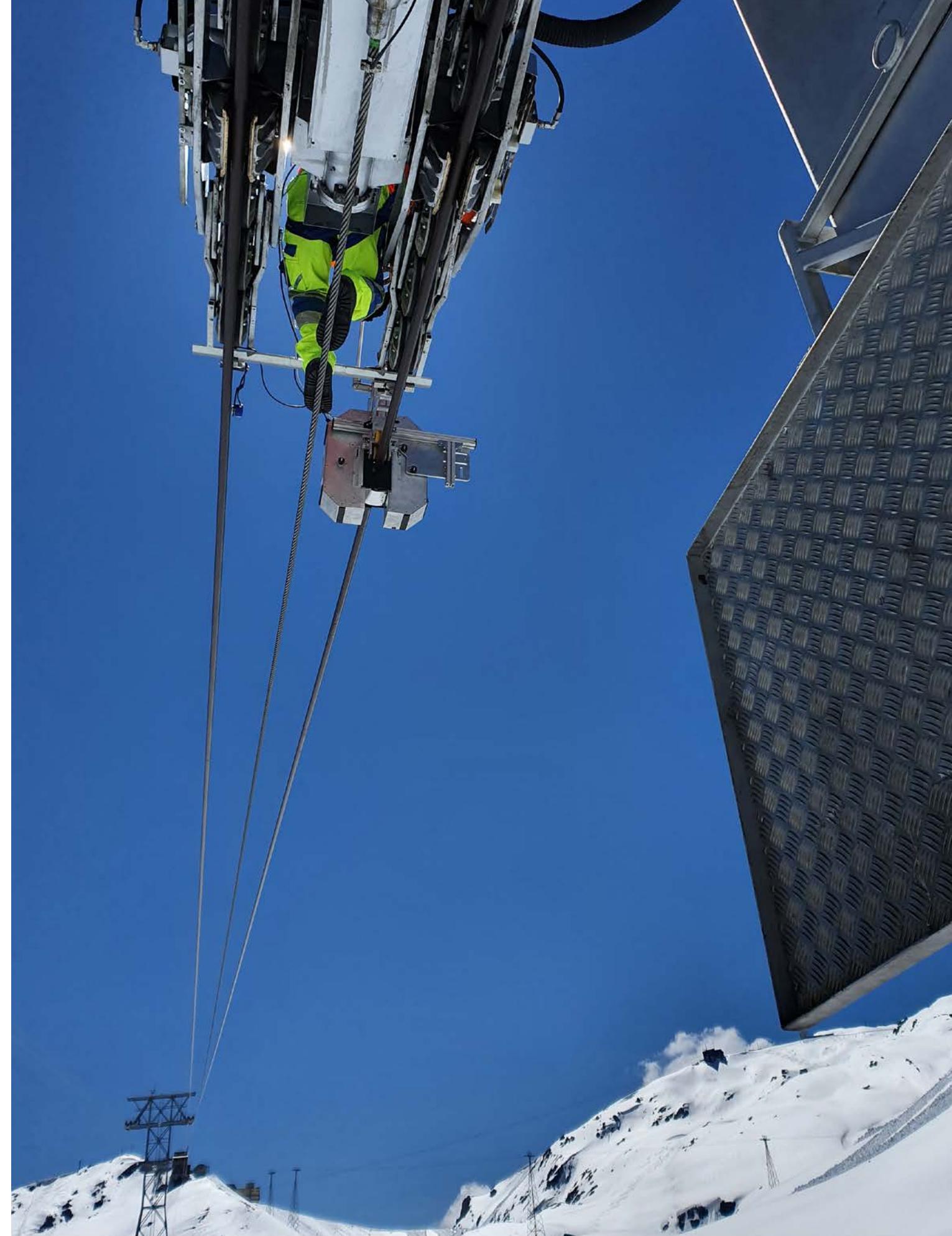
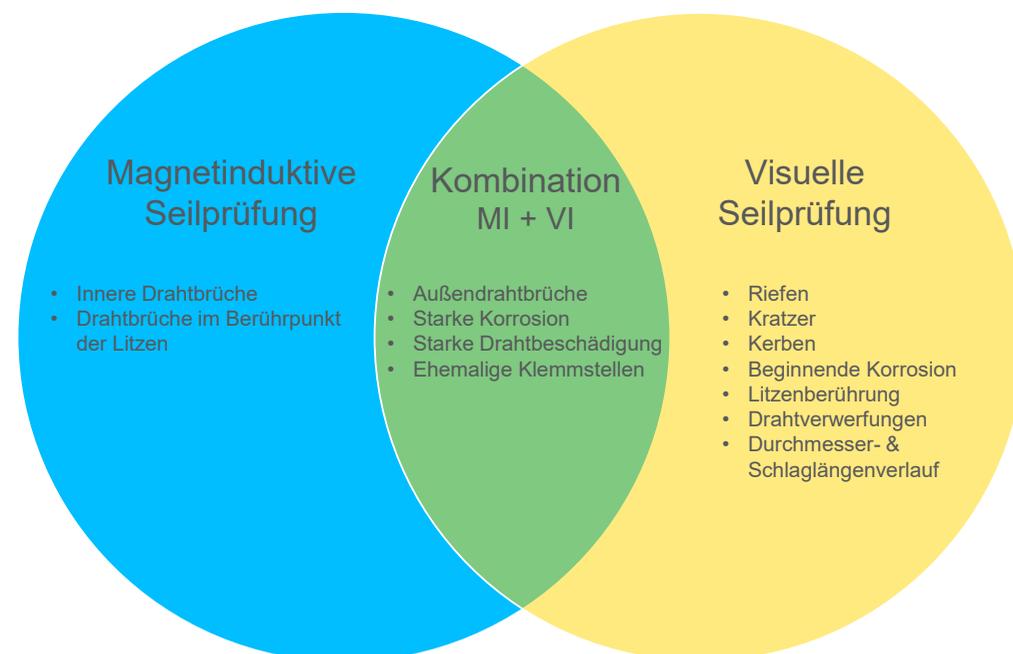
Neben zahlreichen Seilprüfungen im Seilbahnbereich entwickelt das Team der zerstörungsfreien Seiltechnologie Prüfgeräte und neue Seilprüfverfahren. So kann das Seil durch die Kombination der magnetinduktiven und der visuellen Seilprüfung ganzheitlich untersucht werden. Damit wird ein deutlicher Informationsgewinn über den Zustand eines Seiles erreicht. Die langjährige Expertise auf dem Gebiet der Entwicklung und Konstruktion von Prüfgeräten sowie die Erfahrungen aus der praktischen Seilprüfung fließen direkt in die Neu- und Weiterentwicklung ein.

Mit der Entwicklung der neuen Generation des Winspect-Systems wurde die Kombination des

magnetinduktiven und des visuellen Prüfgerätes technisch umgesetzt. Dabei wird die Messdatenerfassung der beiden Systeme elektronisch gekoppelt. Die neue Elektroneinheit erzeugt bei beiden Prüfgeräten synchrone Messdaten, die direkt miteinander verglichen werden können. Die Auswertung der Kombination der magnetinduktiven Messschriebe und der visuellen Aufnahmen erfolgt, indem die Messdaten übereinandergelegt werden. Schadstellen im Seil können somit wesentlich genauer spezifiziert und daraus exaktere Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Das Prüfteam der zerstörungsfreien Seiltechnologie setzt das kombinierte Prüfverfahren inzwischen regelmäßig bei Seilprüfungen ein. Ein Schadensfall bei einer Pendelbahn wurde mithilfe der Kombination der beiden untereinander gekoppelten Prüfgeräte untersucht. Dabei wurde das Tragseil genauestens mit beiden Prüfverfahren unter die Lupe genommen. Hierbei zeigte sich das enorme Potenzial in der Kombination beider Prüfverfahren.

*Johannes Keller*





*Blick in den Kavernenbereich:  
Die aufgespreizten Seilstücke  
werden magnetinduktiv geprüft*



## *Magnetinduktive Seilprüfung der Luitpoldbrücke in Passau*

Die 1910 erbaute Luitpoldbrücke in Passau ist eine 208 m lange Hängebrücke. Mit einer Stützenweite von 126 m überspannt sie die beiden Uferseiten der Donau. Auf der Südseite werden die Tragseile über einen Pylonen geführt und unter dem Rathausplatz in einer zirka 15 Meter tiefen Kaverne verankert. Auf der Nordseite verlaufen die Tragseile im freien Spannungsbis zu einer Felswand unterhalb der Veste Oberhaus und werden dort ebenfalls in einer in das Felsgestein geschlagenen Kaverne verankert.

Die Hängebrücke wird mit zwei Haupttragseilen abgspannt. Jedes Haupttragseil besteht aus sieben einzelnen Drahtseilen, die parallel zueinander liegen und in wiederkehrendem Abstand mit Schellen fixiert sind. Jedes der Drahtseile hat einen Durchmesser von 70 Millimetern und ist als vollverschlossenes Drahtseil ausgeführt. Die Endverankerung in den Kavernen erfolgt über ins Felsgestein eingelassene Widerlager aus Stahl. Dort ist das Haupttragseil in seine sieben einzelnen Drahtseile aufgespreizt, die einzeln mithilfe eines Vergusses im Widerlager abgesspannt sind.

Ein Team von drei Mitarbeitern der zerstörungsfreien Seilprüfung hat die aufgespreizten Seilstücke im Kavernenbereich magnetinduktiv geprüft. Da jedes der zwei Haupttragseile mithilfe von zwei Kavernen abgesspannt ist, waren für die Prüfung der 28 Seilzonen im Kavernenbereich drei Tage angesetzt. Die Prüfung der Seilstücke erfolgte mit dem institutseigenen magnetinduktiven Seilprüfgerät SMRT 70. Adaptiert wurde das Prüfgerät mit der vom IFT entwickelten Rollenführung. Diese ermöglicht, das Prüfgerät mit relativ wenig Reibung zwischen Seil und Prüfgerät zu bewegen. Dadurch wird in erster Linie der Korrosionsschutz der Brückenseile geschont und eine höhere Prüfgeschwindigkeit ist möglich. Eine Motorwinde zieht das Prüfgerät von der Seilendverbindung am Ende der Kaverne bis zur Mündung der Aufspreizung der Seile und sorgt so für eine möglichst kontante Prüfgeschwindigkeit. Darüber hinaus führten die Mitarbeiter eine visuelle Kontrolle der Seiloberfläche und der Seilendverbindung durch.

*Marco Testa*



Urbane Seilbahn in Santiago de Chile / Bild: pixabay

# Seilschwebbahnen als Ergänzung des ÖPNV im urbanen Raum

– Gefördert durch Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) –

Innenstädte leiden vielfach unter stockendem Verkehr, Motorenlärm, schlechter Luftqualität und stark ausgelasteten Bussen und Bahnen. Als umweltfreundliche Option zur Erweiterung des ÖPNV-Angebotes im Stadtverkehr können Seilschwebbahnen eingesetzt werden. Dies belegen zahlreiche urbane Seilbahnlösungen in Südamerika, Südeuropa und Asien. Urbane Seilbahnprojekte in Deutschland scheitern jedoch zurzeit entweder an fehlenden Planungskennnissen oder an der Akzeptanz der Gesellschaft.

Im Rahmen eines geförderten Projektes der DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) haben das Projektteam des IFT und der Projektpartner „SSP Consult Beratende Ingenieure GmbH“ Werkzeuge

und Methoden entwickelt, damit urbane Seilschwebbahnen bei der Verkehrsplanung eine gleichwertige Chance zu den klassischen ÖPNV-Verkehrsmitteln (wie Straßen- oder U-Bahnen, Busse) erhalten. Die entwickelten Konzepte beziehen sich auf die Planungsphase der ersten Projektidee bis zum Herstellerkontakt.

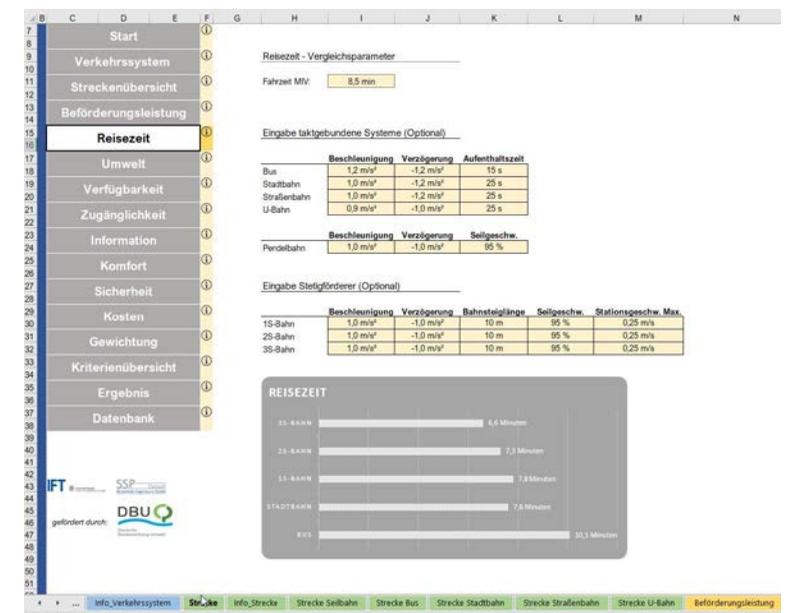
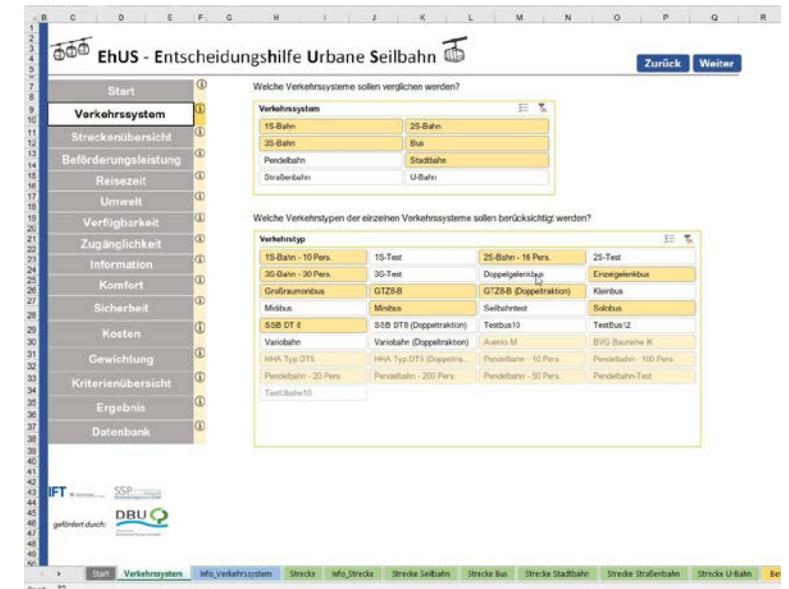
Das zweijährige Forschungsprojekt gliedert sich in drei Forschungsziele bzw. drei Projektphasen auf. In der ersten Phase wird eine Entscheidungshilfe entwickelt. Hier wird abgeschätzt, ob eine urbane Seilbahn für die vorgesehene bzw. zur Verfügung stehende Trasse sinnvoll ist. Das Ergebnis von Phase zwei zeigt eine stringente Planungsmethodik auf, damit die weitere Planung optimal ausgeführt wer-

den kann. Die dritte Projektphase befasst sich mit der Integration der Seilbahn in urbane Umgebungen. Es sollen Konzepte erarbeitet werden, um die Seilbahn noch besser an urbane Anforderungen anzupassen. Die Entwicklung der „Entscheidungshilfe Urbane Seilbahn“ (EhUS) befindet sich aktuell in der Endphase. Das in MS-Excel ausgeführte Tool ermöglicht es, Trassen verschiedener Verkehrssysteme zu vergleichen. Berücksichtigt werden Seilschwebbahnen (1S-Bahn, 2S-Bahn, 3S-Bahn, Pendelbahn), Dieselbus, E-Bus, Stadt- und Straßenbahn sowie U-Bahn.

Folgende Funktionen weist das Tool auf (teilweise auch auf den nebenstehenden Screenshots ersichtlich).

- Eingabe der verschiedenen Trassenverläufe.
- Eingabe von verkehrstechnischen Anforderungen, bspw. Verkehrsmitteltyp, Beförderungsleistung, Fahrplanangebot, Verfügbarkeit etc.
- Berechnung und Gegenüberstellung von Vergleichskriterien, bspw. Auslastung, Fahrzeit, Takt, CO<sub>2</sub>-Äquivalent, Bodenversiegelung, Fahrkomfort, Kosten etc.
- Möglichkeit der unterschiedlichen Gewichtung der einzelnen Kriterien.
- Darstellung des Eignungsgrades der ausgewählten Verkehrssysteme.

