

## Einfluss der Neigung des Messplatzes

Datum : (a) 30. 1.1984 (b) 8.8.97 (c) 28.7.06

Verfasser : F. Scheuter

Visum



<u>Inhalt</u>	<u>Blatt</u>
1. Massgebende Krafrichtung für die Anzeige der Radlastwaage	1
2. Berechnungsgrundlagen	1
2.1. Formel für die Berechnung der Lastverschiebung in Längs- und Querrichtung	1
2.2. Formel für die Berechnung der Gesamtneigung	2
3. Berechnung der Anzeigefehler	3
3.1 Messung des Gesamtgewichtes	3
3.2 Messung der Achs- und Radlast	3
4. Schlussfolgerungen	6

### Zusammenfassung

Der formelmässige Zusammenhang zwischen dem angezeigten Gewicht und der Neigung des Messplatzes wird hergeleitet und in Form eines Diagramms dargestellt.

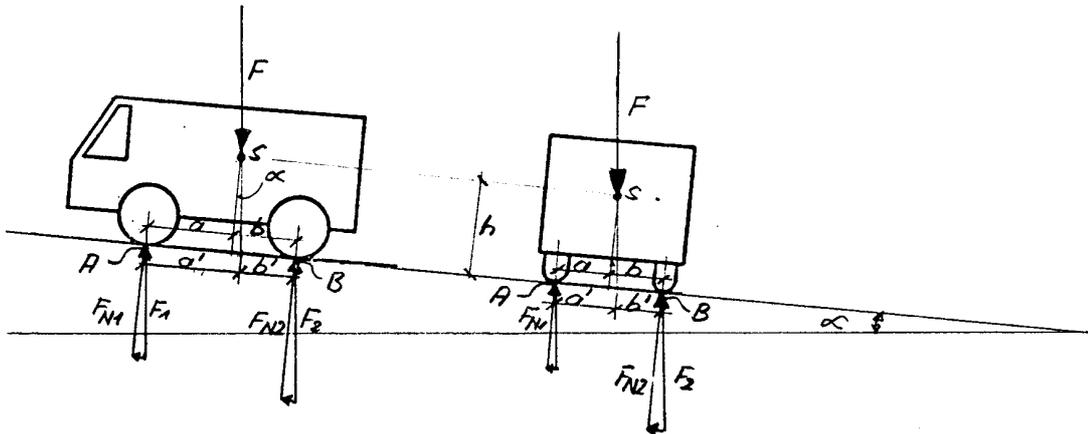
Dieser Bericht besteht aus Blatt 0...7.

## 1. Massgebende Krafrichtung für die Anzeige der Radlastwaage

Die Radlastwaage registriert, wie die Mehrzahl aller Plattformwaagen, nur die senkrecht zur aktiven Wägefläche wirkenden Kraftkomponenten.

## 2. Berechnungsgrundlagen

### 2.1. Formel für die Berechnung der Lastverschiebung in Längs- und Querrichtung



$$\sum y : F - F_1 - F_2 = 0$$

$$\sum M_A : F \cdot a' \cdot \cos \alpha - F_2 \cdot (a' + b') \cdot \cos \alpha = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_B : F \cdot b' \cdot \cos \alpha - F_1 \cdot (a' + b') \cdot \cos \alpha = 0 \quad (2)$$

$$a' = a + h \cdot \tan \alpha \quad (3)$$

$$b' = b - h \cdot \tan \alpha \quad (4)$$

$$F_{N1} = F_1 \cdot \cos \alpha \quad (5)$$

$$F_{N2} = F_2 \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

(1):

$$F_2 = F \cdot a' / (a' + b')$$

(2):

$$F_1 = F \cdot b' / (a' + b')$$

(1) ∩ (3) ∩ (4)

$$F_2 = F \cdot (a + h \cdot \tan \alpha) / (a + h \cdot \tan \alpha + b - h \cdot \tan \alpha) = F \cdot (a + h \cdot \tan \alpha) / (a + b) \quad (7)$$

(2) ∩ (3) ∩ (4)

$$F_1 = F \cdot (b - h \cdot \tan \alpha) / (a + h \cdot \tan \alpha + b - h \cdot \tan \alpha) = F \cdot (b - h \cdot \tan \alpha) / (a + b) \quad (8)$$

(6) ∩ (7)

$$F_{N2} = F \cdot \cos \alpha \cdot (a + h \cdot \tan \alpha) / (a + b) \quad (9)$$

(5) ∩ (8)

