

## Vergleichende Untersuchung verschiedener Technologien zur Achslasterfassung

FA 1.152

Forschungsstelle: RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (Prof. Dr.-Ing. B. Steinauer)

Bearbeiter: Bölling, F. / Baier, M.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: September 2002

### 1. Aufgabenstellung

Messsysteme, die das Wiegen während der Fahrt von Fahrzeugen erlauben, bestehen aus einem oder mehreren Wiegesensoren, einer oder mehreren Induktionsschleifen und einer elektronischen Datenerfassungseinheit. Sie ermöglichen die permanente Datenerfassung von Daten über Achslasten, Achsabstände und Fahrzeuggeschwindigkeiten. Die Kenntnis der tatsächlichen Achslasten ist unter anderem für straßenbautechnische Fragestellungen bedeutsam. Der zunehmende Lkw-Anteil am Verkehrsaufkommen führt zu Schädigungen am Straßenoberbau, woraus sich die Notwendigkeit ergibt, administrative und wirtschaftliche Konsequenzen zu erarbeiten.

Zur Erfassung der Achslasten von Fahrzeugen während der Fahrt werden verschiedene Technologien angewandt. Neben den bisher eingesetzten Biegeplatten für die Erfassung auf Bundesautobahnen bieten weitere Technologien, insbesondere die der Quarzsensoren (piezoelektrische Sensoren), Alternativen zur Biegeplatte. Für diese beiden Technologien waren Vergleichsmessungen mit einer geeichten Referenzwaage durchzuführen, mit dem Ziel, die Messgenauigkeit der Systeme anhand repräsentativer Stichproben aus dem Schwerlastverkehr zu ermitteln. Anhand der Beurteilung der Messergebnisse nach COST 323 (Europäische Spezifikationen für Achslasterfassungssysteme, 1999) sollten die dynamischen Achslasterfassungssysteme in Genauigkeitsklassen eingestuft und mit den Anforderungen der TLS (Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen, Entwurf 2000) hinsichtlich ihrer Einsatzfähigkeit für Bundesautobahnen beurteilt werden.

### 2. Untersuchungsmethodik

Auf der Ost-Umfahrung München (BAB A 99) in Fahrtrichtung Norden befindet sich eine Messstelle zur dynamischen Achslasterfassung mit anschließendem Kontrollplatz zur statischen Wägung. Die dynamische Achslasterfassung vor dem Kontrollplatz dient der Vorselektion überladener Lkw und ist mit Biegeplatten auf dem rechten und dem mittleren Fahrstreifen ausgerüstet. Die Messdaten wurden bei erkanntem Verstoß von der Messstelle per Funk an den Kontrollplatz übertragen, wo Polizeikräfte die betroffenen Fahrzeuge aus dem Verkehr selektierten und zur statischen Waage ausleiteten. Hier mussten die Fahrzeuge im Schritttempo eine Langsamwaage überfahren, wobei für jedes Fahrzeug ein Protokoll der Achslasten und Achsabstände erstellt wurde. Diese Protokolle stellen die Referenzwerte für die Vergleiche der erfassten dynamischen Achslasten sowohl an der Biegeplatte (System 1) als auch an der, etwas weiter nördlich gelegenen, dynamischen Achslastwaage mit Piezo-Technologie (System 2) dar. Für die Auswertung wurde neben den Fahrzeugen aus dem fließenden Verkehr eine zweite Prüfgruppe von Lkw eingesetzt, die aus zwei Testfahrzeugen bestand: Einem 2-achsigen Lkw mit 18 t zul. Gesamtgewicht (Typ 8) und einem 5-achsigen Sattelzug mit 40 t zul. Gesamtgewicht (Typ 98). Diese Testfahrzeuge überfuhren

während der Messzyklen mehrmals die dynamischen Achslastwaagen mit definierten Prüfgewichten und vorgegebenen Geschwindigkeiten.