Peter Schmid



Screenshots des Excel-Tools zur „Entscheidungshilfe Urbane Seilbahnen“ (EhUS)



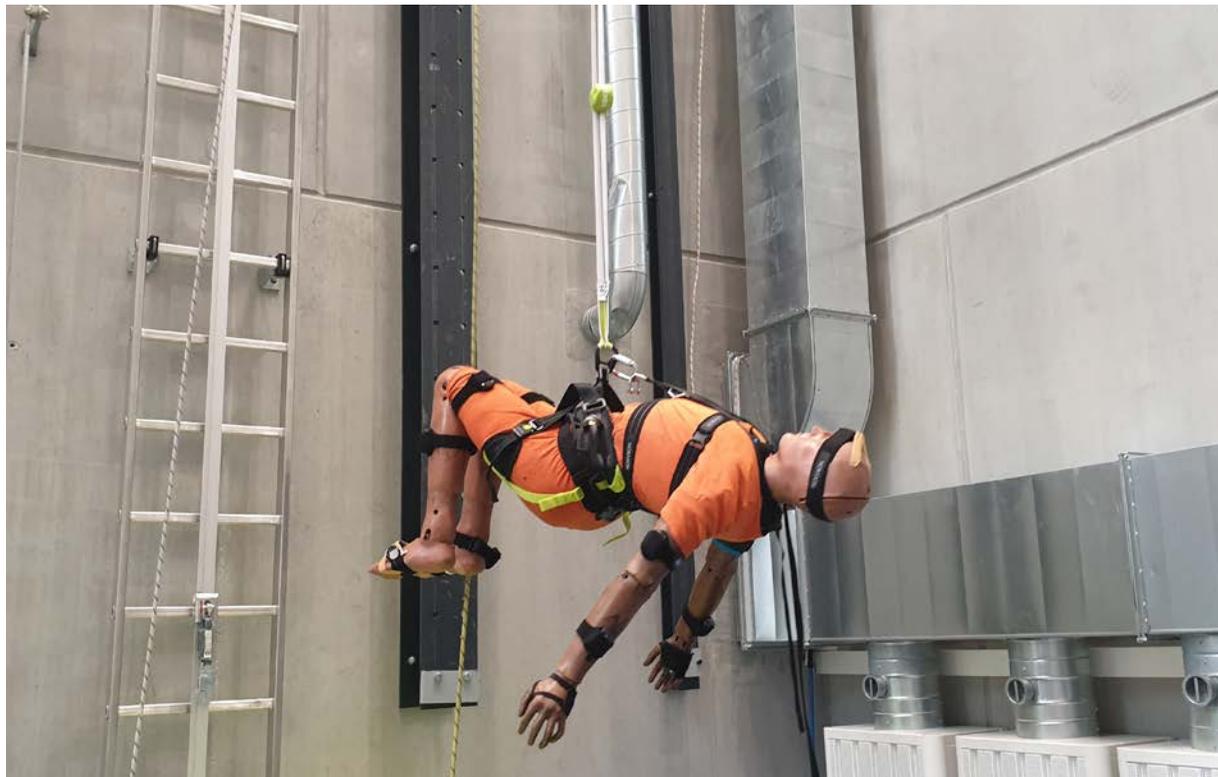
## Prüflabor für Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Das IFT ist als Notifizierte Stelle (NB 1771) europaweit zur Durchführung von Konformitätsbewertungsverfahren an Persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) nach der PSA-Verordnung (EU)2016/425 zugelassen. Damit ist das IFT berechtigt, EU-Baumusterprüfungen an neuer PSA sowie die im Rahmen der Produktüberwachung (Modul C2) von PSA der Kategorie III erforderlichen wiederkehrenden Prüfungen durchzuführen. Das IFT ist weiterhin zugelassenes Prüflabor zur Prüfung nach den Prüfvorschriften der UIAA, dem Internationalen Bergsportverband. Als unabhängige universitäre Einrichtung beteiligt sich das IFT auch in den Normungsgremien der CEN sowie der UIAA Safety Commission. In den regelmäßig stattfindenden Gremien- und Arbeitsgruppentreffen bringen wir unsere Expertise im Bereich der PSA ein.

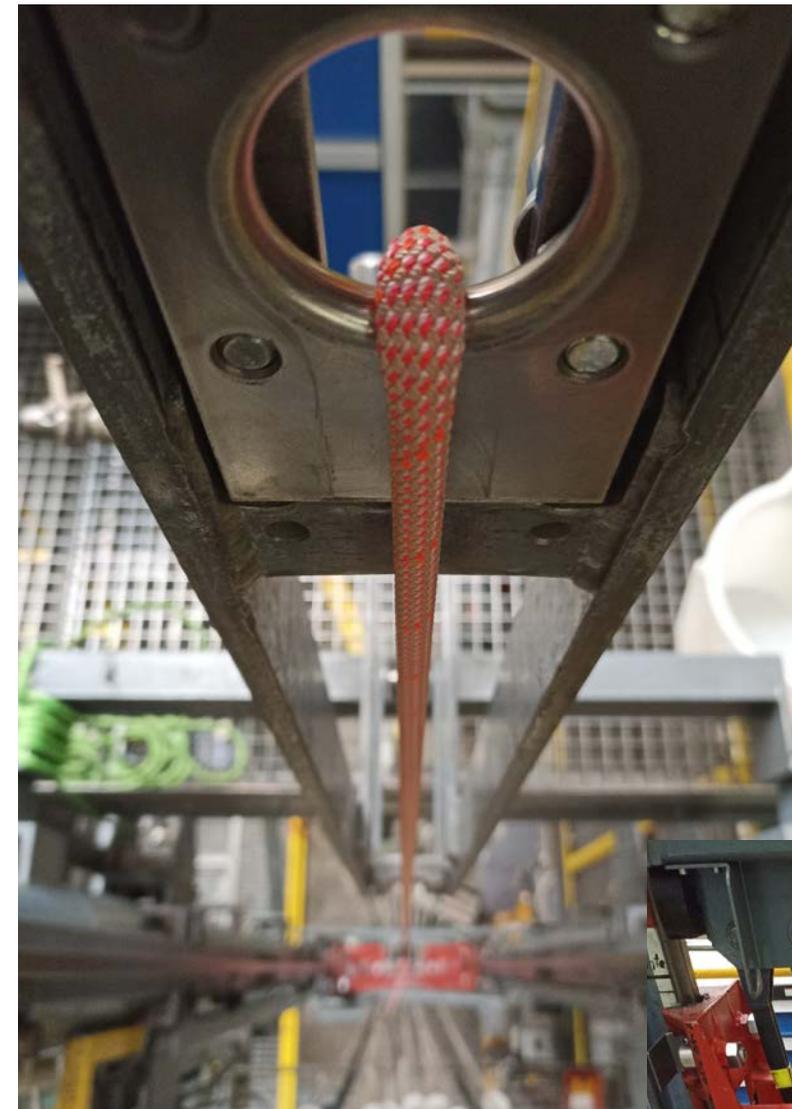
Aufgrund der COVID-19-Pandemie kam es in den letzten zwei Jahren zu einem regelrechten Outdoor-

und Bergsport-Boom. Vor allem Klettersteige erfreuen sich großer Beliebtheit, da diese ohne besondere Vorkenntnisse einen Zugang zum Alpinismus bieten. Besonders auf Klettersteigen kam es jedoch in den letzten beiden Jahren zu mehr Rettungseinsätzen. Um Personen bei einem Sturz im Klettersteig kontrolliert gebremst aufzufangen werden Falldämpfer verwendet. In der Regel begrenzen die einschlägigen Normen die dabei maximal zulässige Kraft auf 6 kN (geprüft mit Stahlmasse), unabhängig vom Nutzergewicht. Dies resultiert in unterschiedlichen Beschleunigungen und Belastungen auf die Körper unterschiedlich schwerer Personen. Leichtere Personen werden deutlich härter gebremst als schwerere Personen.

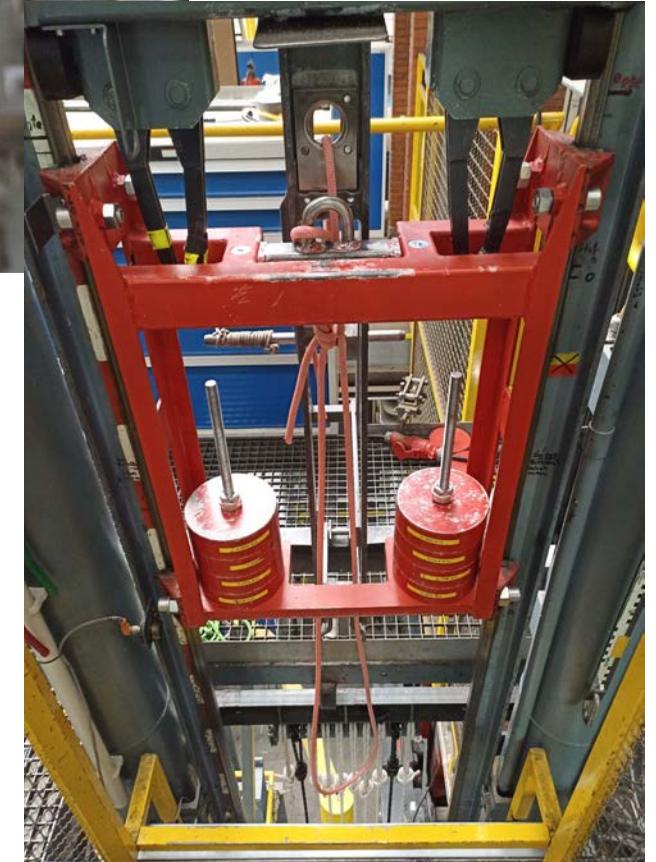
Das IFT hat sich deshalb dieses Jahr der Fragestellung angenommen, welcher Zusammenhang zwischen Belastung und Verletzungsrisiko beim Sturz besteht.



Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) wie Klettersteigsets werden in Fallversuchen getestet



Auch Bergsportseile werden am Fallprüfstand des IFT getestet



Um die interdisziplinären Synergien der Universität Stuttgart zu nutzen, hat sich das IFT mit dem Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft zusammengetan um dieser Fragestellung in einem angedachten Forschungsvorhaben nachzugehen.

Durch die enge Zusammenarbeit mit Firmen im Bereich der PSA und die Mitarbeit in den Normungsgremien können auch regelmäßig sehr gefragte studentische Arbeiten angeboten werden, welche sich in der Regel mit sicherheitstechnischen Aspekten von Bergsportprodukten beschäftigen.

*Benedikt Franck*



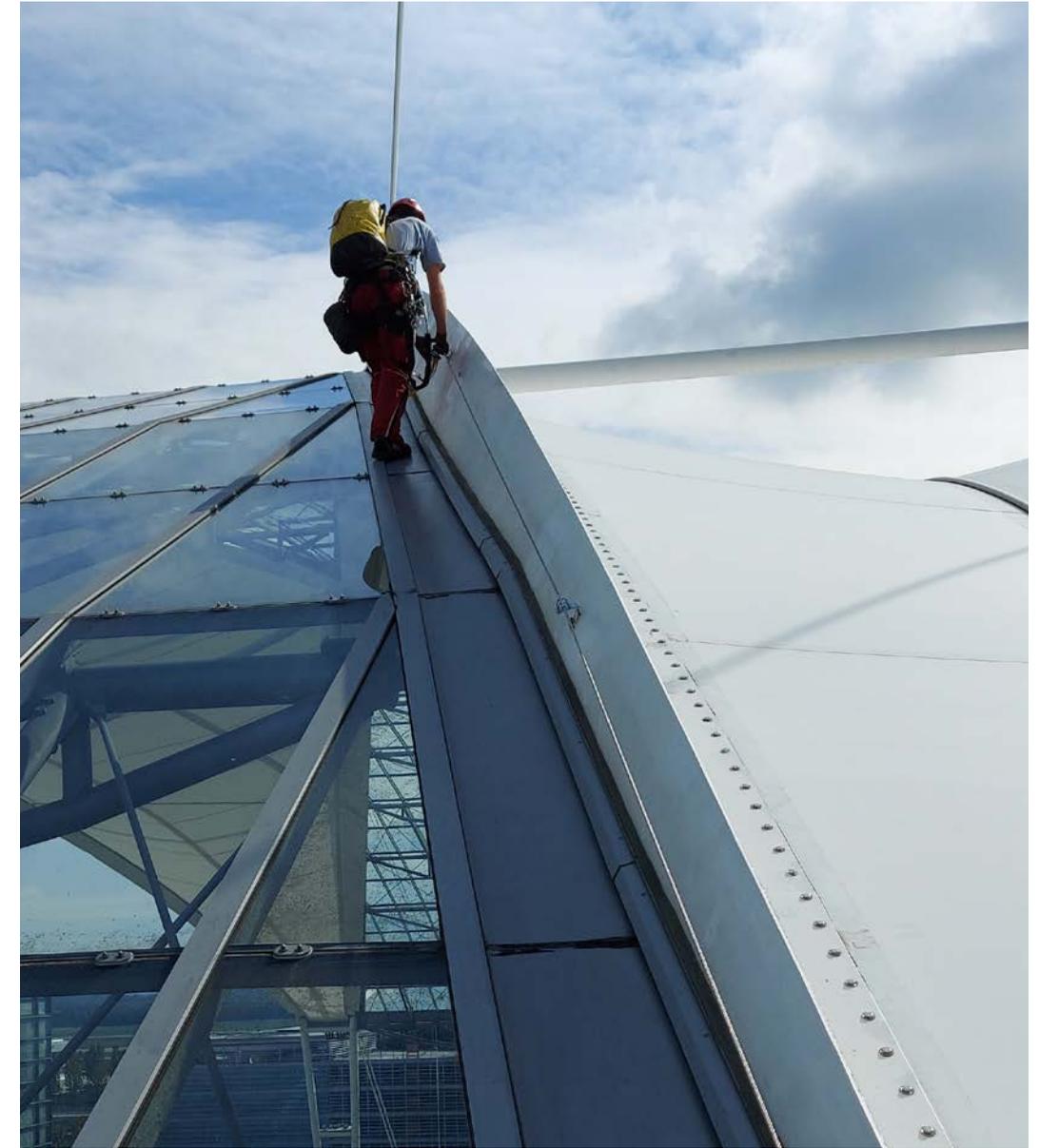
Fahrgeschäfte wie der „Free Fall Tower“ im Holidaypark in Haßloch werden vom IFT geprüft

## Zerstörungsfreie Sonderprüfungen

Magnetinduktive Prüfungen werden zur Überwachung von Seilbahnen sowie anderen seilgebundenen Systemen eingesetzt. Dazu zählen bspw. Fahrgeschäfte wie Achterbahnen und Karusselle in Freizeitparks, aber auch Schleusen, Fähren oder Seilbauwerke. So hat das Prüfteam des IFT die Hubseile von Karussells wie „Free Fall Tower“ im Holidaypark in Haßloch oder „Disney Parachute Drop“ im Disneyland Hongkong magnetinduktiv geprüft.

Im Einsatz war das Team auch an der Schleuse des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal und der Neckar-Gierseilfähre. Zu den Sonderprüfungen zählt auch die in diesem Jahr durchgeführte Prüfung an der Luitpoldbrücke in Passau: hier liegt die Endverankerung der Haupttragseile in Kavernen, in denen die aufgespreizten Seilstücke magnetinduktiv geprüft wurden.

*Gregor Novak*



Begutachtung der Membranüberdachung des Munich Airport Centers

## Regelmäßige Begutachtung einer Membranüberdachung

Das Forum des Munich Airport Center am Flughafen München wird von einer Membrandachkonstruktion überspannt. Dieses Dachtragwerk besteht aus sieben gleichartigen Membranfeldern, die mit jeweils drei parallelaufenden Edelstahlseilen gestützt werden. Hierbei handelt es sich um sogenannte offene Spiralseile, die zur Vorspannung und Grundstabilisierung der Membranen dienen.

Die Begutachtung der Edelstahlseile im Rahmen der Bauwerksüberwachung wird bereits seit mehreren Jahren regelmäßig vom IFT übernommen. In diesem Jahr wurde wieder die visuelle Inspektion durchgeführt, welche alle Seile der sieben Felder umfasste.

*Gregor Novak*



# forschung

Logistik

*LernLager am IFT mit LED-Bändern  
als integriertem Leitsystem und  
Wegoptimierungen durch  
Pick-by-FlexLight*

# Pick-by-FlexLight – alles eine Frage der Flexibilität?

– Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags –

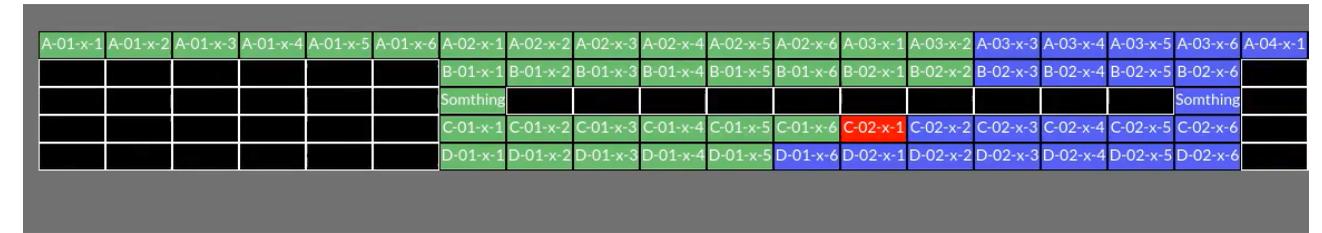
Das Sendungsvolumen der KEP-Dienstleister in Deutschland ist 2020 um 400 Millionen Sendungen auf 4,05 Milliarden Sendungen im gesamten Jahr gestiegen – Tendenz steigend, da der Online-Handel durch die Corona-Pandemie weiter zugenommen hat. Doch welche Herausforderungen verbergen sich hinter dem stetig wachsenden E-Commerce für die Unternehmen? Die von Kunden erforderte Schnelligkeit des Warenversandes hat eine direkte Auswirkung auf die innerbetriebliche Logistik der Unternehmen und Logistikdienstleister. Die Automatisierung spielt bei der Effizienzsteigerung eine wesentliche Rolle und ist mit hohen Investitionskosten verbunden, die sich weiter erhöhen, wenn man saisonale Nachfrageschwankungen wie das Weihnachtsgeschäft oder Rabattaktionen (z. B. Black Friday) bewältigen möchte. Insbesondere für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) ist dies nicht mehr zu realisieren.