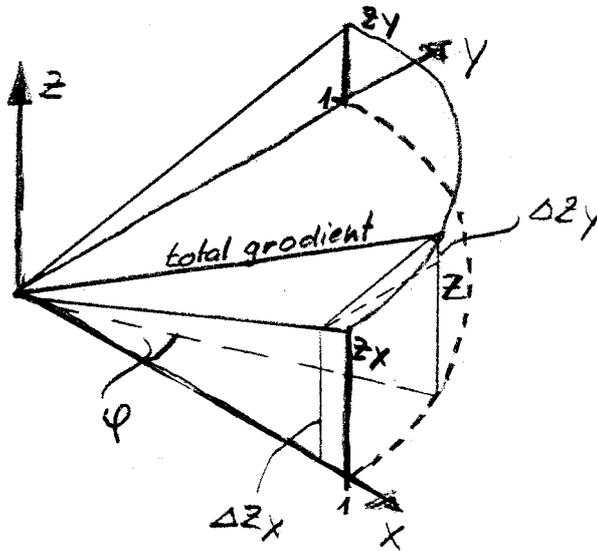
$$F_{N1} = F \cdot \cos \alpha \cdot (b - h \cdot \tan \alpha) / (a + b) \quad (10)$$

(9) ∩ (10)

$$F_{N1} + F_{N2} = F \cdot \cos \alpha \quad (11)$$

## 2.2. Formel für die Berechnung der Gesamtneigung

Für die Berechnung der Gesamtneigung (maximale Neigung) eines Messplatzes können die nachfolgenden Formeln verwendet werden.



x ist quer zur Fahrtrichtung  
y ist die Fahrtrichtung  
z ist die Elevation des Messplatzes

$\varphi$  ist der Winkel zwischen der x- und der y-Achse, für welchen die Elevation berechnet werden soll.

Die Elevation z ist die Summe der partiellen Elevationen in x- und y-Richtung,  $\Delta z_x$  und  $\Delta z_y$ .

$$z = \Delta z_x + \Delta z_y \quad (12)$$

$$\Delta z_x = z_x * \cos(\varphi) \quad (13) \quad \Delta z_y = z_y * \sin(\varphi) \quad (14)$$

(12)  $\cap$  (13)  $\cap$  (14):

$$z = z_x * \cos(\varphi) + z_y * \sin(\varphi) \quad (15)$$

Um die maximale Elevation (entsprechend der Gesamtneigung) zu berechnen, muss die Gleichung (15) für z nach  $\varphi$  abgeleitet und nullgesetzt werden:

$$dz/d\varphi = z_x * \sin(\varphi) - z_y * \cos(\varphi) = 0 \quad (16)$$

Die Umformung der Gleichung (16) in eine Formel für  $\varphi$  wird hier nicht durchgeführt, da es auf einfache Weise nicht möglich scheint! Für einige Spezialfälle kann die Richtigkeit der Gleichungen (15) und (16) auf einfache Weise überprüft werden:

$z_x$	$z_y$	$\varphi$	z
0.1	0	0°	0.1
0	0.1	90°	0.1
0.1	0.1	45°	0.14

Für andere Werte von  $z_x$  und  $z_y$  wird es am einfachsten sein, die Gleichung (15) zu verwenden und durch probieren den Wert  $\varphi$  für das Maximum von z zu finden.

Anstelle von  $z_x$  und  $z_y$  können auch die Neigungen in Längs- und Querrichtung in [%] eingegeben werden um so die Gesamtneigung direkt in [%] zu erhalten.

### 3. Berechnung der Anzeigefehler durch die Neigung des Messplatzes

#### 3.1 Messung des Gesamtgewichtes

Die Berechnung des Anzeigefehlers bei der Bestimmung des Gesamtgewichtes richtet sich nach Formel (11). Der Fehler ist so gering, dass er in der Regel vernachlässigt werden kann. Er beträgt z.B. bei einer Neigung von 5 % nur -0,12 % des Gesamtgewichtes.

