

IFL-Forschungsvorhaben

Dieses Forschungsprojekt wird im Auftrag der Forschungsgemeinschaft Intralogistik / Fördertechnik und Logistiksysteme e.V. (FG IFL) durchgeführt und von dieser direkt gefördert.



Entwicklung eines dynamischen Standsicherheitstests für Gegengewichtstapler bis 10t Tragkraft

Das Unfallgeschehen zeigt, dass auch moderne Gabelstapler beim Zusammentreffen ungünstiger Faktoren seitlich umkippen können. Um der gestiegenen Fahrleistung dieser Fahrzeuge Rechnung zu tragen und die Wirksamkeit unterstützender Systeme prüfen zu können, wurde ein dynamischer Standsicherheitstest entwickelt.

Problemstellung

Gegengewichtstapler werden als flexible Alleskönner sehr häufig und unter sehr unterschiedlichen Betriebsbedingungen eingesetzt. Hierbei kommt es beim Überschreiten der Standsicherheitsbedingungen (z. B. überhöhte Kurvengeschwindigkeit und / oder Fahren mit angehobener Last) vor, dass diese Fahrzeuge seitlich umkippen. Kippunfälle von Gabelstaplern führen häufig zu schweren Verletzungen des Fahrers. Durch die Einführung von Fahrerrückhaltesystemen wie Sicherheitsgurte, Bügeltüren u.s.w. für Gabelstapler mit einer Tragkraft von bis zu 10 t konnte die Anzahl der Gabelstaplerunfälle mit schweren oder tödlichen Verletzungen reduziert werden. Allerdings werden hierdurch nur die Folgen der Unfälle gemindert, nicht aber die Kippunfälle selbst vermieden. Zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens von Gabelstaplern werden von einigen Herstellern verschiedene Fahrerassistenzsysteme angeboten, deren Nutzen jedoch mangels standardisierter Testverfahren nicht vergleichbar ist. Einheitliche Mess- oder Berechnungsverfahren zur dynamischen Standsicherheit von Gabelstaplern stehen bisher nicht zur Verfügung.

Die seitliche Standsicherheit wird durch statische Tests auf einer Neigungsplattform nachgewiesen. Die statischen Tests sind in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit definiert und decken dadurch auch dynamische Einflüsse ab. Durch eine Erhöhung vorgeschriebener statischer Kippplattformwerte ist die angestrebte Verbesserung des dynamischen Verhaltens bei Kurvenfahrt jedoch nicht unmittelbar zu erreichen.

Die Normung ist durch das EU-Mandat 301 von 1999 dazu aufgefordert, ergänzende Anforderungen zur besseren Bewertung der seitlichen Standsicherheit zu definieren. Die Ergebnisse des beschriebenen Forschungsprojektes fließen in die Arbeit des europäischen Normungsgremiums CEN/TC150/WG11 ein und werden in einen Normentwurf zur dynamischen Standsicherheit verfasst.

Stand der Forschung

Die konstruktiven Grundlagen der Kippstabilität und des fahrdynamischen Verhaltens üblicher Gabelstaplerfahrwerke sind aus der Literatur bekannt. Als relevante fahrdynamische Einflussgrößen für die Standsicherheit gelten die Fahrgeschwindigkeit und die Lenkwinkelgeschwindigkeit. Moderne Gabelstapler erreichen hohe Fahrleistungen und verlangen nach einer entsprechend hohen dynamischen Kippstabilität. Verbesserungen der seitlichen Standsicherheit durch konstruktive Maßnahmen sind jedoch nur noch in einem begrenzten Rahmen möglich, ohne dabei die Leistungsfähigkeit des Geräts einzuschränken. Ein sinnvoller Ansatz zur Verbesserung der Fahrsicherheit bei Kurvenfahrt ist die Einführung elektronischer Fahrerassistenzsysteme. Diese Systeme reduzieren die Fahrgeschwindigkeit unter anderem in Abhängigkeit von der Lenkwinkelgeschwindigkeit oder blockieren die Ausgleichbewegung der Pendelachse bei 4-Rad-Staplern. Bisher fehlt eine geeignete Grundlage zur einheitlichen Bewertung der Wirksamkeit solcher Systeme. In Vorarbeiten am Forschungsinstitut wurden mögliche Test-Fahrmanöver zur experimentellen Untersuchung der dynamischen Standsicherheit von Gabelstaplern erarbeitet. Sie zeigten bereits auf, wie ein Nachweis der dynamischen Standsicherheit durch einen geeigneten, standardisierten Test erfolgen könnte. Für eine rechnergestützte Simulation der Fahrdynamik und des Kippverhaltens als Ergänzung zum experimentellen Test müssen die vorhandenen Computersimulations-Modelle weiter verfeinert werden. Bisherige Berechnungen aus der Literatur bilden nur stationäre Kurvenfahrzustände ab. Fahrerreaktionen wie Beschleunigen oder Lenken im Grenzbereich, durch die der Stapler während der Kurvenfahrt instabil werden kann, wurden bisher nicht berücksichtigt. Eine dynamische Abbildung ist z.B. durch Computersimulation mit einem Mehrkörpersimulationsmodell möglich. MKS-Simulationsmodelle wurden in jüngerer Zeit in England von der Frazer-Nash Consultancy (FNC), in Frankreich vom Institut National de Recherche de la Sécurité (INRS) sowie vom Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik (MTL) der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg (HSU HH) entwickelt.