Manuelle Tätigkeiten haben in der Intralogistik nach wie vor eine hohe Relevanz. Insbesondere in der Kommissionierung wird das Person-zur-Ware-System häufig eingesetzt, da die heterogenen und dynamischen Arbeitsinhalte der Kommissionierung durch den Menschen effizient gelöst werden. Gleichzeitig bildet die manuelle Kommissionierung mit über 55% den größten Kostenfaktor in den Lagerhäusern. Hohe

Personalkosten, eine starke Fluktuation und höhere Fehlerquoten durch manuelle Tätigkeiten sind Treiber dieser Kosten. Gleichzeitig mangelt es Unternehmen an der Fähigkeit, ihre Kommissioniersysteme ohne Unterstützung des Systemanbieters an aktuelle Anforderungen anzupassen. Die Gestaltung der Kommissioniertechnologien setzt dabei Flexibilität für den Unternehmer und Anwender voraus.

Im ZIM-Projekt „Entwicklung eines neuartigen, flexiblen, robusten und kostengünstigen Pick-by-Light-Systems für die manuelle Kommissionierung in kleinen und mittleren Unternehmen – FlexLight“ beschäftigt sich das Institut fürördertechnik und Logistik (IFT) in Zusammenarbeit mit der ThingOS GmbH aus Stuttgart vom 01.01.2020 bis 31.12.2021 unter anderem mit dieser Problemstellung. Mit der Weiterentwicklung des bisherigen Pick-by-Lights zu einem flexibleren System, dem Pick-by-FlexLight, werden die Investitionskosten reduziert, damit sich auch KMU ein Pick-by-Light für die Bewältigung der Herausforderungen ermöglichen können.

Ziel ist die Flexibilitätssteigerung der angewendeten Kommissioniertechnologie durch die Vermeidung von negativen Auswirkungen auf die Kommissionierprozesse und -leistungen. Ein umfangreicheres und



Pathfinding: Software zur Wegoptimierung / Bild: ThingOS GmbH

individuelleres Funktionsportfolio führt dabei zu optimierten Kommissionierprozessen. Dieses Portfolio umfasst ein integriertes Leitsystem und Wegoptimierungen durch Pick-by-FlexLight. Das Leitsystem besteht in diesem Fall aus LED-Bändern. Diese sind in der Lage, den RGB-Farbraum vollständig abzubilden. So können mehrere Kommissionierer gleichzeitig durch unterschiedliche Farbzugehörigkeiten kommissionieren.

	Pick-by-Light	Pick-by-FlexLight
<b>Investition</b>	hoch	gering
<b>Qualität</b>	gering	hoch
<b>Zeit</b>	schnell	schnell
<b>Multi-Order</b>	nein	ja
<b>Guiding</b>	nein	ja
<b>Flexibilität</b>	gering	hoch

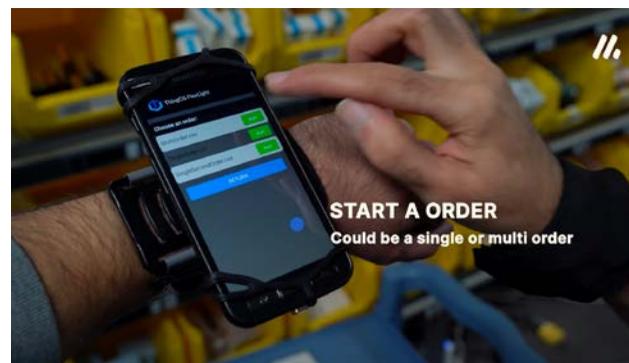
Verbesserungspotential durch Pick-by-FlexLight

Die entwickelten Flexibilitätspotentiale von Pick-by-FlexLight werden durch experimentelle Kommissioniersuche im LernLager am IFT, dem Forschungs-, Lehr- und Praxislabor für die manuelle Kommissionierung, untersucht. Mittels Kontrollgruppen werden die Flexibilitätspotentiale und Kommissionierleistungen mit der herkömmlichen und standardisierten Kommissi-

onierttechnologie Pick-by-Light verglichen und analysiert. Die Evaluation der Flexibilitätspotentiale erfolgte durch Probandentests und hat Optimierungen aufgezeigt. Im LernLager werden dazu die Regale mit Ankern (Antennen) ausgestattet. Der ThingOS Hub verknüpft alle Daten der Hard- und Software. Der Lokalisierungscontroller verarbeitet die Daten aus den Ankern, welche durch das Handgerät die Position des Kommissionierers bestimmen. Der Lokalisierungscontroller übermittelt daraufhin an den Pick-by-Light-Controller ein Signal, um den Kommissionierer über die nächsten Handlungsschritte zu informieren. Die Kommunikation mit Pick-by-FlexLight erfolgt über das Handgerät. Die Benutzeroberfläche ermöglicht neben dem Kommissionierprozess ebenso Einstellungen am System wie beispielsweise der Regalkonfiguration vorzunehmen.

Vom Forschungsprojekt FlexLight profitieren insbesondere KMU durch das optimierte und flexibel gestaltbare, manuelle Kommissioniersystem und die Möglichkeit zur einfachen Integration in bestehende Systeme. Um auf Unsicherheiten wie beispielsweise eine Pandemie zu reagieren, ist die Flexibilität in der manuellen Kommissionierung ein sinnvolles Instrument.

Daniel Mezger



Manuelle Kommissionierung mit Pick-by-FlexLight / Bilder: ThingOS GmbH



Leitsystem aus LED-Bändern und Feedback durch Pick-by-FlexLight / Bilder: ThingOS GmbH



## Fluide Fahrzeugproduktion für die Mobilität der Zukunft

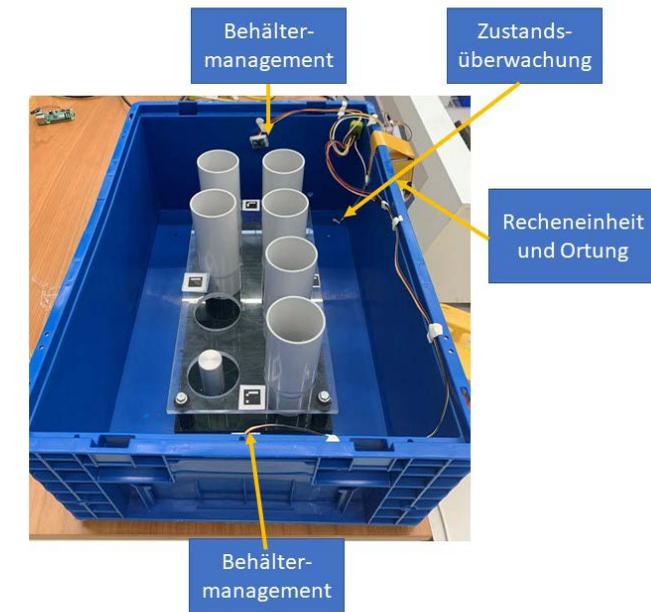
Das Projekt „Fluide Fahrzeugproduktion für die Mobilität der Zukunft“ (kurz: FluPro) im Rahmen des Forschungscampus ARENA2036 (Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles) wurde erfolgreich weitergeführt. Ziel des Projektes ist es, ein menschenzentriertes, cyber-physisches Produktionskonzept zu entwickeln und zu implementieren. Das IFT entwickelte hierfür neben verschiedenen Strategien zur Materialbereitstellung in einer Fluiden Produktion auch neue cyber-physische Systeme für das entsprechende Logistiksystem. Die Simulation der Konzepte für die Bereitstellung und ein Beispiel für ein cyber-physisches System, der Smarte Ladungsträger, werden hier vorgestellt.

### Logistikkonzepte

Im bisherigen Projektverlauf hat die Überprüfung der in Phase 1 entwickelten Logistikkonzepte gezeigt, dass diese grundsätzlich auch für die Fluide Produktion geeignet sind. Diese Logistikkonzepte wurden in abstrahierter Form in die Simulation der Fluiden Produktion integriert. Dabei wurde das Ziel verfolgt, neue ablauf- und aufbauorganisatorische Erkenntnisse zum Betrieb der Fluiden Produktion aus Sicht der Logistik zu gewinnen. Um die Entwicklung des FTF-Verkehrsaufkommens in der Fluiden Produktion und insbesondere im Rahmen der Materialbereitstellung zu analysieren, wurden zunächst verschiedene Möglichkeiten zur Messung des Verkehrsaufkommens in einem Fluiden Logistiksystem identifiziert und betrachtet. Außerdem wurden anhand des Simulationsmodells relevante Materialbereitstellungsabschnitte, wie z. B. Wareneingangs- oder Lagerbereiche, näher untersucht. Bei der Analyse des Verkehrsaufkommens hat sich bestätigt, dass die Materialflusststeuerung und die Materialbereitstellungsstrategien wichtige Beeinflussungsmöglichkeiten zur Reduzierung des Verkehrsaufkommens in Fluiden Produktions- und Logistikumgebungen darstellen. Dieser Ansatz lässt sich durch den Einsatz von 5G oder RFID in der ARENA2036 validieren.

Darüber hinaus wird derzeit ein Konzept für ein Entscheidungsmodell entwickelt, welches verschiedene Szenarien in einer Fluiden Produktion abbildet und eine optimale Entscheidung in der Logistikplanung und -steuerung ermöglicht.

Übersicht über die verschiedenen smarten Logistikmodule



### Smarte Ladungsträger

Um das volle Potenzial eines Logistiksystems im Kontext der Fluiden Produktion auszuschöpfen, sind cyber-physische Systeme, wie z. B. Fahrerlose Transportsysteme (FTS), Smarte Lager und Smarte Ladungsträger, erforderlich. Smarte Ladungsträger wurden bereits für verschiedene Anwendungen entwickelt und eingesetzt. So zum Beispiel für das lückenlose Tracking and Tracing über Unternehmensgrenzen hinweg oder für das Condition Monitoring. Neben der Erhöhung der Rückverfolgbarkeit tragen sie zur Kostenoptimierung bei (Kessler et al, 2021).

Die meisten Anwendungen und Projekte mit Smarten Ladungsträgern konzentrieren sich auf die Datengenerierung und Anwendungen, wie bspw. das Tracking and Tracing. Jedoch können weitere Anwendungsfelder wie z. B. die ereignisgesteuerte dezentrale Materialflusststeuerung erschlossen werden. In Kooperation mit dem Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) wurde hierfür ein Smarter Ladungsträger entwickelt. Der Ladungsträger beruht auf Basis der Verwaltungsschale und besteht aus verschiedenen Smarten Logistikmodulen (Siebel, 2021).

Mithilfe des Smarten Ladungsträgers wurden verschiedene Anwendungsfälle zum Auslösen der Materialbereitstellung innerhalb der ARENA2036 realisiert. Im ersten Anwendungsfall wird der Transportprozess nach der Entnahme des Materials aus dem Ladungsträger ausgelöst. Beim zweiten Anwendungsfall dagegen wird beim Überschreiten von Grenzwerten für Feuchtigkeit, Temperatur oder Beschleunigung eine Nachschubbestellung ausgelöst.

Ali Bozkurt, Manuel Hagg

# Sichere Umgebungswahrnehmung für mobile Roboter

– Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Bekanntmachung „SensoRob“ –

Der Einsatz mobiler Roboter nimmt in unterschiedlichen Bereichen kontinuierlich zu. Der am weitesten verbreitete Anwendungsfall ist der Einsatz von fahrerlosen Transportfahrzeugen in Logistik- und Produktionsbereichen. Aber auch in industriefernen Bereichen, wie z. B. in stationären Pflegeeinrichtungen, werden mobile Roboter mit unterschiedlichen Aufgaben eingesetzt. Um einen flexiblen Einsatz der mobilen Roboter in dynamischen Umgebungen zu ermöglichen, bedarf es einer Sensorik, die eine umfassende Umgebungswahrnehmung sowie einen sicheren Betrieb gewährleistet.

Mit dieser Thematik hat sich das IFT im Forschungsprojekt S<sup>3</sup> („Sicherheits-sensorik für Serviceroboter in der Produktionslogistik und weiteren Anwendungen“) in den vergangenen drei Jahren auseinandergesetzt. Zusammen mit Partnern aus Forschung und Industrie wurde an einer sicheren 3D-Sensorik gearbeitet, welche sowohl bei fahrerlosen Transportfahrzeugen in der Intralogistik als auch bei Assistenzrobotern in der stationären Pflege eingesetzt werden kann. Im Rahmen des Projektes wurde ein Demonstrator entwickelt, welcher aus einem Radarsensor für die sichere Hinderniserkennung sowie einer Tiefenkamera besteht. Die Daten der beiden Sensoren werden mit Hilfe des Robot Operating Systems fusioniert und unter anderem zur Personen- und Objekterkennung eingesetzt. Einer der Schwerpunkte des IFT war die Implementierung der von den Projektpartnern entwickelten Soft- und Hardwarekomponenten in den Demonstrator sowie der Aufbau einer Testumgebung im logistischen Umfeld mit anschließender Durchführung von Versuchen darin.

Für die Personenerkennung wurde zusammen mit dem Projektpartner Pilz GmbH & Co. KG ein neuer radarbasierter Ansatz verfolgt. Dazu wurde zuerst eine Vielzahl von unterschiedlichen Szenen mit Personen in logistischer Umgebung aufgenommen. Anschließend wurden die gewonnenen Radardaten gelabelt und auf Basis von personenspezifischen Merkmalen klassifiziert. Dadurch werden eine Hinderniserkennung sowie die Differenzierung zwischen Personen und Objekten ermöglicht.



Einsatz der entwickelten Sensorik mit dem Assistenzroboter Care-O-bot in einem Pflegeheim (Quelle: Fraunhofer IPA/ Foto: Florenz Graf)

Weitere Ziele des Projektes waren neben der Personenerkennung die Intentionserkennung von Personen sowie die Erkennung von Unregelmäßigkeiten wie ausgelaufene Flüssigkeiten oder auch die Erkennung von Füllständen in Gefäßen.

Auch diese Ziele konnten gemeinsam mit den Projektpartnern umgesetzt und am IFT getestet werden. Mit der vom Fraunhofer IPA entwickelten Software zur Intentionserkennung können verschiedene Körperhaltungen, wie das Sitzen, Stehen, Gehen oder Knien, eingelernt und anschließend von der Software in Echtzeit erkannt werden. Für die Erkennung von Pfützen und Füllständen in Gefäßen wurden zusammen mit der Alexander Thamm GmbH zuerst Daten aufgenommen, gelabelt und anschließend jeweils ein Algorithmus trainiert, sodass auch diese Sonderfälle mit der Software in Echtzeit erkannt werden können.

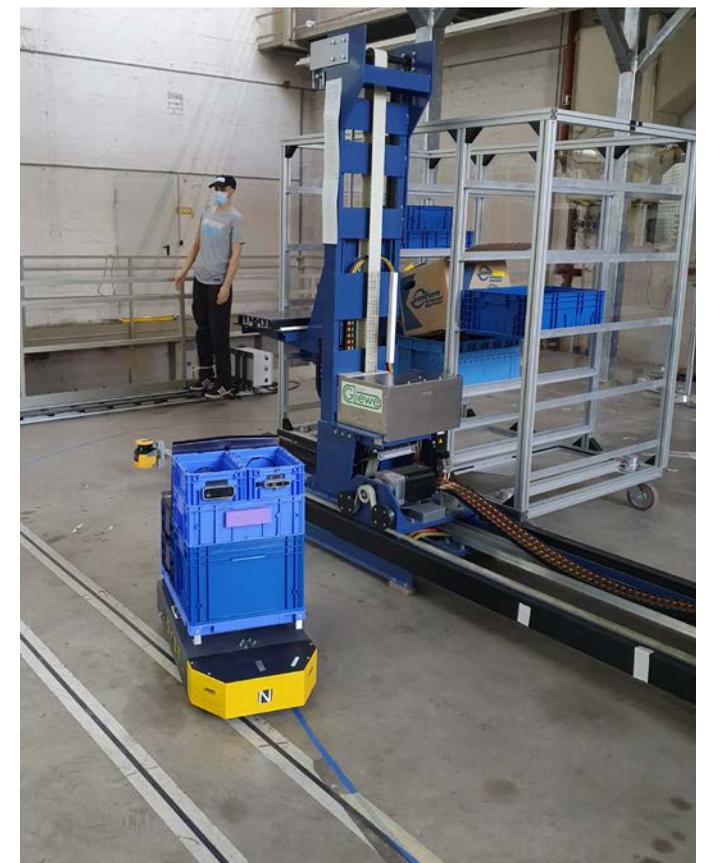
Die aus dem Projekt resultierenden Ergebnisse sind vielseitig. Zum einen kam die entwickelte Hard- und Software im Pflegeroboter „Care-O-bot“ in einem Pflegeheim der Bruderhaus Diakonie für Testzwecke zum Einsatz. Zum anderen wurde die entwickelte Sensorik mit Hilfe des Demonstrators bei der Firma Pilz sowie am IFT in verschiedene fahrerlose Transportfahrzeuge integriert und in Produktionsumgebungen getestet.

Neben dem IFT waren am Projekt die AlexanderTamm GmbH, die Pilz GmbH & Co. KG, das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sowie die BruderhausDiakonie beteiligt.