Die Datenerhebung wurde an den drei Beobachtungspunkten "Vorselektion", "Langsamwaage" und "Dynamische Achslastwaage" (in Höhe der T+R-Anlage Vaterstetten) durchgeführt und erfolgte mit den Erhebungsmethoden:

- Videoerfassung,
- Aufzeichnung der Achslastdaten an den Schnittstellen der Streckenstationen,
- Fotodokumentation der verwoagenen Lkw an der Langsamwaage und deren Protokolle sowie Erhebungsbögen, Abfahrzeiten der Lkw an der Langsamwaage,
- Durchfahrzeitpunkte der Testfahrzeuge an den dynamischen Achslastwaagen,
- Strichliste zum Fahrzeugkollektiv.

Mit der Videoaufzeichnung wurden die an der Langsamwaage fotodokumentierten Fahrzeuge wiedergefunden und somit konnten Fahrsituationen, die das Messergebnis verfälschen (Befahren der Fahrbahnrandmarkierung, Spurwechselsvorgang, dichtes Folgen zweier Fahrzeuge), ermittelt werden. Die Strichliste zum Fahrzeugkollektiv diente der Auswahl von Fahrzeugen aus dem fließenden Verkehr, um eine typische, vorgegebene Fahrzeugsilhouette zu erheben. Mit Hilfe der Fotodokumentation und der Erhebungsbögen wurden die Lkw eindeutig in den Videoaufzeichnungen identifiziert.

Die Ergebnisse der Referenzwaage und der dynamischen Achslastwaagen wurden nach Bereinigung von Fehlmessungen in Datenbanken abgelegt. Hierin erfolgte die Berechnung der relativen Fehler und der erforderlichen statistischen Kenngrößen. Aus der Verteilung von Fehlerhäufigkeiten erfolgte mit statistischen Berechnungsfunktionen der Standardsoftware MS-EXCEL die Analyse hinsichtlich der Genauigkeitsklassen nach den Anforderungen der TLS bzw. COST 323.

Genauigkeitsanforderungen nach Tabelle 1 für die Messgrößen dynamischer Achslasten im Vergleich zur statischen Achslast müssen mit einem Vertrauensbereich von 95 % ( $= 1 - \alpha$ ) aller Fälle eingehalten werden. Dynamische Effekte beeinflussen die Messergebnisse, sodass die Toleranzbereiche für die Prüfkriterien Achsgruppenlast, Achslast und Achsen einer Gruppe breiter sind als für das Kriterium "Gesamtgewicht" (für das Gesamtgewicht gilt  $\delta$ ). Achslasterfassungssysteme mit der Aufgabe der genauen Erfassung der Achslasten und der Gesamtgewichte müssen mindestens der Genauigkeitsklasse B (10) entsprechen, um auf Bundesautobahnen eingesetzt werden zu können.

Tab. 1: Toleranzen der Genauigkeitsklassen (COST 323)

Prüfkriterium	Genauigkeitsklasse (COST 323)			
	Messgenauigkeit $\delta$ in %			
	A (5)	B + (7)	B (10)	C (15)
Gesamtgewicht	5	7	10	15
Achsgruppenlast	7	10	13	18
Achslast	8	11	15	20
Achsen einer Achsgruppe	10	15	20	25

Die Zuordnung eines Achslasterfassungssystems zu einer der Genauigkeitsklassen erfolgt anhand der statistischen Auswertung von Stichproben, mit denen überprüft wird, ob die Abwei-

chungen der dynamischen Achslasten zu den statischen Achslasten in ihrer Verteilung einem Mindestwert (Vertrauensniveau  $\pi_0$ ) genügt, welches auf Grund der Testmethode erwartet werden darf. Diesem Wert wird das Vertrauensniveau  $\pi$  gegenübergestellt, welches aus den statistischen Kenngrößen Standardabweichung  $s$  und Mittelwert  $m$  errechnet wird. Der Wert für das Vertrauensniveau  $\pi$  ist abhängig vom Stichprobenumfang  $n$  und von der zulässigen Toleranz  $\delta$ .