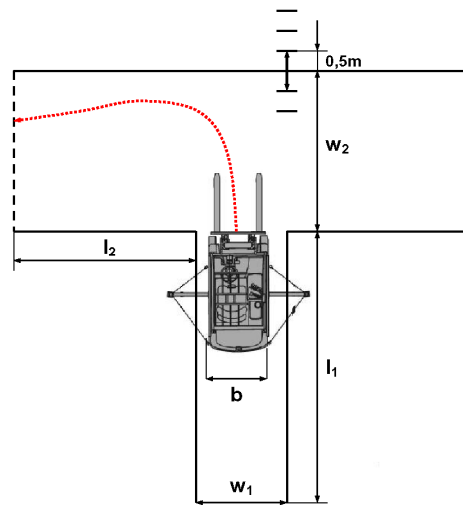


Abb. 1: Dynamischer Standsicherheitstest

Vorgehensweise und Zielsetzung

Mit dem Forschungsprojekt soll ein Beitrag zur Erhöhung der Arbeitssicherheit von Gegengewichtstaplern bis 10 t Tragkraft und zur Verringerung schwerer Unfälle unter Erhaltung einer hohen Umschlagsleistung geleistet werden.

Mit dem Ziel, typische Kombinationen unfallförderlicher Einsatzbedingungen zu identifizieren, wurden sowohl das durch seitliches Umkippen verursachte Unfallgeschehen als auch die betriebliche Praxis durch eine Recherche vor Ort untersucht. Die Querdynamik von Gabelstaplern im Grenzbereich wurde durch umfangreiche Fahrversuche experimentell untersucht. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) ein praxistauglicher dynamischer Standsicherheitstest entwickelt, der es ermöglicht, die seitliche dynamische Standsicherheit von Gabelstaplern anhand einer geeigneten Kenngröße zu bewerten. Hierdurch wurde die Grundlage für eine europäische Norm zur objektiven Beurteilung der seitlichen dynamischen Standsicherheit von Gabelstaplern geschaffen.

Der dynamische Test soll von den Herstellern zukünftig zusätzlich zu den bestehenden statischen Standsicherheitstests als Typprüfung durchgeführt werden.

Zur Reduzierung des Testaufwandes für verschiedene Ausführungsvarianten soll alternativ zum experimentellen Test ein rechnerischer Nachweis zulässig sein. Zur Abbildung der komplexen Wirkzusammenhänge beim dynamischen Kippen ist eine computergestützte dynamische Simulation nötig. Insbesondere ist eine geeignete Modellierung des Rad-Boden-Kontaktes nötig. Um einen einheitlichen Mindeststandard für diese Simulation gewährleisten zu können, wurde ein Referenz-Simulationsmodell zur simulationsgestützten Bestimmung der seitlichen dynamischen Standsicherheit entwickelt. Mit Hilfe des Simulationsmodells kann auch die Wirkung eines Fahrerassistenzsystems abgebildet werden.



Abb 2: Testdurchführung: Abbiegen bei voller Geschwindigkeit

Projektpartner

Das Forschungsprojekt wurde paritätisch finanziert durch die Forschungsgemeinschaft Intralogistik, Fördertechnik und Logistiksysteme (FG IFL) sowie durch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit folgenden Firmen und Institutionen durchgeführt:

- Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution (BGHW)
- Crown Gabelstapler GmbH & Co. KG
- Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)
- Jungheinrich AG
- Linde Material Handling GmbH
- Regierungspräsidium Kassel, Dez. Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik
- STILL GmbH

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. (FH) Nils Busch
Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik
Helmut-Schmidt-Universität
Holstenhofweg 85
22043 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 6541-2520
Nils.busch@hsu-hh.de