Laura Blumhardt-Ziegler



Erkennung von Pfützen und Füllständen in Gefäßen (Quelle: IFT)



Einsatz der entwickelten Sensorik mit einem FTF in der Produktionslogistik (Quelle: IFT)



*„Scooty“ ist der Prototyp  
eines innovativen fahrerlosen  
Transportfahrzeuges*

*Bild: Universität Stuttgart / Uli Regenscheidt*

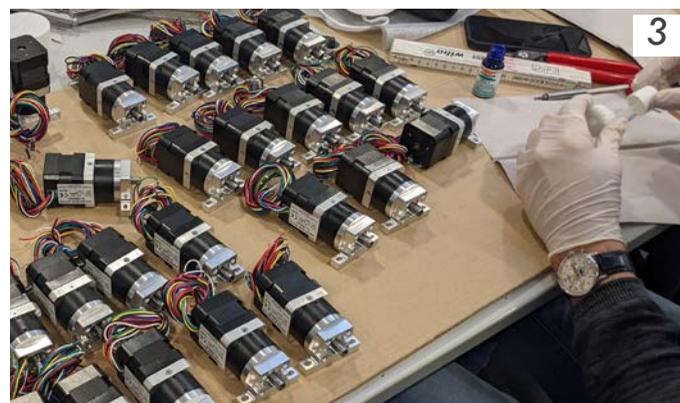
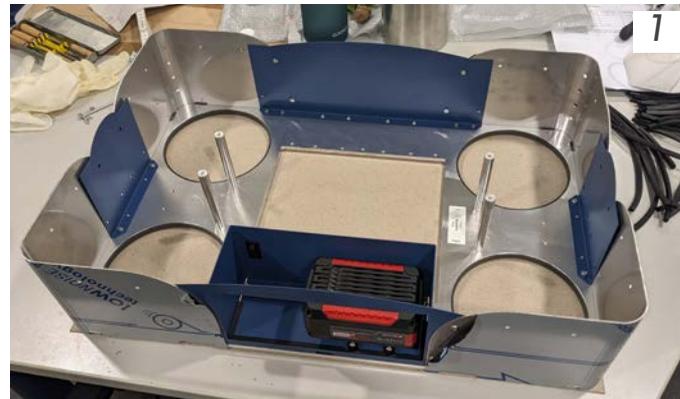
**forschung**  
Maschinenentwicklung und  
Materialflussautomatisierung

## Flächenbewegliche Fahrwerke für kleinskalige fahrerlose Transportfahrzeuge (AGVs)

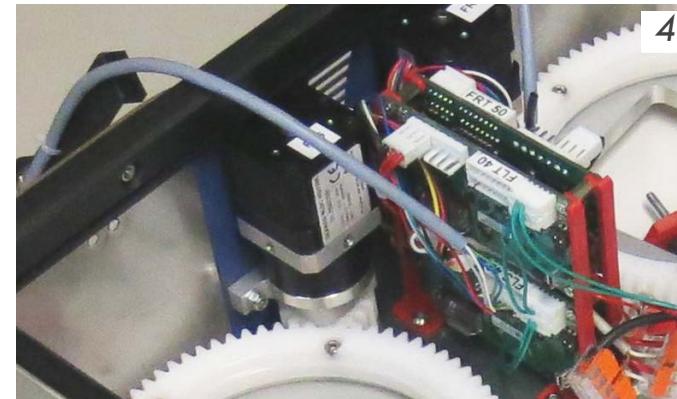
Die Vision einer wandelbaren und von hochdynamischen Warenströmen geprägten Produktion bestimmt in den letzten Jahren auch unsere Forschung im Bereich Produktionslogistik. Einen Lösungsweg stellen dabei kleinskalige fahrerlose Transportfahrzeuge (AGVs) dar, die in großer Anzahl die erforderliche Granularität im innerbetrieblichen Transport ermöglichen. Hier beschreitet das IFT neue Wege in der Konstruktion flächenbeweglicher Fahrwerke, um zukünftige Marktnischen zu erschließen.

Die gängigste Baugröße für den Transport kleiner Ladungsträger ist das KLT-Grundmaß von 600 x 400 mm. Aktuell gibt es ein vielfältiges Angebot an marktgängigen Fahrzeugen zur Beförderung einzelner oder gestapelter KLTs. Diese unterscheiden sich nicht nur in Komplexität, Ausstattung und damit letztlich in den Investitionskosten pro Stück sehr deutlich. Vielmehr weisen sie auch – bedingt durch die Anordnung der Fahrwerke – unterschiedliche Grade der Beweglichkeit auf.

Die weitverbreitetste Konstruktion ist der einfache und mit wenigen Komponenten realisierbare Differenzialantrieb. Zwei separat angetriebene Bockrollen mit gemeinsamer Achse – und zusätzlich je nach Bedarf passive Stützrollen – ermöglichen beliebige Kombinationen aus Vorwärts- und Drehbewegung, können jedoch niemals quer zur Fahrzeugausrichtung fahren. Diese Einschränkung entfällt bei so genannten flächenbeweglichen oder omnidirektionalen Fahrwerken, so dass auch eine Quer- bzw. Diagonalfahrt oder beliebige Kombinationen dieser Fahrten mit variablen Kurvenradien möglich werden. Durch die Flächenbeweglichkeit erschließen sich neue Potenziale im praktischen Einsatz, da ggf. weniger Fläche für das Manövrieren benötigt wird. Zudem lassen sich Ladungsträger in beliebiger Orientierung am Zielort abgeben, unabhängig davon, aus welcher Richtung das Fahrzeug dort ankommt.



Aufbau des Prototyps "Scooty"



Ein beliebtes Modell dieser Klasse an Fahrwerken basiert auf vier (oder mehr) so genannten Mecanum-Rädern. Allerdings konnten sich diese Räder aufgrund diverser Nachteile nicht weitläufig unter den Flurförderzeugen und insbesondere den FTF durchsetzen. Für Gabelstapler mit Mecanum-Antrieb blieb es z. B. bei einigen Konzeptstudien; Plattformen wie KUKAs „OmniMove“ erreichen zwar eine gewisse Verbreitung als marktreifes Produkt, bedienen aber eine gänzlich andere Größenklasse oberhalb der KLT-Transporte.

Ein bei solch großen Fahrzeugen ebenfalls verbreitetes Fahrwerkskonzept stellt die Verwendung mehrerer kombinierter Fahr-Lenk-Antriebe dar. Dafür bieten diverse Hersteller fertige Module, die eine Radaufhängung, Antriebsmotor, Getriebe, Bremse, Lenkmotor und entsprechende Lagerung zum Fahrzeugchassis kompakt integrieren. Im Bereich kleinerer Lasten und Baugrößen fehlt jedoch das Angebot fertiger Module am Markt, so dass all diese technischen Aufgaben zunächst auf Komponentenebene gelöst werden müssen.

Diese Lücke möchte das IFT mit einer eigenen Konstruktion der Abteilung Maschinenentwicklung und Materialflussautomatisierung schließen. Unterstützt durch eine studentische Projektarbeit sollte einerseits eine kleinskalige Plattform für praktische Versuche zu Fahrwerken in Lehre und Forschung entstehen. Andererseits kann die Konstruktion für die Entwicklung hin zu industrietauglichen, flächenbeweglichen Klein-FTF verwendet werden. Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojekts mit der Bosch Rexroth AG und dem Institut für Elektrische Energiewandlung (IEW) haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des IFT im Kontext des so genannten „intelligenten Bodens“ einen Prototyp dazu aufgebaut. Finanziell unterstützt wurde das Projekt durch die Universität Stuttgart.

Bei der Konstruktion standen vorrangig die Faktoren Kompaktheit sowie eine möglichst kostengünstige Umsetzung im Fokus. Letztere ist schon deshalb essenziell, weil die Anzahl der Antriebe samt Ansteuerung deutlich höher liegt – jedes Modul benötigt einen Fahrantrieb und einen Lenksteller. Bei vier Rädern sind das acht Antriebe, im Vergleich zu vier bei Mecanum und nur zwei beim Differenzialantrieb. Mit dem Mehraufwand wird neben der Flächenbeweglichkeit jedoch auch eine größere Fahrstabilität, Traglast und Robustheit erkaufte. Als weitere wichtige Merkmale sind die Modularität und die Kapselung zu nennen. Die erreichte Konstruktion lässt sich praktisch in beliebiger Anzahl und frei in der geometrischen Anordnung zu spezifischen Fahrwerken kombinieren. Mit der Anzahl der Räder verteilt sich auch die Traglast sowie die erforderliche Antriebsleistung gleichmäßig, so dass die kompakte Bauform und die niedrige Fahrzeug-Gesamthöhe erhalten bleiben und die gleichen günstigen Motoren zum Einsatz kommen können.

Die Konzentration auf die KLT-Standardgröße als Grundmaß zeigt somit nur eine Variante mit nahezu minimaler Größenordnung und orientiert sich praxisnah an bestehenden Logistikanforderungen. Als Antriebe kommen voll integrierte Räder mit Motor, Getriebe und Inkrementalgeber zum Einsatz, die vom Antrieb kleinerer E-Scooter abgeleitet sind und damit namensgebend für den Prototyp des ersten Konzeptfahrzeugs „Scooty“. Bei der Lenkung steht ein weiterer Winkelbereich von  $\pm 160^\circ$  zur Verfügung, was mehr als das Minimum für Flächenbeweglichkeit abdeckt. Dadurch lassen sich jedoch gewisse Fahrmanöver flüssiger gestalten als mit der gängigen Einschränkung auf  $\pm 90^\circ$  je gelenktem Rad. Die schwenkende Übertragung von Energie und Signalen zum Antriebsmotor trotz Lenkbewegung ist mechanisch sehr einfach umgesetzt und verzichtet auf teure Komponenten wie Drehübertrager.

Die weitere Entwicklung findet im Rahmen eines BMBF-geförderten Forschungsprojekts „ANTS 4.0“ in der ARENA2036 statt. In Kombination mit dem intelligenten Boden von Bosch Rexroth integriert das Fahrzeug dabei innovative und experimentelle Steuerungskonzepte wie die lokale Kommunikation und Navigation über leuchtende Spuren oder eine berührungslose Energieversorgung samt Auswertung der Feldstärken zur Navigation. Somit bleibt auch für die Zukunft genügend Forschungsbedarf, um einen Rahmen für die Weiterentwicklung des Fahrzeugkonzepts zu garantieren.

*André Colomb*



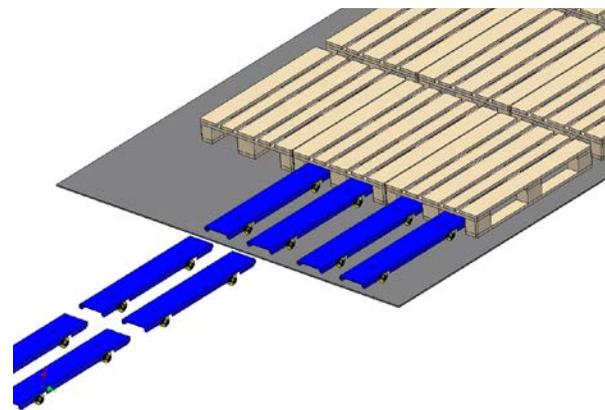
Bild: Universität Stuttgart / Uli Regenscheidt

*„Scooty“ wird auch in Kombination mit dem intelligenten Boden in der ARENA2036 getestet*

# (Re)Konfiguration und dezentrale Koordination autonomer Fahrzeuge (Rekonom)

Das Tierreich macht es vor: Ameisen transportieren zielgerichtet, dezentral organisiert gemeinsam schwere und leichte Gegenstände. Das Verhalten der Ameisen gleicht dabei einem Vielteilchensystem aus gekoppelten Teilchen [Feinerman O.; Pinkoviezky I.; Gelblum A.; Fonio E.; Gov N. S.: The physics of cooperative transport in groups of ants, Nature Physics 14 (2018), Nr. 7, S. 683–693].

Auch in der Forschung befördern bereits fahrerlose Transportfahrzeuge gemeinsam Lasten: Das am IFT entwickelte Doppelkufensystem besteht aus zwei Fahrzeugen, welche gemeinsam eine Palette befördern. Bei dem gemeinsamen Transport der Palette müssen die Bewegungen der beiden Doppelkufen-Fahrzeuge genau zueinander passen. Dabei müssen vor allem die Geschwindigkeiten und Ausrichtungen der Räder genau abgestimmt sein, um eine gemeinsame Kurvenfahrt zu absolvieren. Werden es mehr Fahrzeuge mit mehr gelenkten und angetriebenen Rädern, wird das überbestimmte System sehr komplex zu steuern und muss im Detail untersucht werden.



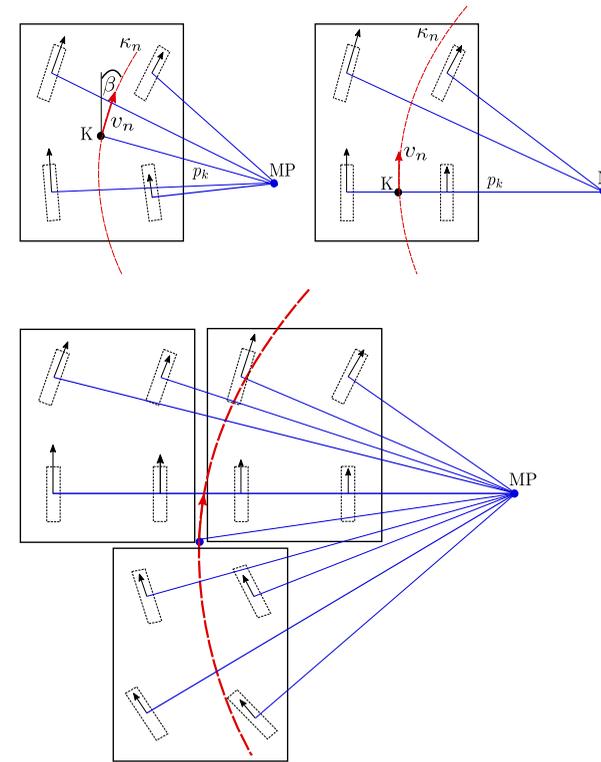
Pulk von Doppelkufen-Fahrzeugen; jeweils zwei Fahrzeuge befördern gemeinsam eine Palette

Bei der Entwicklung der verschiedenen fahrerlosen Transportfahrzeugtypen am Institut für Fördertechnik und Logistik ist die Vision eines universellen Fahrzeugmodells entstanden, bei dem beliebig

viele FTF mit unterschiedlichen Fahrwerkskonfigurationen einen beliebig großen und schweren Gegenstand gemeinsam transportieren können. In dieser Vision befördern fahrerlose Transportfahrzeuge nach dem beschriebenen Vorbild der Ameisen, angepasst an die Größe einer Last, welche transportiert werden soll, dezentral koordiniert als Verbund Lasten. In dem vom InnovationsCampus der Mobilität geförderten Projekt wird ein fahrzeugtechnischer Ansatz als erster Baustein zur Umsetzung dieser Vision untersucht, erweitert und umgesetzt. Dabei sollen allerdings nicht nur gleiche Fahrzeugtypen verwendet werden: Fahrzeuge, die sich flächenbeweglich im Raum bewegen, sollen als intelligenter Verbund mit linienbeweglichen Fahrzeugen gemeinsam Transportaufgaben übernehmen.

Zur Umsetzung dieser beschriebenen Vision wird ein bestehendes Ansteuerungskonzept von flächenbeweglichen Einzelfahrzeugen auf die Anforderungen von Fahrzeugen in einem Verbund weiterentwickelt. Da viele durch eine Last gekoppelte Fahrzeuge vereinfacht ein Fahrzeug mit beliebig vielen Rädern abbilden, können diese Vorarbeiten hervorragend Anwendung finden. Zur Steuerung eines Fahrzeugs mit beliebig vielen Rädern wird das Modell, vorgestellt in [Colomb A.; Brenner C.: Konzept zur intuitiven Steuerung omnidirektionaler Flurförderzeuge mit beliebiger Radkonfiguration, 2020] weiterentwickelt. Das Modell, basierend auf sog. Omni-Kurven-Parametern (OKP), beschreibt die koordinierte Bewegung eines Fahrzeugs mit beliebig vielen Rädern. Die Bewegung wird dabei anhand der unabhängigen Parameter nominelle Geschwindigkeit ( $v_n$ ), Krümmung ( $\kappa_n$ ) und Schwimmwinkel ( $\beta$ ) dargestellt.

Der Vorteil des entwickelten Algorithmus ist im Gegensatz zu bisherigen Ansätzen eine Möglichkeit, verschiedene Fahrzeuge frei von Singularitäten mit unterschiedlichen Fahrwerkskonfigurationen gemeinsam koordiniert mit den aufgrund der Fahrwerkskonfiguration zur Verfügung stehenden Möglichkeiten universal anzusteuern.



## (1) Ansteuerungskonzept für flächenbewegliche Einzelfahrzeuge

Links ist die Ansteuerung eines flächenbeweglichen FTF mit dem OKP gezeigt. Auf der rechten Seite ist die Ansteuerung eines linienbeweglichen FTF mit dem OKP dargestellt, wobei in diesem Fall der Bezugspunkt K auf der Achse der nichtgelenkten Räder liegt und somit der Schwimmwinkel zu null gesetzt wird.

## (2) Ansteuerungskonzept für verschiedene Fahrzeuge mit unterschiedlichen Fahrwerkskonfigurationen

Die koordinierte Vorgabe der OKP von zwei linienbeweglichen und einem flächenbeweglichen Fahrzeug. Gemeinsam mit einem flächenbeweglichen Fahrzeug bewegen sie sich flüssig ohne Singularitäten in einer Kurve. Der Bezugspunkt ist in blau markiert und folgt dem in rot markierten Pfad. Die Ansteuerung erfolgt in OKP.

Dabei kann bereits durch die im Projekt erzielten Ergebnisse ein Zusammenschluss von Fahrwerken mit gelenkten und un gelenkten angetriebenen Rädern angesteuert werden. Für den gemeinsamen Verbund ist in Abbildung (2) ein Verbund von linienbeweglichen und flächenbeweglichen Fahrzeugen gezeigt. Das vorgeschlagene Universal-Modell passt sich in diesem Fall an die Freiheitsgrade seiner Fahrzeugkonfigurationen an. Sobald zu einer Transportaufgabe ein Fahrzeug mit einem nicht gelenkten, angetriebenen Rad hinzustößt, wird das Fahrzeug mit dem Universal-Modell nach seinen eingeschränkten Möglichkeiten verfahren. Außerdem wird im Projekt Rekonom eine allgemeingültige Vorgabe des Weges für den Fahrzeugverbund erarbeitet. Im Gegensatz zu bestehenden Ansätzen wird bei den OKP aufgrund der Umschaltung vom Radius zur Krümmung die Zustandsgröße im Regelkreis nicht unendlich und kann dementsprechend hervorragend verwendet werden.