### 3. Untersuchungsergebnisse

Im ersten Messzyklus (November 1999) wurden mit der Prüfgruppe "Testfahrzeuge" 50 Überfahrten durchgeführt (15 Fahrten je Typ 8 und Typ 98 mit mindestens 90 % des zul. Gesamtgewichtes und 10 Fahrten je Typ 8 und Typ 98 mit der Hälfte des zul. Gesamtgewichtes), von denen 26 Fahrten wegen Datenverlust im zu testenden System 2 nicht auszuwerten waren. Von 100 statisch verwogenen Fahrzeugen der Prüfgruppe "Lkw aus dem fließenden Verkehr" passierten lediglich 28 Fahrzeuge die dynamische Achslastwaage, von denen jedoch wiederum nur 14 ordnungsgemäß gespeichert wurden. Im zweiten Messzyklus (August 2000) wurden Messfahrten der Prüfgruppe "Testfahrzeuge" nach dem gleichen Muster wie im ersten Messzyklus durchgeführt. Von insgesamt 77 Messfahr-

ten (37 Fahrten mit Typ 8, 40 Fahrten mit Typ 98) konnten 69 Überfahrten am System 2 und 34 Überfahrten am System 1 ausgewertet werden. In der Prüfgruppe "Fahrzeuge aus dem fließenden Verkehr" konnten 66 Überfahrten (System 1) bzw. 69 (System 2) von insgesamt 110 an der Langsamwaage verwogenen Lkw für die vergleichende Bewertung herangezogen werden.

Für die beiden Prüfgruppen wurden die Auswertungen zur Festlegung der Genauigkeitsklassen für die beiden dynamischen Achslasterfassungssysteme durchgeführt. Als Ergebnis der Auswertung ergibt sich die Klassifikation nach der ungünstigsten Klasse unter den Kriterien Gesamtgewicht, Achsgruppenlast, Achslast und Achsen einer Achsgruppe (siehe Tabellen 2 und 3).

### 4. Folgerungen für die Praxis

Die Gesamtbewertung der untersuchten Technologien dynamischer Achslasterfassungssysteme ergibt die Genauigkeitsklasse C (15) für System 1 (Biegeplatte) und B (10) für System 2 (Quarzsensoren). Für den Einsatz auf Bundesautobahnen wird mindestens die Genauigkeitsklasse B (10) gefordert; diese wird von System 2 erfüllt.

Die Technologie mit Quarzsensoren kann somit empfohlen werden.

Tab. 2: Genauigkeitsklasse für System 1 (Biegeplatte) bei der Prüfgruppe "Fahrzeuge aus dem fließenden Verkehr"

Prüfkriterium	Statistik der relativen Fehler			B (10)	C (15)	D + (20)	$\pi_0$	Klasse	
	m [%]	s [%]	n	$\pi$	$\pi$	$\pi$			
Gesamtgewicht	- 0,230	5,820	66	85,5	97,7		92,00	C (15)	
Achsgruppenlast	- 1,050	6,660	33	87,6	97,3		89,70	C (15)	
Achslast	- 0,080	8,900	266	88,1	96,5		92,40	C (15)	
Achsen einer Gruppe	- 0,940	7,870	88	97,7			92,40	B (10)	
Gesamtbewertung									C (15)

Tab. 3: Genauigkeitsklasse für System 2 (Quarzsensoren) bei der Prüfgruppe "Fahrzeuge aus dem fließenden Verkehr"

Prüfkriterium	Statistik der relativen Fehler			A (5)	B + (7)	B (10)	$\pi_0$	Klasse	
	m [%]	s [%]	n	$\pi$	$\pi$	$\pi$			
Gesamtgewicht	- 0,600	4,063	69	66,9	85,3	96,9	92,34	B (10)	
Achsgruppenlast	0,200	5,050	44	71,4	89,9	97,2	90,20	B (10)	
Achslast	- 0,250	5,040	266	85,6	96,0	99,5	94,60	B + (7)	
Achsen einer Gruppe	0,206	5,910	118	86,6	98,0	99,8	93,05	B + (7)	
Gesamtbewertung									B (10)

□