In dem laufenden Projekt erfolgt für Fahrzeuge, welche durch eine schwere Last verbunden sind, ein mathematisches Konzept des zu verwendenden Bezugspunktes des Gesamtsystems. Dabei ändert sich der Bezugspunkt abhängig von der Anzahl und der Position der Fahrzeuge unter einer Last. Das bestehende mathematische Modell der OKP wird

anschließend in Matlab Simulink erweitert und getestet. Dabei werden verschiedene Fahrzeugkonfigurationstypen als Verbund simuliert und mit Hilfe der erstellten Pfadplanung getestet. Die in diesem Arbeitspaket resultierenden Simulationsergebnisse sollen zeigen, dass das Modell auf verschiedene Fahrwerkstypen beliebiger Konfiguration anwendbar ist und im nächsten Schritt erfolgreich an am IFT verfügbaren Fahrzeugen umgesetzt werden kann.

Der universelle Einsatz solcher im Verbund agierender FTF stellt für die hochproduktive und flexible Produktion der Zukunft einen großen Vorteil dar: Nicht nur das Transportgut kann flexibel durch die Produktion befördert werden, auch ganze Anlagen können in der Produktion flexibel von beliebig vielen fahrerlosen Transportfahrzeugen befördert werden. Damit kann ein ganz neuer Grad an Flexibilität in einer Produktion anhand dieser explorativen Forschungsarbeiten umgesetzt werden. Transportfahrzeuge, die universell einsetzbar sind, würden in Firmen nicht nur die Kosten für Neuanschaffungen senken, sondern auch die Gebrauchsdauer der Fahrzeuge verlängern. Anhand der Ergebnisse des Projektes soll in einem Folgeprojekt die Vision mit interdisziplinären Partnern verwirklicht werden.

Carolin Brenner

# BulkID



Getreideflachlager, Bild: Agrargesellschaft Prießnitz mbH



Erprobung der entwickelten Sensorkugeln zur Überwachung in Getreide

Im Rahmen des AiF-Projektes BulkID wird ein System zur automatisierten Überwachung von Schüttgutlagerstätten, insbesondere von Getreide und Saatgut, entwickelt. Der Stand der Technik besteht aus einer mehrere Meter langen Edelstahlsonde, an deren Spitze beispielsweise ein Temperatursensor sitzt. Durch manuelles Einbringen dieser Sonde in ein Getreideflachlager kann die Temperatur gemessen werden. Nachteile sind allerdings die aufwändige Handhabung der Sonde sowie die diskontinuierliche Messung. Das Projekt BulkID hat das Ziel, diese Messung und Überwachung zu erleichtern, indem bereits während des Einstapelns des Getreides im Flachlager kostengünstige Sensoreinheiten in das Getreide eingebracht werden und über die Lagerungsdauer darin verbleiben.

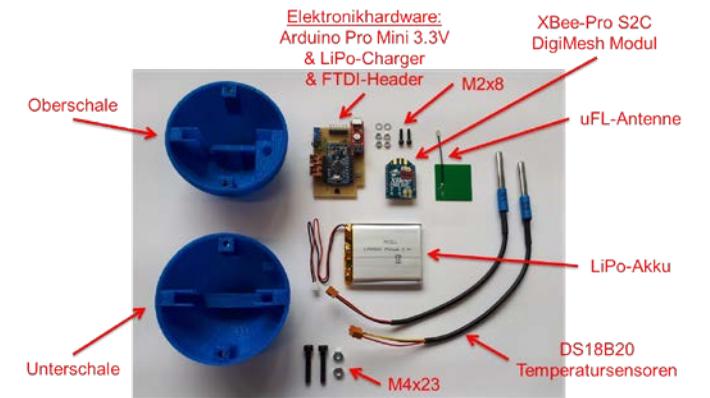
In robusten, kugelförmigen Kunststoffgehäusen untergebracht, sind die Sensoreinheiten mit verschiedenen Sensoren und einem Mikrocontroller zur Steuerung ausgestattet, die Stromversorgung wird durch einen Lithium-Ionen-Akku sichergestellt.

Zur Auswertung der Messwerte werden die Daten in regelmäßigen Abständen durch eine Drahtlosverbindung zu einem zentralen Rechner außerhalb der Lagerstätte übertragen. Die Besonderheit des Systems liegt im vernetzten Kommunikationsprinzip. Der zentrale Rechner, auch Koordinator genannt, kommuniziert nicht direkt mit jeder einzelnen Sensorkugel, da die Reichweite innerhalb des Schüttgutes begrenzt ist. Stattdessen agieren die einzelnen Kugeln als Zwischenstationen für einander, die Signale werden in einem Mesh-Netzwerk von tief im Schüttgut versenkten Kugeln über mehrere Kugeln nach außen übertragen. Die Mesh-Charakteristik des Netzwerkes führt hier durch einen sogenannten Selbstheilungs-Effekt auch zu einer Redundanz des Systems. So kann das System bei Ausfall einer Kugel die Daten über andere Pfade zum Koordinator senden, so dass anders als bei einer Baumstruktur nicht gleich ein ganzer Zweig durch das Versagen einer einzelnen Kugel abgeschnitten wird.

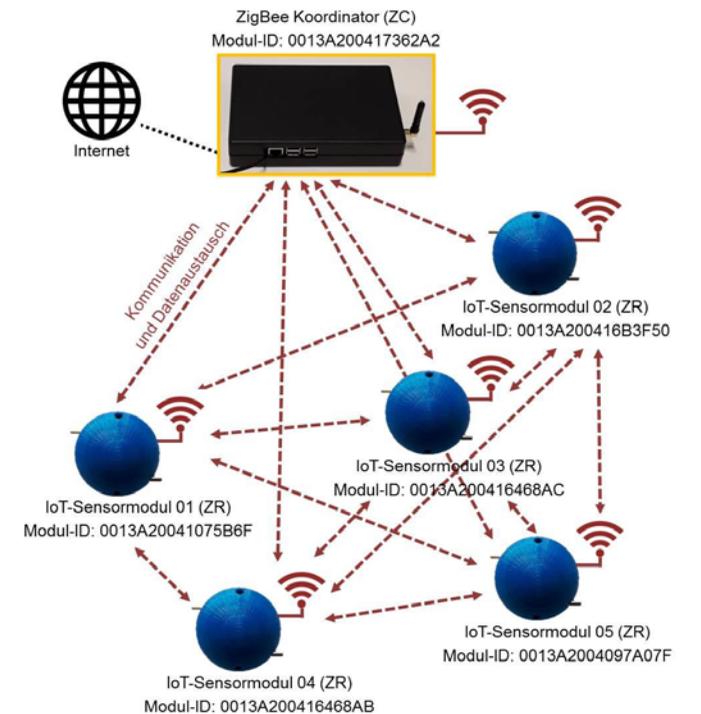
Ein entwickelter Prototyp wurde bereits in Kunststoffgranulat und Weizen getestet, um Erkenntnisse über die Reichweite zu gewinnen. Aktuell wird eine neue Generation des Prototyps gefertigt, um mit mehreren Kugeln ein Mesh-Netzwerk aufbauen zu können. Dieses Netzwerk wird im Getreideflachlager eines Landhandels getestet, um das Projekt mit einem Feldversuch abschließen zu können.

Jonas Nölcke

## Aufbau der Sensorkugel



## Mesh-Netzwerk aus Koordinator und mehreren Kugeln



# SPEEDTrans

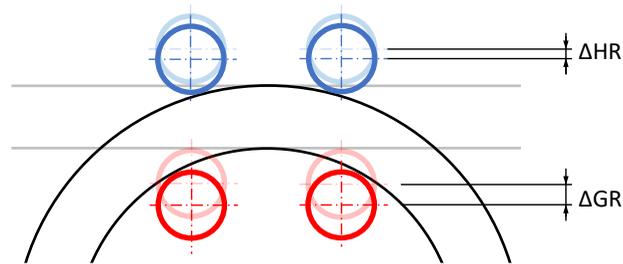
– Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen eines KMUinnovativ-Projektes –

Das KMUinnovativ-Projekt SPEEDTrans, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, wurde im Jahr 2021 erfolgreich abgeschlossen. Ziel des Projektes war die Weiterentwicklung eines schienengebundenen Hochgeschwindigkeitsförderers in Kooperation mit der Beutler Transport Systeme GmbH aus München.

Um die Kosten pro Schienenmeter zu senken, wurde zunächst eine Schiene aus handelsüblichen Walzstahlprofilen entwickelt, die gegenüber der bisher verwendeten geschweißten Fachwerkschiene günstiger zu fertigen ist. Nachteil der Walzstahlprofile sind die groben Fertigungstoleranzen, so können bei dem verwendeten HEA320-Träger beispielsweise Abweichungen von bis zu 4 mm von den nominalen 310 mm Profilhöhe auftreten. Zum Ausgleich dieser Toleranzen wurde durch das IFT ein adaptives Fahrwerk entwickelt. Auf Basis der klassischen Radanordnung aus dem Achterbahnbau besteht das Fahrwerk aus Hauptträgern zum Aufnehmen der Gewichtskraft des beladenen Fahrzeugs und Seitenrädern zum Aufnehmen der Seitenführungskräfte. Unterhalb der Schiene verhindern Gegenräder ein Abkippen des Fahrzeugs von der Schiene.

Die geforderte Adaptivität kann hier neben den Fertigungstoleranzen der Schienenträger auch die Spurweitenänderungen für Seiten- und Gegenräder durch Kurven- und Steigungsfahrten ausgleichen. Dieses Verhalten wird in der nebenstehenden Darstellung der streckenbedingten Positionsabweichungen durch eine übertriebene Darstellung verdeutlicht. Das Fahrzeug befindet sich auf einer Kuppe des Schienenverlaufs, die Gegenräder auf dem unteren Flansch der Schiene rollen dadurch auf einem kleineren Krümmungsradius ab als die Hauptträger auf dem oberen Schienenflansch mit größerem Krümmungsradius.

Der Vergleich mit dem hier hinterlegten Nominalfall einer horizontalen Schiene verdeutlicht, dass der Abstand zwischen Haupt- und Gegenrädern während der Kuppenfahrt nicht konstant bleibt; so weisen die Hauptträger eine geringere Positionsabweichung als die Gegenräder auf. Diese Differenz wird durch das adaptive Fahrwerk ebenfalls ausgeglichen.



Schematische Darstellung der streckenbedingten Positionsabweichungen

Der Streckenverlauf und die Fertigungstoleranzen der Schienenträger führen zusammen zu einer Auslenkung von bis zu 10 mm für die Gegenräder. Umgesetzt ist die Adaptivität durch eine Lagerung der Seiten- und Gegenräder in einzelnen gelenkigen Schwingen, die durch vorgespannte Federn an die Schiene angepresst werden. Die Federbeine der Räder sind mit Elastomerfedern ausgestattet, im Vergleich zu zylindrischen Schraubendruckfedern bietet dies eine hohe Sicherheit gegen Versagen der Federelemente. Somit ist in jedem Fahrzustand, unabhängig von Toleranzen der Schiene oder streckenbedingten Abweichungen, der Schienenkontakt von allen Rädern sichergestellt.

Jonas Nölcke



Als Anwendungsbeispiel für das adaptive Fahrwerk im intralogistischen Kontext wurde ein Transportfahrzeug entworfen, das den Transport von vier Euro-Paletten mit einer Nutzlast von insgesamt bis zu 3000 kg ermöglicht. Über eine Kupplung lässt sich ein Antriebsfahrzeug, ebenfalls mit adaptivem Fahrwerk, ankoppeln.

# Studieren 2021 – Digitale Lehre hat funktioniert

Der Studienbetrieb der Universität Stuttgart wurde im Wintersemester 2020/21 und Sommersemester 2021 weiterhin im digitalen Modus angeboten. Noch nicht digitalisierte Veranstaltungen des Wintersemesters haben wir aufgezeichnet und den Studierenden im gewohnten (Wochen-) Rhythmus auf der Lernplattform zur Verfügung gestellt. Auch weitere Lehrformate wie Übungen und Seminare haben wir online-basiert abgehalten. So wurden die Studierenden während der Bearbeitung ihrer Bachelor-, Studien- oder Masterarbeit online betreut und haben auch den abschließenden Vortrag „aus dem Homeoffice“ gehalten. Viele digitale Formate haben sich im vergangenen Studienjahr bewährt und Videokonferenzsysteme wie Webex werden wohl auch in Zukunft für kurzfristige Treffen mit Studierenden, Sprechstunden und kleinere Veranstaltungen zum Einsatz kommen.

Auf der digitalen Lernplattform ILIAS haben wir Tools für die digitale Lehre erarbeitet und implementiert. Konnten wir im Wintersemester die Praktikumsversuche nur „virtuell“ anbieten, waren im Sommersemester Praxis-Lehrveranstaltungen erlaubt und die Studierenden haben in Kleingruppen an den Praktikumsversuchen teilnehmen können. Forschung in der Praxis live erleben und sich im persönlichen Kontakt austauschen war für alle Teilnehmenden eine Bereicherung. Weiterhin eingeschränkt war die Anzahl der Studierenden-Arbeitsplätze am IFT sowie die Möglichkeit, insbesondere bei konstruktiven Arbeiten die Werkstatt- und Prüfeinrichtungen des Instituts zu nutzen.

Alle Informationen zu unserem Lehrangebot für Bachelor- und Masterstudierende der Studiengänge Maschinenbau, Mechatronik, Technologie- und Betriebswirtschaftslehre sind auf unserer Homepage veröffentlicht. Wir bieten sowohl Grundlagen- als auch Vertiefungs- und Spezialisierungsmodule.

## Vorlesungen im Wintersemester

- Digitalisierung des Warehouse Managements
- Distributionszentrum
- Grundlagen der Materialflusstechnik
- Konstruktionselemente der Fördertechnik
- Materialflussautomatisierung
- Methoden und Strategien in der Logistik
- Moderne Sicherheitstechnik und Schadensanalyse

## Vorlesungen im Sommersemester

- Baumaschinen
- Grundlagen der Logistik
- Logstisches Planspiel
- Planung logistischer Systeme
- Seiltechnologie, Hochleistungsseilbahnen, Aufzüge und Großkrane
- Simulation und Visualisierung in der Intralogistik

## Seminare und Praktika (WiSe + SoSe)

- CAD-Seminar
- Praktikumsversuche
- Vortragsseminar

## Studentische Arbeiten (WiSe + SoSe)

- Studien-, Bachelor-, Masterarbeiten
- Projektarbeiten

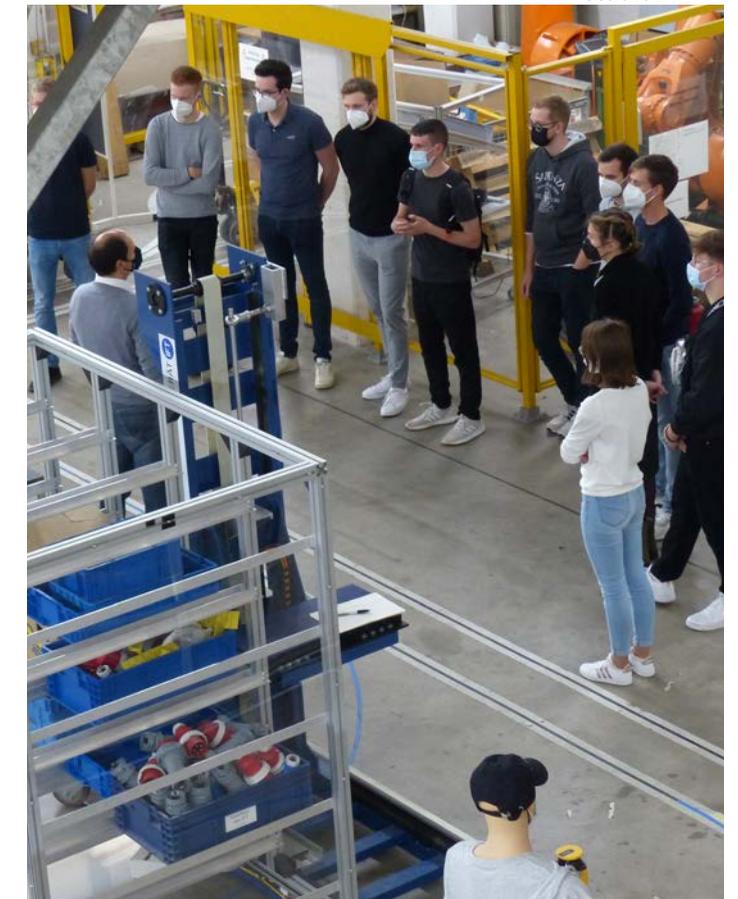
**Lehrangebot des IFT im  
Wintersemester 2020/21 und  
Sommersemester 2021**

*Der „Infotag für Masterstudierende“ fand in den Laborhallen des IFT statt. Interessierte Studierende informierten sich über unser Lehr- und Forschungsangebot.*

Im Rahmen der Spezialisierungsfächer haben die Studierenden die Möglichkeit, sich durch ihre Modulauswahl inhaltlich auf einen Bereich (Seiltechnik, Fördertechnik oder Logistik) zu fokussieren und ihre Kenntnisse zielorientiert zu vertiefen. Studentische Arbeiten (Studien-, Bachelor- und Masterarbeiten) sind in aktuelle Forschungs- oder Industrieprojekte eingebunden. Je nach Interesse können theoretische, experimentelle oder konstruktive Themen gewählt werden. Wer sich für aktuelle (Forschungs-)Aktivitäten und Ausschreibungen für studentische Arbeiten des Instituts interessiert, wird auch auf dem IFT-Account der Social Media Plattform Instagram fündig.

Alle aktuellen Lehrveranstaltungen und Termine finden Sie unter: [www.ift.uni-stuttgart.de/lehre/](http://www.ift.uni-stuttgart.de/lehre/).

*Gudrun Willeke*



# MASTER:ONLINE Logistikmanagement weiter. bilden. online.

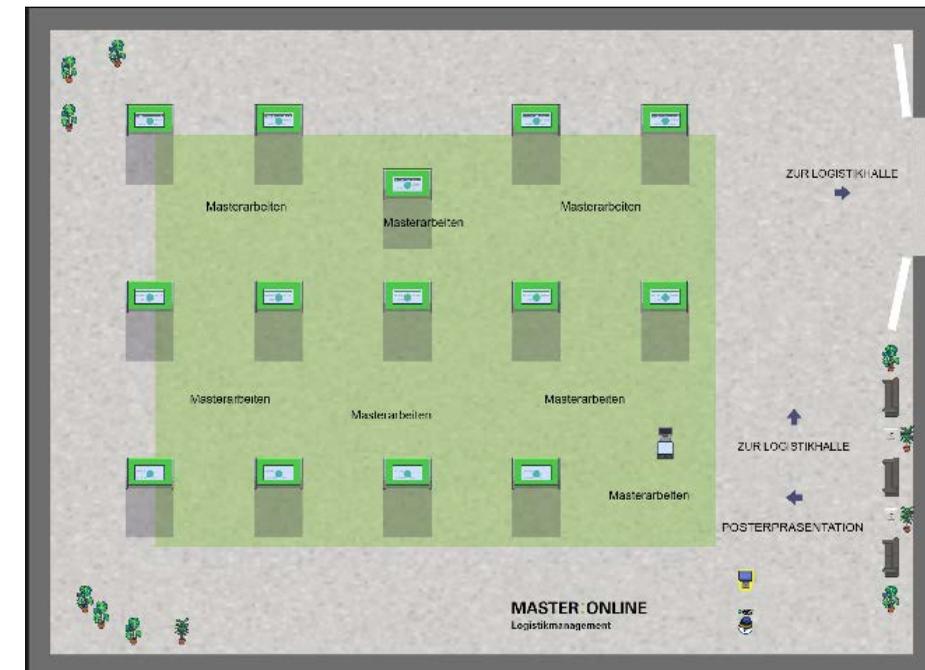
Berufsbegleitend online studieren können Beschäftigte aus der Logistik mit erstem Hochschulabschluss seit 2007 an der Universität Stuttgart. Das Weiterbildungsprogramm MASTER:ONLINE Logistikmanagement (MOL) wird vom Institut für Fördertechnik (IFT) und dem Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) konzeptionell verantwortet. Ergänzt wird unser Studienangebot durch Lehrinhalte interner und externer Kooperationspartner wie des Betriebswirtschaftlichen Instituts der Universität Stuttgart oder der Robert Bosch GmbH.

Die Studierenden haben die Wahl zwischen Masterstudium und Kontaktstudium (der Belegung von Einzelmodulen mit Zertifikatsabschluss). Das Modulangebot kombiniert ingenieurwissenschaftliche mit betriebswirtschaftlichen Inhalten. Die Anerkennung von Leistungen aus dem Erststudium ist möglich und kann die Studiendauer und -kosten verringern. Der akkreditierte Abschluss Master of Business Engineering (MBE) ist international anerkannt und berechtigt zur Promotion. Durch das Blended Learning-Konzept können die Lernphasen weitgehend individuell geplant werden, pro Semester fallen nur ca. 3-4 Präsenztage an. Durch die Pandemie-Situation wurden Präsenzveranstaltungen 2021 überwiegend im digitalen Format angeboten, ebenso wie beispielsweise das Forum mit Absolvent\*innenfeier und der Beitrag zum Tag der Logistik.

Das didaktische Konzept, die persönliche Betreuung und die Anerkennungsmöglichkeiten machen das Weiterbildungsangebot nicht nur für Studieninteressierte attraktiv. Auch immer mehr Arbeitgeber\*innen wissen die Vorteile zu schätzen – und unterstützen das Studium ihrer Mitarbeiter an der Universität Stuttgart häufig finanziell.

Beim Tag der Logistik am 15. April 2021 berichteten Studierende und Absolvent:innen den Teilnehmer\*innen von ihren Erfahrungen im Studium und ihren Karrierewegen. Jörg Becker, Geschäftsführer der WLC Würth-Logistik GmbH & Co. KG und Advisory Board-Mitglied von MOL, stellte dar, wie wichtig die Weiterbildung aus Unternehmenssicht ist. David Korte, Oberingenieur des IFT und MOL-Betreuer, zeigte in seiner Präsentation, warum die Masterarbeit nicht nur zum Studienabschluss gehört, sondern auch neue Chancen eröffnen kann.

Am 7. Mai 2021 fand das 1. MOL-Online-Forum statt. Nach einer digitalen Weinprobe für die Absolvent\*innen trafen sich Studierende, Alumni, Dozierende und weitere Interessierte auf der Web-Plattform Gather.Town. Auf einer virtuellen Nachbildung der IFT-Forschungshalle konnten sie sich über die aktuellen Projekte des Institutes informieren. Posterpräsentationen gaben Einblick in die vielfältigen Masterarbeitsthemen der Absolvent\*innen.



Masterarbeitsthemen der Absolvent:innen als Posterpräsentationen auf Gather.Town

Seit dem Frühjahr 2021 ist MOL auf LinkedIn und berichtet über aktuelle Entwicklungen bei MOL und über Forschungsaktivitäten des IFT. Zudem lädt das Studiengangsmanagement hier regelmäßig zum „Info-Talk in der Mittagspause“ ein.

Im November fand erneut die digitale Weiterbildungs-Messe Kompenex statt, auf der sich MASTER:ONLINE Logistikmanagement gemeinsam mit anderen berufsbegleitenden Weiterbildungsangeboten der Universität Stuttgart mit einem virtuellen Messestand präsentierte. Per Video-Chat konnten die Besucher\*innen mit dem Studiengangsteam in Kontakt treten und sich individuell beraten lassen.

Der Start ins Master- oder Zertifikatsstudium ist zum Sommersemester oder Wintersemester möglich (Bewerbungsschluss 15.03. bzw. 15.09). Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage: [www.mol.uni-stuttgart.de](http://www.mol.uni-stuttgart.de). Oder wenden Sie sich gerne an uns unter +49 711 685-83798. Folgen Sie uns auf LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/logistikmanagement/>

*Silke Hartmann*



## Dissertation

Kriehn, Thomas  
 Beitrag zur Ermittlung und Optimierung des Systemverhaltens von Shuttle-Systemen  
 Universität Stuttgart,  
 Dr.-Ing. Dissertation 2021  
 Hauptberichter:  
 Univ.-Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Dr. h. c. Karl-Heinz Wehking  
 Mitberichter:  
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Schulz  
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Schmidt,  
 TU Dresden

## Studienarbeiten

Automatisierte Transportlogistik in Bibliotheken  
 Automated transport logistics in libraries  
*Studiengang: Technologiemanagement M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Logistik*

Einfluss unterschiedlicher Netze und Bewertungsfunktionen auf das Lernverhalten eines KI-Agenten am Beispiel des Atari Spiels „Pong“  
 Influence of different neural networks and evaluation functions on the learning behaviour of an AI agent using the example of the Atari game 'Pong'  
*Studiengang: Technologiemanagement M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Logistik*

Entwicklung eines Konzeptes für ein smartes Lager  
 Development of a concept for a smart warehouse  
*Studiengang: Technologiemanagement M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Logistik*

Entwicklung eines visuellen Seilprüfgerätes für einen RBG-Prüfstand  
 Development of a visual rope testing device for a STC-Test stand  
*Studiengang: Maschinenbau M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

## Studienarbeiten

Ermittlung des Stands der Technik für fahrerlose Transportsysteme (FTS) unter dem Gliederungsgesichtspunkt monofunktionale und multifunktionale FTS  
 Multifunctional and monofunctional automated guided vehicles (AGV): a systematic literature review  
*Studiengang: Fahrzg.- u. Motorentchnik M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Maschienelemente*

Erstellung eines Tools zur Seiltriebanalyse  
 Developing a Tool for Rope Drive Analysis  
*Studiengang: Mechatronik M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Evaluation filamentbasierter Muskeln für Aktuatoren  
 Evaluation of filament-based muscles for actuators  
*Studiengang: Mechatronik M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Evaluierung von Bluetooth Direction Finding für Positionierung in Kommissionierungsszenarien  
 Evaluation of using Bluetooth Mesh Direction Finding for Positioning in Commissioning Scenarios  
*Studiengang: Mechatronik M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Logistik*

Experimentelle Untersuchung zur Ablegereifeerkennung laufender hochmodularer Faserseile  
 Experimental research on identifying the discard criteria of running high modulus fiber ropes  
*Studiengang: Maschinenbau M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Tourenplanung in der urbanen Logistik am Beispiel Stuttgart  
 Route planning in urban logistics using the example of Stuttgart  
*Studiengang: Technologiemanagement M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Logistik*

Simulative Untersuchung des Verkehrsaufkommens von fahrerlosen Transportsystemen während der Materialbereitstellung in der fluiden Produktion der ARENA2036  
 Simulative study of the traffic volume of automated vehicles during material supply in the fluid manufacturing of the ARENA2036  
*Studiengang: Mechatronik M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Logistik*

Untersuchung der Querpressung an inneren Punktkontaktstellen aufgrund der bei Seilumlenkung wirkenden Radialkraft  
 Investigation of the transverse pressure at the contact points inside the rope due to the radial force during rope deflection  
*Studiengang: Maschinenbau M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Untersuchung verschiedener IT-Tools für die wandelbare Produktionslogistik  
 Investigation of various IT-Tools for a changeable production logistics  
*Studiengang: Maschinenbau M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Logistik*

Untersuchung verschiedener Ortungstechnologien für Ladungsträger hinsichtlich ihrer Einsatzgebiete  
 Investigation of various locating technologies for load carriers with regard to their areas of application  
*Studiengang: Technologiemanagement M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Logistik*

Vorstudie für eine Seilbahntrasse in Stuttgart  
 Preliminary study for a ropeway in Stuttgart  
*Studiengang: Technologiemanagement M.Sc.*  
*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

# BACHELOR-

## Bachelorarbeiten

Bewitterungsversuche an einer neuartigen Seilendverbindung für hochmodulare Faserseile  
Weathering tests on a novel rope end connection for high modulus fiber ropes

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Der Personen- und Güterverkehr im Wandel: Analyse bestehender Strukturen und Vorschläge zentraler Maßnahmen für einen zukunftsfähigen Verkehr in Stuttgart

Passenger and freight transport in transition: Analysis of existing structures and proposals of central measures for a sustainable transport in Stuttgart

*Studiengang: Technikpädagogik B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Einsatzbereiche künstlicher Intelligenz in der Produktion und Logistik und Umsetzungsmöglichkeiten zur Produktionsoptimierung in der ARENA2036

Application Areas of Artificial Intelligence in Production and Implementation Options for Production Optimization in the ARENA2036

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Entwicklung eines Konzepts für die Rampe der Zukunft in einem urbanen Hub

Development of a concept for a futuristic ramp in an urban hub

*Studiengang: Technologiemanagement B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Entwicklung urbaner Gebiete und deren Auswirkungen auf die Logistik mit Hilfe einer Zukunftsmethode

Development of urban areas and their impact on logistics with the help of a future method

*Studiengang: Technologiemanagement B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Ergonomische Steuerung eines angetriebenen Transportwagens mit kraftsensitivem Handgriff  
Ergonomic control of a powered transport cart with a force-sensitive handle

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Maschinenelemente*

Erstellung eines Simulationsmodells von Seilklemmen  
Development of a simulation model for rope clamps

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Implementierung und simulativer Vergleich von dynamischen Pfadplanungsalgorithmen für autonome Transportfahrzeuge  
Implementation and Simulative Comparison of Dynamic Path Planning Algorithms for Autonomous Transport Vehicles

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Maschinenelemente*

Konzepte für Leistungs- und stresstests in der manuellen Kommissionierung  
Concepts of performance and stress tests in manual order picking

*Studiengang: Fahrzeug- u. Motorentechnik B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Konzeptentwicklung eines Enteisungsgeräts für stehende Seile  
Concept development of a deicing device for standing ropes

*Studiengang: Technologiemanagement B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Konzeption einer Seilbahnstation für den Güterverkehr  
Ropeway station concept for cargo transportation

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Konzeption und Entwicklung einer Vergusstechnik für Faserseile

Conception and development of a casting technique for wire ropes

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Optimierung des Herstellungsverfahrens zur Bruchkraftsteigerung einer Seilendverbindung für hochmodulare Faserseile

Optimization of the manufacturing process for increasing the breaking strength of a rope end termination for high-modulus fibre ropes

*Studiengang: Technologiemanagement B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Optimierung von Lichtverhältnissen in der manuellen Kommissionierung

Optimization of lighting conditions in manual order picking

*Studiengang: Technologiemanagement B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Personenerkennung in der Intralogistik - Untersuchung der Eignung bereits vorhandener Datensätze  
Person recognition in intralogistics - Investigating the suitability of existing data sets

*Studiengang: Technologiemanagement B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Recherche vorhandener Ansätze zur Verbesserung des Reihenfolgeproblems mit künstlicher Intelligenz und Bewertung für einen Einsatz im Lager  
Research of Existing Approaches to Improve the Sequence Problem with Artificial Intelligence and Evaluation for Use in the Warehouse

*Studiengang: Technologiemanagement B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Recherche zu dem Herstellprozess von Faserseilen  
Research on the manufacturing process of fibre ropes

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Ultraschallprüfung von Drahtseilendverbindungen  
Ultrasonic inspection of wire rope end connections

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Ausprägungen neuronaler Netze auf das Training eines Deep Reinforcement Learning Agenten am Beispiel eines Atari Spiels

Analysis of the effects of different forms of neuronal networks on the training of a deep reinforcement learning agent using the example of an Atari game

*Studiengang: Technologiemanagement B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Untersuchung verschiedener Smart Lager Lösungen für eine fluide Automobilproduktion  
Investigation of different storage solutions for a fluid automotive production

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Untersuchung von Waagen als Kontrollinstanz in der manuellen Kommissionierung  
Analysis of weighing machines as control function in manual order picking

*Studiengang: Technologiemanagement B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Logistik*

Vergleichende Analyse der Forschungen und Industrieentwicklung von monofunktionalen und multifunktionalen fahrerlosen Transportsystemen  
Comparative analysis of research and industrial development of monofunctional and multifunctional automated guided vehicle

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Maschinenelemente*

Vorstudie für eine Seilbahntrasse zur Verbindung mehrerer Industriestandorte  
Preliminary study for a cableway to connect several industrial sites

*Studiengang: Maschinenbau B.Sc.*

*Betreuung: Abteilung Seiltechnologie*

# ARBEITEN

# MASTER –

## Masterarbeiten

Analyse der Abfallbeseitigung und Entwicklung eines Entsorgungsleitfadens für die Produktionswerke der GWW GmbH

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Analyse und Optimierung der Prozesse in der Schiffbaulichen Vormontage nach Aspekten der Lean Production am Beispiel der thyssenkrupp Marine Systems

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Analyse der Wechselwirkung zwischen Seileigenschaften, Seiltrommeldesign und Betriebslast auf das Wickelverhalten von mehrlagenbewickelten Seiltrommeln mit Faserseilen

Analysis of the influence of fibre rope tolerances on the winding behaviour in multi-layer windings, taking in to account the number of layers and windings

Studiengang: Maschinenbau M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Seiltechnologie

Analyse und Gestaltungsoptimierung eines bestehenden Materialflusssystemes für E-Maschinen Prüfstände im Hinblick auf die Einplanung von Personal und Prüfstandszeiten

Analysis and design optimization of an existing material flow system for e-machine test benches with regard to the planning of personnel and test bench times

Studiengang: Maschinenbau M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Analytische Ermittlung eines geeigneten Echtzeit-Lokalisierungssystems in einem Produktionswerk

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Aufbau eines logistischen Kennzahlensystems am Beispiel der Jungheinrich Norderstedt AG & Co. KG

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Der Wandel des Kaufverhaltens durch E-Commerce und dessen Auswirkungen auf die Automatisierung von E-Commerce Anlagen

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Entwicklung eines Produktionsdatensatzes für die Verwendung in Simulationsstudien zu Forschungszwecken

Development of a production data set for use in simulation studies for research purpose

Studiengang: Technologiemanagement M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Entwicklung eines Prüfgerätes zur Vermessung der Welligkeit von Drahtseilen

Development of a testing device for measuring the waviness of wire ropes

Studiengang: Maschinenbau M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Seiltechnologie

Entwicklung eines Transformationskonzept für klassische Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen nach KAIZEN und Lean orientierter Instandhaltung - Erläuterung des Konzepts am Beispiel der Transformation der Komponentenaufarbeitung bei den schweizerischen Bundesbahnen AG

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Entwicklung und Analyse eines neuartigen Fangstoßdämpfers für den Einsatz im Bergsport oder für Höhenarbeiten

Development and analysis of a new and innovative shock absorber for mountaineering or work at height

Studiengang: Maschinenbau PEKT M.SC.  
 Betreuung: Abteilung Seiltechnologie

Entwicklung und Ausarbeitung eines Kühlsystems zur Lagerung und vollautomatisierten Kommissionierung tiefgekühlter Produkte des autonomen Supermarkts

Development and design of a cooling system for storage and fully automated order picking of frozen products

Studiengang: Maschinenbau M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Maschinenelemente

Entwurf und Implementierung einer generischen Methodik zur simulationsgestützten Rüsto-optimierung am Beispiel hochautomatisierter Produktionslinien für elektrische Antriebe

Design and implementation of a generic methodology for simulation-based changeover optimization using the example of highly automated production lines for electric drives

Studiengang: Maschinenbau M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Entwurf und Umsetzung eines Algorithmus zum Lösen von Verkehrskonflikten bei der Navigation einer Flotte aus mobilen Robotern

Design and implementation of an algorithm for resolving traffic conflicts when navigating a fleet of mobile robots

Studiengang: Mechatronik M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Maschinenelemente

Erfolgs- und Einflussfaktoren in der Planung und Realisierung von automatisierten Intralogistiksystemen bei Automobilherstellern

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Konzeption einer betreiberorientierten Planungsmethode für fahrerlose Transportsysteme

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Lebensmittellogistik in Zeiten von E-Commerce: Literaturanalyse für Potenziale und bestehende Herausforderungen

Food logistics in times of e-commerce: Literature review for potentials and current challenges

Studiengang: Maschinenbau M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Neuartige Lagerkonzepte in der Produktionsversorgung

Novel storage techniques within the production supply area

Studiengang: Maschinenbau M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Maschinenelemente

Optimierung der Lagerhaltung von Verpackung, Rohstoffen und Halbfabrikaten für die Formerei am Beispiel der Elektro Thermit GmbH & Co. KG

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

Prototypische Entwicklung und Inbetriebnahme eines Systems zur Hinderniserkennung für den Einsatz in der zerstörungsfreien Seilprüfung

Prototypical development and commissioning of an obstacle detection system for the use in non-destructive rope testing

Studiengang: Maschinenbau M.Sc.  
 Betreuung: Abteilung Seiltechnologie

Simulative Analyse der Integration eines automatisierten Behälterlagers

Studiengang: Master:Online Logistikmanagement  
 Betreuung: Abteilung Logistik

# ARBEITEN

**mär**  
25.03.

**BVL-Regionalgruppentreffen Baden-Württemberg:  
„Der Mensch in der Intralogistik“, Stuttgart (virtuell)**

Zur digitalen Veranstaltung der BVL-Regionalgruppe Baden-Württemberg zum Thema „Der Mensch in der Intralogistik“ trafen sich über 50 Teilnehmer:innen in der virtuellen Logistikhalle auf der Web-Plattform gather.town. Mithilfe eines Avatars konnte jede/r Teilnehmer:in realitätsgetreu interagieren und den digitalen Raum mit hinterlegten Postern und Videos erkunden. Befand man sich in der Nähe von anderen Personen, wurde deren Video eingeblendet und der Austausch konnte beginnen!



BVL-Regionalgruppentreffen auf gather.town

**apr**  
22.04.

**Girls' Day 2021 (virtuell)**

Der Girls' Day 2021 startete für die Teilnehmerinnen mit einem virtuellen Rundgang durch das Seillabor. Anschließend haben sie in einer Online-Veranstaltung das Spleißen von Seilen erlernt. Spleißen ist eine dauerhafte, nicht lösbare Verbindung von Seilen durch Verflechten der einzelnen Stränge. Die Teilnehmerinnen erhielten vorab zwei Seilstücke, die sie während der Veranstaltung miteinander verflochten haben. Dabei diente ein Bleistift als Spleißwerkzeug. Die einzelnen Schritte wurden ihnen per Livestream von Mitarbeiter:innen der Seiltechnologie vorgeführt und erläutert.

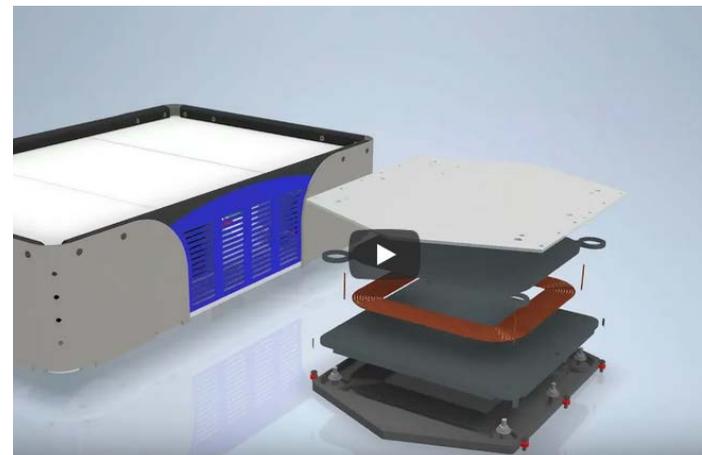


Spleißen von Seilen per Livestream erläutert

**apr**  
12.-16.04.

**HANNOVER MESSE Digital Edition:  
„Industrial Transformation“ (virtuell)**

Auf der HANNOVER MESSE Digital Edition als führender Wissens- und Networking-Plattform präsentierten Aussteller aus Forschung und Industrie neue Technologien und Ideen für Fabriken, Energiesysteme und Lieferketten. Die Institute IFT und IEW (Institut für Elektrische Energiewandlung) präsentierten das Kooperationsprojekt SCOOTY INDUCTIVE: ein flächenbewegliches fahrerloses Transportfahrzeug, das während der Fahrt berührunglos, dynamisch vom Boden mit Energie versorgt wird. Die Übertragungsstrecke wird ebenfalls für die Navigation verwendet, so dass das Fahrzeug automatisch der verfügbaren Energie folgt.



Scooty Inductive ist ein flächenbewegliches kleines fahrerloses Transportfahrzeug (FTF) für die wandelbare Fertigung der Zukunft

**mai**  
07.05.

**1. MOL-Online-Forum des Studiengangs  
MASTER:ONLINE Logistikmanagement (virtuell)**

Nach einer digitalen Weinprobe für die Absolvent\*innen trafen sich Studierende, Alumni, Dozierende und weitere Interessierte auf der Web-Plattform gather.town. Auf einer virtuellen Nachbildung der IFT-Forschungshalle konnten sie sich über die aktuellen Projekte des Institutes informieren. Posterpräsentationen gaben Einblick in die vielfältigen Masterarbeitsthemen der Absolvent:innen. Die gelungene Veranstaltung bot eine gute Gelegenheit zum Networking mit Studierenden, Betreuenden und dem MOL-Team.



Treffpunkt MOL-Stand in der virtuellen Logistikhalle auf gather.town

**mai**  
27.05.

**ZDF-Fernsehteam berichtet für die Sendung „nano“ vom IFT**

Wie lange hält ein (Draht-)Seil? Ein ZDF-Fernsehteam hat für die Sendung „nano“ bei uns nachgefragt, wie die Sicherheit von Seilbahnen überprüft wird. Professor Schulz und Ralf Eisinger gaben Einblicke in die verschiedenen Prüfverfahren und demonstrierten die magnetinduktive Seilprüfung. Im Zusammenhang mit dem Seilbahnunglück in Italien informierte sich das Filmteam auch über Sicherheitssysteme wie Notbremsen, die ebenfalls zum Fachgebiet des Instituts gehören. Der Beitrag wurde am 28. Mai 2021 in der Sendung NANO ausgestrahlt und ist in der ZDF-Mediathek abrufbar.



Ralf Eisinger erläutert Prüfverfahren und Sicherheitssysteme bei Seilbahnen

**jul**  
16.07.

**IFT- Sommerfest auf dem Campus Vaihingen, Stuttgart**

Mitarbeiter\*innen und studentische Hilfskräfte des IFT haben sich im Juli zum Grillen getroffen. Die Campusbar UniThekle auf dem Universitätsgelände in Vaihingen mit großem Außenbereich erwies sich als ideale Location. Bei bestem Sonnenscheinwetter haben die zahlreichen Teilnehmenden die Gelegenheit genutzt, sich endlich einmal wieder in einem größeren Kreis zu treffen und sich über das Berufliche hinaus auszutauschen.



Sommerfest am UniThekle

**jun**  
23.06.

**LogiMAT.digital Summer Summit: Fachforum IFT-Tag (virtuell)**

Die LogiMAT.digital bot als Ersatz für die Präsenzmesse eine virtuelle Plattform zur Präsentation sowie für interaktives Networking. Hier stellte das IFT neueste Forschungen und Entwicklungen der Intralogistik vor. Auch hochkarätige Fachforen, Experten-Talks, online-Seminare und Workshops fanden statt. Im Rahmen des LogiMAT.digital Summer Summit veranstaltete das IFT am 23.06.2021 das virtuelle Fachforum IFT-Tag „Intralogistics – Future – Technology“. Experten aus Forschung und Praxis berichteten über Trends und Entwicklungen der Intralogistik. Professor Robert Schulz hielt als neues Mitglied in der Fachjury LogiMAT „BESTES PRODUKT“ die Laudatio auf die diesjährigen Preisträger. Die Verleihung fand in Präsenz statt.



Professor Schulz (links) würdigte die drei Preisträger Grenzebach Maschinenbau GmbH, inotec Barcode Security und KNAPP AG (Mitte) (Bild: LogiMAT)

**sep**  
20.-21.09.

**17. Fachkolloquium der Wissenschaftliche Gesellschaft für Technische Logistik (WGTL) in Chemnitz**

Erfolgreiche interdisziplinäre Forschung, Informationsaustausch und Networking bot das auch in diesem Jahr stattfindende Fachkolloquium der Wissenschaftliche Gesellschaft für Technische Logistik (WGTL). Wissenschaftler\*innen des IFT und weiterer WGTL-Mitglieder waren in Chemnitz zu Gast, um neue Ideen aus der Logistik zu präsentieren. Professor Robert Schulz war als Moderator vertreten. Gemeinsam mit Ali Bozkurt, akademischer Mitarbeiter Logistik, stellte er die Forschungen des IFT zu innovativen Logistikmodulen vor.



Wissenschaftler\*innen des IFT nehmen am WGTL-Fachkolloquium teil

**sep**  
29.09.

**28. Österreichischer Logistik-Tag,  
Design Center Linz**

Organisiert wurde der 28. Österreichische Logistik-Tag vom gemeinnützigen Verein Netzwerk Logistik (VNL), der Wissenschaft, Forschung, Aus- und Weiterbildung im Bereich der Logistik fördert. Die Teilnehmer\*innen und Aussteller\*innen erlebten innovative Umsetzungen aus Industrie, Handel und Dienstleistung. Sie erfuhren Neuheiten in der Fachausstellung und in der Start-up-Lounge. Professor Schulz zeigte eine „Logistik für eine flexible und wandlungsfähige Produktion“ auf, die Intralogistiklösungen für zukünftige Produktionsanforderungen anbietet.

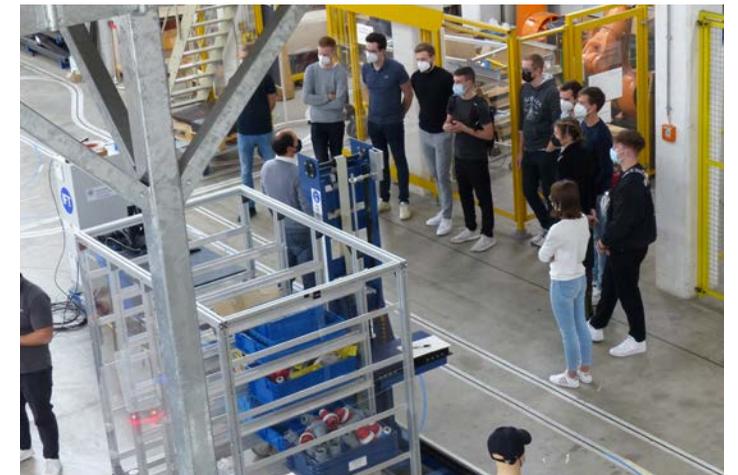


Professor Robert Schulz berichtete über zukünftige Intralogistiklösungen und Weiterbildung in der Logistik (Bild: VNL Österreich)

**okt**  
20.10.

**Studierenden-Nachmittag 2021 am IFT**

Die Institute IFT, IFU (Institut für Umformtechnik) und IfW (Institut für Werkzeugmaschinen) haben einen Nachmittag für Studierende angeboten. Die Laborhallen aller Institute waren geöffnet. Die Mitarbeiter\*innen haben Prüfstände erläutert und Projekte vorgestellt. Einige Anwendungen konnten von den Teilnehmenden live getestet werden. Die Studierenden informierten sich über das Lehrangebot und studentische Arbeiten. Gelegenheit zum Kennenlernen und zum Austausch oder Fragen gab es beim anschließenden Pizza-Essen.



Studierende informieren sich über Forschung und Studium am IFT

**okt**  
07.-08.10.

**Logistikwerkstatt Graz 2021:  
„e-commerce“**

Die Logistik Werkstatt Graz hatte sich das große Thema „e-commerce“ vorgenommen. In Vorträgen und Diskussionen wurden die Herausforderungen hinter dieser steigenden Nachfrage nach „bestellt und geliefert“ erörtert und diskutiert. Neben dem Fokus auf die Gerätetechnik wurden auch Erfolgsgeschichten und organisatorische Ansätze, das Geschäftsmodell und die IT dahinter kommuniziert. Am Wissenschaftstag erörterte Daniel Mezger, wissenschaftlicher Mitarbeiter Logistik, den Aspekt „E-Commerce – eine Frage der Flexibilität?“. Diskussionsrunden boten den Teilnehmenden Gelegenheit zum Austausch neuester Entwicklungen und zum Networking.



Die Frage der Flexibilität des E-Commerce wurde von Daniel Mezger erörtert (Bild: VNL Österreich)

**nov**  
11.11.

**Abschlussveranstaltung Projekt „S<sup>3</sup>“,  
Ludwigsburg**

Erfolgreiche Forschung an der Universität Stuttgart! „Mikroelektronik aus Deutschland – Innovationstreiber der Digitalisierung“: das IFT hat sich mit dem Forschungsprojekt S<sup>3</sup> („Sicherheitssensorik für Serviceroboter in der Produktionslogistik und weiteren Anwendungen“) an der Ausschreibung „SensoRob“ beteiligt. Auf der Abschlussveranstaltung in Ludwigsburg präsentierte David Korte als Projektkoordinator gemeinsam mit den Projektpartnern der Alexander Thamm GmbH, der BruderhausDiakonie, des Fraunhofer IPA sowie der Firma Pilz die Ergebnisse: Der Mehrwert von Radarsensoren und Kameras bei mobilen Robotern konnte nachgewiesen werden!



David Korte präsentierte die Ergebnisse des Forschungsprojekts „S<sup>3</sup>“

## Veröffentlichungen

Bozkurt, A.; Weiner, R.; Rusch, I. und Schulz, R.: Exploring the Requirements and Challenges in Production Logistics for Different Sectors of the Manufacturing Industry. In: Bd. Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems, A.-L. Andersen, R. Andersen, T. D. Brunoe, M. S. S. Larsen, K. Nielsen, A. Napoleone, und S. Kjeldgaard, Hrsg. Springer International Publishing, 2021, S. 475–482. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90700-6\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90700-6_54)

Bozkurt, A.; Tasci, T.; Schulz, R.; Verl, A.: Designing of Smart Logistics Modules as Cyber-physical systems for Load carriers. In: Wissenschaftliche Gesellschaft für Technische Logistik e. V. (Hrsg.): Tagungsband zum 17. Fachkolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik e. V. (WGTL). 2021, S. 148-155. ISBN: 978-3-00-06999

Frick, A.; Frick, W. und Schulz, R.: Den Fasertyp bei Faserseilen identifizieren - Teil 1. In: f+h Fördern und Heben, Nr. 07–08, Art. Nr. 07–08, Juli 2021

Frick, A.; Frick, W. und Schulz, R.: Den Fasertyp bei Faserseilen identifizieren - Teil 2. In: f+h Fördern und Heben, Nr. 09, Art. Nr. 09, Sep. 2021, [Online]. Verfügbar unter: <https://digital.foerdern-und-heben.de/f-h-foerdern-und-heben-9-2021/65855427/38>

Frick, A.; Frick, W. und Schulz, R.: Seildehnung als Ermüdungsursache?! In: Technische Logistik Hebezeuge Fördermittel, Huss-Medien GmbH, Nr. 07–08, Art. Nr. 07–08, Juli 2021

Hofmann, M.: Safety and Operating Concept for Collaborative Material Flow Systems. In: Advances in Automotive Production Technology – Theory and Application, 2021, S. 441–450. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-62962-8\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-662-62962-8_51)

Korte, D.: Concept of a safety-related sensor system for collaboration between human and automated guided vehicles. In: Weissgraeber et al. (2021) (Hrsg.): SCAP2020 Proceedings und in: Advances in Automotive Production Technology – Theory and Application, 2021, S. 416–423. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-62962-8\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-662-62962-8_48)

Korte, D.; Blumhardt-Ziegler, L.; Schneider, K. and Brandes, J.: Das Umfeld sicher überwachen, Technische Logistik, no. 5/2021, Art. no. 5/2021, 2021

Mezger, D.; Schulz, R.: Flexibilitätspotentiale der manuellen Kommissionierung. In: Wissenschaftliche Gesellschaft für Technische Logistik e. V. (Hrsg.): Tagungsband zum 17. Fachkolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik e. V. (WGTL). 2021, S. 292 – 297. ISBN: 978-3-00-069994-8

## Veröffentlichungen

Mezger, D.; Schulz, R.: E-Commerce – eine Frage der Flexibilität. In: Logistikwerkstatt Graz: Tagungsband zur Logistikwerkstatt Graz. 2021, S. 89 – 107. ISBN: 978-3-85125-837-0

Novak, G.: Was Sie über hochfeste Faserseile wissen sollten – Teil 1, f+h, 2021/ 04

Novak, G.: Was Sie über hochfeste Faserseile wissen sollten – Teil 2, f+h, 2021/ 05

Novak, G.: Moderne Seilprüfung: Aktuelle und künftige Methoden, SI-Seilbahn International, 6/ 2021

Walz, K.; Pflieger, D.; Rudion K.; Schulz, R.: Forschungsbericht: Flexible Energieversorgung in Logistikzentren zur Erbringung von Systemdienstleistungen in elektrischen Netzen (FELSEN), Universität Stuttgart, Stuttgart, 2021

## Vorträge

Bozkurt, A.: Designing of Smart Logistics Modules as Cyber-physical systems for Load carriers. 17. WGTL – Kolloquium 21, 20.09.2021, Chemnitz.

Blumhardt-Ziegler, L.: Personenerkennung S3: aktuelle Forschungsprojekte. 181. Treffen der BVL Regionalgruppe Baden-Württemberg, 25.03.2021, virtuell.

Korte, D.: S<sup>3</sup> – Sicherheitssensorik für Serviceroboter in der Produktionslogistik und weiteren Anwendungen. Abschlussveranstaltung des Forschungsprojekts, 11.11.2021, Ludwigsburg.

Mezger, D.: Kommissionierung – LernLager: aktuelle Forschungsprojekte. 181. Treffen der BVL Regionalgruppe Baden-Württemberg, 25.03.2021, virtuell.

Mezger, D.: E-Commerce – eine Frage der Flexibilität. Logistikwerkstatt Graz. 07.10.2021, Graz, Österreich.

Schulz, R.: Logistik für eine flexible und wandlungsfähige Produktion, 28. Österreichischer Logistik-Tag, 29.09.2022, Linz.

## Gremien- und Normungsarbeit

Das IFT ist in verschiedenen Gremien der Bereiche Seiltechnologie, Fördertechnik und Logistik vertreten. Auch 2021 wurden die aktuellen Projekte weiter verfolgt. Hier ein Auszug der wichtigsten Arbeitsgebiete des letzten Jahres:

### EUROCORD

Der europäische Faserseilverband EUROCORD mit seinem Hauptsitz in Brüssel beschäftigt sich vor allem mit der Vorbereitung von ISO-Normen und gemeinsam mit seinem US-amerikanischen Pendant, dem Cordage Institute (CI), mit der gemeinsamen Erarbeitung von Prüfvorschriften und Richtlinien. Richtlinien, welche nicht als ISO-Norm umgesetzt werden, werden oft auch seitens des Cordage Institute als CI-Norm veröffentlicht. EUROCORD und das Cordage Institute arbeiten im Bereich der Erarbeitung von Richtlinien an der Schnittstelle CIRTS eng zusammen.

### CENTC 136 / WG 5 - Bergsport

Die Corona-Pandemie brachte der Bergsport-Branche große Einschnitte, sodass sich laufende Projekte verzögerten. Weiterhin sind die größeren laufenden Projekte der Vergleichsversuch zur Überarbeitung der Klettersteignorm EN 958, die Überarbeitung der Normenreihe EN 15151, sowie die Erarbeitung einer Norm zur Schnittstelle zwischen Schneeschuh und Steigeisen.

Das im Jahr 2020 begonnene Projekt zur Erarbeitung einer Norm für Ablass-Bremsgeräte in Kletterhallen ist schon auf einem recht guten Stand, sodass bereits ein erster gremieninterner Entwurf besteht. Die Geräte passen im Moment zu keiner existierenden Norm, da die Ablassfrequenz im Vergleich zu z. B. Rettungsgeräten sehr viel höher liegt und damit auch die thermische Belastung sehr hoch ist. Für diese Geräte

soll im Rahmen des Normungsprojekts eine zur Anwendung passende Prüfvorschrift erarbeitet werden, um die Sicherheit in Kletterhallen weiter zu erhöhen.

Im Bereich der Überarbeitung der Klettersteigset-Norm EN 958 war das IFT 2021 sehr aktiv. So wurden mehrere Vergleichsversuche in Zusammenarbeit mit anderen Prüfhäusern, vor allem aber auch in den IFT-eigenen Prüfständen und im Prüfstand der Firma Edelrid in Isny durchgeführt. Die Basis für überarbeitete dynamische Prüfungen an Klettersteigsets ist damit geschaffen. Momentan läuft ein weiterer Vergleichstest zwischen verschiedenen Herstellern und Prüfhäusern. Nach erfolgreichem Abschluss ist für das Jahr 2022 ein erster Entwurf der überarbeiteten Norm geplant.

### ISO TC96/ SC3 - Krane

Im Subcommittee 3 des Technical Committee 96 (Krane) umfasste das Arbeitsprogramm die Überarbeitung der Norm ISO 16625 (Cranes and hoists - Selection of wire ropes, drums and sheaves). In 2021 wurde die Arbeit an dem Dokument weiter fortgeführt und im Dezember abgeschlossen. Der Normentwurf wird nun in einem ersten Schritt Komitee-intern zur Abstimmung gestellt.

Die Technical Specification TS 23624, welche auf der FEM-Richtlinie 5.024 basiert, wurde im Mai 2021 veröffentlicht, womit erstmalig eine internationale Richtlinie für den Einsatz von Hochleistungsfaserseilen verfügbar ist. Eine ISO Technical Specification ist hierbei ein Zwischenschritt zu einer offiziellen ISO Norm und dient dazu Rückmeldungen der Anwender zu erhalten, um somit technische Weiterentwicklungen zu berücksichtigen. Im deutschen Normungsbereich wurde im August 2021 die ISO 4309 als deutsche Übersetzung als DIN ISO 4309 veröffentlicht. In dieser deutschen Ausgabe

sind nun ebenfalls die bereits in der internationalen Ausgabe implementierten Ablegkriterien für die magnetinduktive Seilprüfung aufgeführt.

### ISO TC 38 / WG 21 - Faserseile

Seit 2016 ist das IFT auch im ISO-Ausschuss Faserseile sowie dem nationalen Spiegelgremium vertreten. 2020 wurde in virtuellen Treffen der Arbeitsgruppe die Überarbeitung der Normen ISO 1140, 1141 und 1346 weiterverfolgt. Hierbei handelt es sich um die Normen für 3-, 4-, 8- und 12-litzige Seile aus den Werkstoffen Polyamid, Polyester und Polypropylen. Ein weiteres laufendes Projekt ist die Überarbeitung der Norm ISO 18264 für Schlingen aus HMPE.

### VDI Fachausschuss 304 „Krane“

Der VDI Fachausschuss 304 „Krane“ hat 2020 die Arbeiten an der neuen Richtlinie VDI 5020 abgeschlossen und der sogenannte Gründruck wurde veranlasst, welcher zur Abstimmung gestellt werden wird. Die neue VDI Richtlinie 5020 basiert auf der bewährten DIN 15020-1. Die Inhalte der DIN-Norm wurden weitestgehend übernommen, jedoch aktualisiert auf den heutigen Technikstand. Die Vorgehensweise bleibt im Vergleich zur DIN 15020 gleich.

Der VDI Fachausschuss 629 „Seilschwingungen“ hat 2021 seine Arbeit an der neuen VDI-Richtlinie 4553, welche sich mit Schwingungsphänomenen bei Seilen und deren Auswirkungen beschäftigt, fortgesetzt.

### VDI Fachausschuss 309 „Fahrerlose Transportsysteme“

Einer der Schwerpunkte in der Mitarbeit im VDI Fachausschuss 309 (Fahrerlose Transportsysteme) war die Erarbeitung des Leitfadens „Phasen, Rollen und Akteu-

re in FTS-Projekten“. Motivation dafür war die größer werdende Anzahl an Beteiligten an FTS-Projekten sowie die Zunahme der Komplexität. Um bei der Realisierung dieser FTS-Projekte den Überblick über die anstehenden Aufgaben, die zu besetzenden Rollen sowie die zu vergebenden Verantwortlichkeiten zu behalten, wurde unter Federführung des IFT in Zusammenarbeit mit Vertretern von FTS-Herstellern, Betreibern und Beratern dieser praxisnahe Leitfaden erarbeitet.

Der Leitfaden basiert auf etablierten VDI-Richtlinien und Erfahrungswerten und stellt ein Hilfsmittel für die Planer von FTS-Projekten dar. Den vier Phasen von FTS-Projekten werden im Leitfaden verschiedene Rollen zugewiesen, die mit Aufgaben und Verantwortungen verbunden sind. Zusätzlich werden alle Akteure beschrieben, die an FTS-Projekten beteiligt sind und es werden Empfehlungen gegeben, welche Rollen von den Akteuren in den vier Phasen übernommen werden können.

### Arbeitskreis Simulation und Visualisierung im Produktlebenszyklus

Der Arbeitskreis Simulation und Visualisierung im Produktlebenszyklus beschäftigt sich mit der Anwendung und dem Nutzen von Simulation und Visualisierung in allen Phasen des Produktlebenszyklus. Im Rahmen der Gremienarbeit hat das IFT im vergangenen Jahr u. a. bei der Erstellung und Durchführung der VDMA Trendbefragung 2021 „Simulation und Visualisierung im Maschinenbau“ mitgewirkt und bei der Erstellung einer Veröffentlichung unterstützt, welche sich mit den Potentialen eines Digitalen Zwillings in der Wertschöpfungskette auseinandersetzt.

G. Novak, S. Hecht, D. Korte, D. Pflieger

**Eisinger, Ralf:**

- CEN/TC242/WG3(EN 12927) Arbeitskreis Seile
- FSF-DIN Arbeitsausschuss Seilbahnen
- O.I.T.A.F. Studienausschuss Nr.II: Eigenschaften und Prüfung der Seile
- I.T.T.A.B. (Internationale Tagung der Technischen Aufsichtsbehörden)

**Hagg, Manuel:**

- VDMA AK „Simulation und Visualisierung im Produktlebenszyklus“

**Hecht, Stefan:**

- ISOTC 38 WG21 Faserseile
- EUROCORDTC2
- Technische Kommission der Drahtseilvereinigung
- Erfahrungsaustauschkreis PSA (EK8)
- Erfahrungsaustauschkreis PSAgA (EK8.4)
- VG11 – Notified Bodies PPE
- UIAA Safety Commission
- CEN/TC 136/WG5 Mountaineering and Climbing Equipment

**Herrmann, Dominik:**

- Seilbahnausschuss der Bundesländer

**Korte, David:**

- VDI FA309 Fahrerlose Transportsysteme

**Novak, Gregor:**

- Lenkungsausschuss Krane
- ISOTC 96/ SC 3/WG 3 + WG 4
- VDI Fachausschuss 304 „Krane“
- VDI Fachausschuss 629 „Seilschwingungen“
- Technische Kommission Drahtseilvereinigung
- OIPEEC Management Committee
- DIN NA 099-00-04 AA
- CEN/TC 147

**Pfleger, David:**

- VDI-Fachausschuss „Energieflexible Fabriken“

**Schröppel, Markus:**

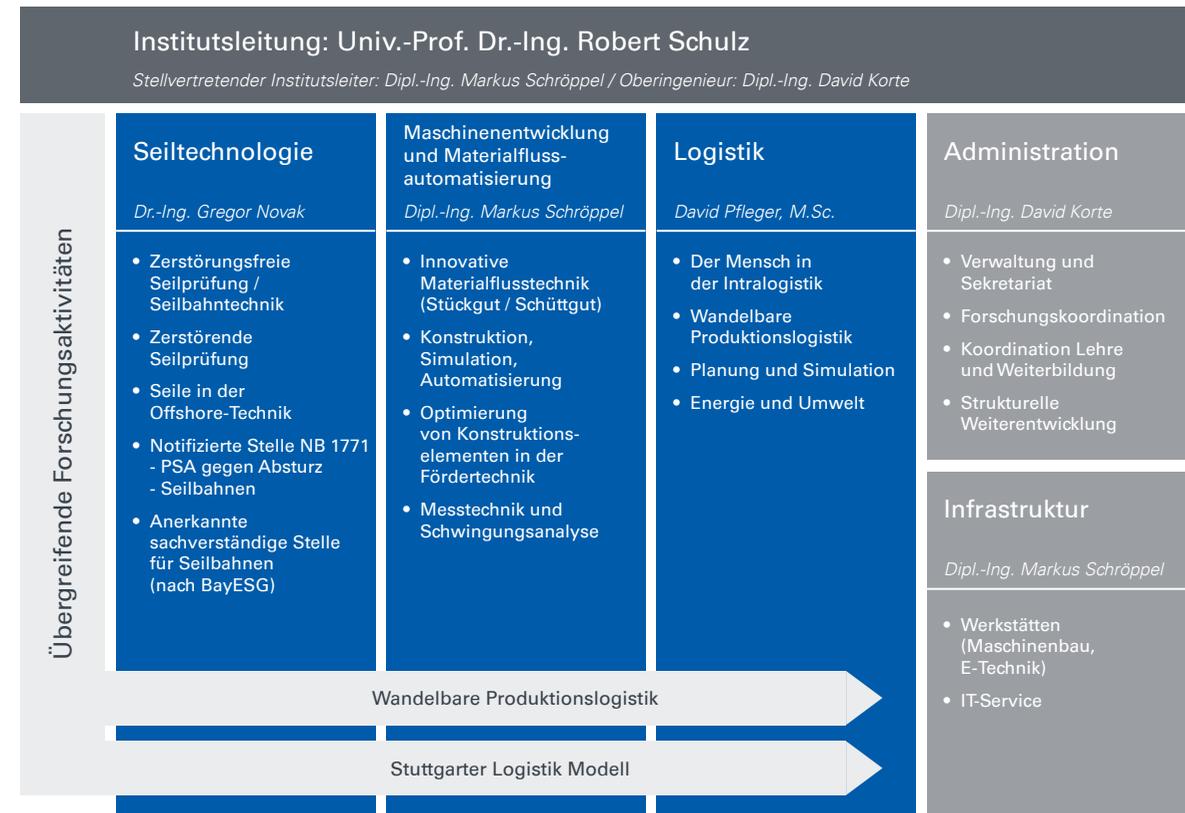
- INBW Fachausschuss Wissenschaft
- INBW-Fachgruppe: „Kommissionierung“
- Beirat „Hebezeuge Fördermittel“, Fachzeitschrift für Technische Logistik
- Vorstand des Intralogistik Netzwerkes Baden-Württemberg

**Schulz, Robert:**

- OIPEEC Management Committee
- Wissenschaftliche Gesellschaft für Technische Logistik e.V. (WGTL)
- Mitglied in der Fachjury LogiMAT „Bestes Produkt“

**Wehking, Karl-Heinz:**

- Gerichtsgutachter Landgericht und Oberlandesgericht



**Institutsleitung**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Schulz

Dipl.-Ing. Markus Schröppel (Stellvertretender Institutsleiter)  
Dipl.-Ing. David Korte (Oberingenieur)

**Kontakt Institut:**

Tel.: +49 711 685-83771

Mail: sekretariat@ift.uni-stuttgart.de

**Verwaltung**

Claudia Gömann-Preuß  
Katrín Köstler

**Sekretariat**

Britta Berns  
Martina Fuchs

**Studienangelegenheiten**

Dipl.-Ing. (FH) Gudrun Willeke

**Seiltechnologie**

Dr.-Ing. Gregor Novak

**Wiss. Mitarbeiter**

Dipl.-Ing. Ralf Eisinger  
Benedikt Franck, M.Sc.  
Wendel Frick, M.Sc., SFI  
Dipl.-Ing. Stefan Hecht  
Dominik Herrmann, M.Sc.  
Johannes Keller, M.Sc.  
Peter Schmid, M.Sc.  
Marco Testa, M.Sc.

**Sekretariat**

Teresa Smolcic

**Anerkannte sachverständigen Stelle  
für Seilbahnen (nach BayESG)**

Dipl.-Ing. Ralf Eisinger

**Notifizierte Stelle PSA**

Dipl.-Ing. Stefan Hecht

**Notifizierte Stelle Seilbahnen**

Dr.-Ing. Gregor Novak

**Forschungskoordination**

Dipl.-Ing. David Korte

**Wandelbare Produktionslogistik**

Dipl.-Ing. Matthias Hofmann

**Maschinenentwicklung und  
Materialflussautomatisierung**

Dipl.-Ing. Markus Schröppel

**Wiss. Mitarbeiter**

Carolin Brenner, M.Sc.  
Dipl.-Ing. André Colomb  
Dipl.-Ing. Matthias Hofmann  
Jonas Nölcke, M.Sc.

**Sekretariat**

Martina Fuchs

**Logistik**

David Pfleger, M.Sc.

**Wiss. Mitarbeiter**

Laura Blumhardt, M.Sc.  
Ali Bozkurt, M.Sc.  
Manuel Hagg, M.Sc.  
Daniel Mezger, M.Sc.  
Ruben Noortwyck, M.Sc.

**Master:Online Logistikmanagement  
Studiengangsmanagement**

Dipl.rer.com Silke Hartmann  
Dipl.-Päd. Živile Menzel  
Isabell Schmidt, B.A.

**Technische Dienste**

Friedrich Eitel (IT-Service)  
Ralph Möhrke (Elektrotechnik)  
Dipl.-Ing (FH) Samuil Bakschan (Prüf-Ing.)  
Janek Bandl (Werkstatt) (bis 06/2021)  
Alexander Haase (Werkstatt)  
Rainer Eckert (Werkstatt)  
Peter Scherer (Werkstatt)

**Herausgeber:**

Universität Stuttgart  
Institut für Fördertechnik und Logistik  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Schulz

Holzgartenstraße 15 B  
70174 Stuttgart

**Kontakt:**

Telefon +49 711 685-83771  
sekretariat@ift.uni-stuttgart.de  
www.ift.uni-stuttgart.de

**Autoren:**

Die jeweiligen Autoren werden  
am Ende eines Beitrags genannt.

**Gestaltung und Umsetzung:**

Dipl.-Ing. (FH) Gudrun Willeke

**Bildquellen:**

Alle Bilder © IFT, falls nicht anders vermerkt

**Druck:**

Primus international printing GmbH  
www.primus-print.de

Februar 2022, Stuttgart

Universität Stuttgart  
Institut für Fördertechnik und Logistik  
Holzgartenstraße 15 B  
70174 Stuttgart

Telefon +49 711 685-83771  
[sekretariat@ift.uni-stuttgart.de](mailto:sekretariat@ift.uni-stuttgart.de)  
[www.ift.uni-stuttgart.de](http://www.ift.uni-stuttgart.de)