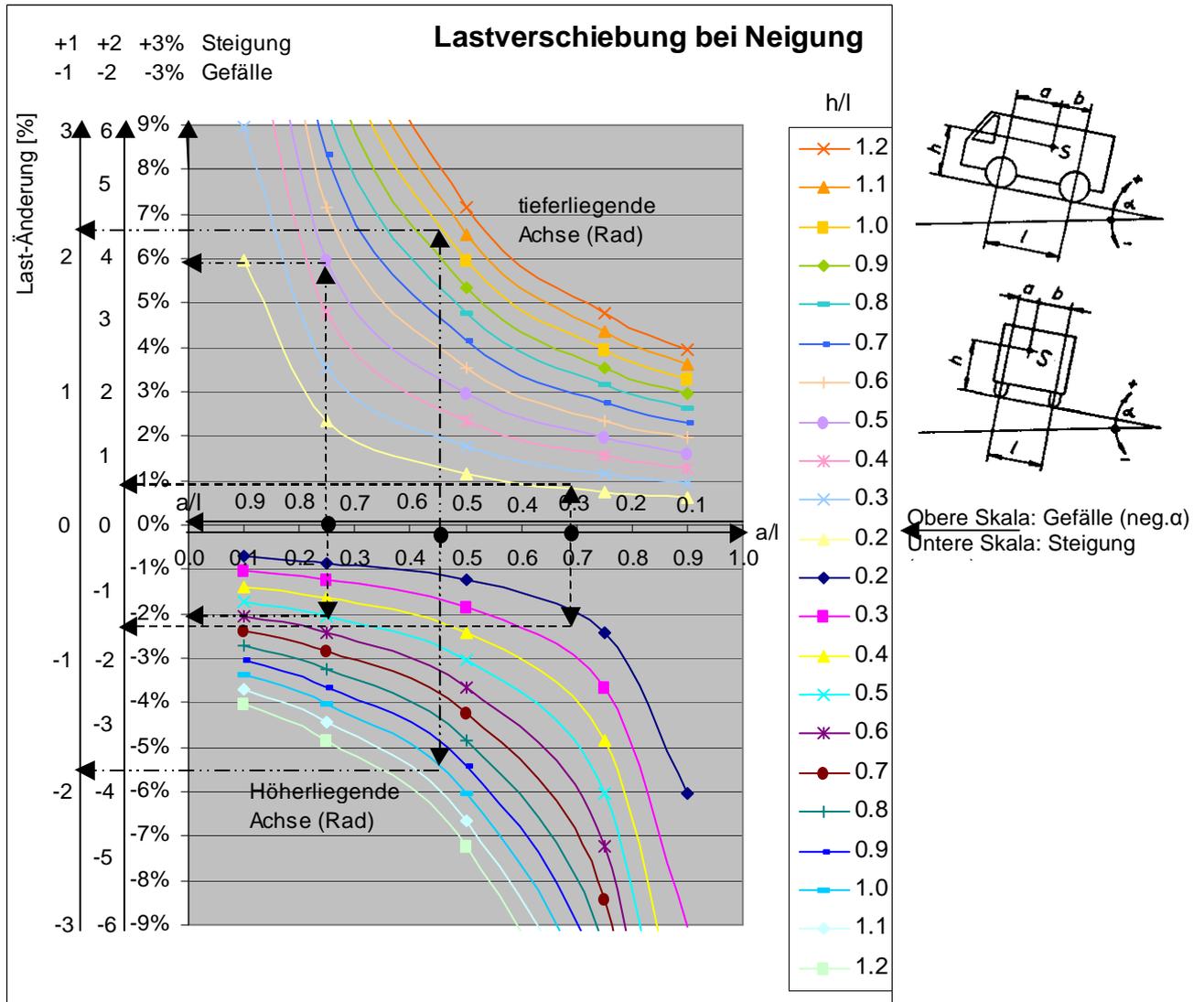
#### 3.2 Messung der Achs- und Radlast

Durch die Höhenlage des Schwerpunktes kann sich die angezeigte Achs- oder Radlast merklich verändern. Die Veränderung ist um so grösser, je kürzer bzw. schmaler das Fahrzeug ist und je höher dessen Schwerpunkt liegt.

Bei Tankfahrzeugen kann ausserdem eine Veränderung der Lage des Schwerpunktes auftreten, was zu weiteren Differenzen führt. Eine Voraussage über diese Veränderungen ist mit einfachen Mitteln nicht möglich.

Zur raschen Bestimmung des zu erwartenden Anzeigefehlers bei Achs- und Radlastmessungen, wurde das nachfolgende Diagramm berechnet. Es gilt nur für Fahrzeuge mit fester Ladung, also nicht für Tankfahrzeuge und wurde exakt berechnet für +3 bzw. -3 % Neigung. Die Skalierungen für +/- 1 % und +/- 2% sind genähert, wobei der Näherungsfehler kleiner oder höchstens gleich dem Ablesefehler ist. Die Anwendung geht aus den eingezeichneten Beispielen hervor.

Anzeigefehler bezogen auf die Achs- bzw. Radlast in % bei einer Neigung von  $\tan\alpha = 1\%$ ,  $2\%$  und  $3\%$



Die Anwendung des Diagramms geht aus den folgenden Beispielen hervor. Die ersten beiden beziehen sich auf Längsneigung (Steigung bzw. Gefälle in Fahrtrichtung).

Beispiele

- Bestimmung des Anzeigefehlers bei der Messung der Achslast an einem Fahrzeug mit einem Achsabstand  $l = 6,5$  m. Der Schwerpunkt befindet sich 2 m vor der Hinterachse ( $b = 2$  m,  $a = l - b = 4,5$  m) und  $h = 1,5$  m über der Strassenoberfläche. Steigung  $\tan\alpha = 2\%$ . Daraus berechnet man:

$$a/l = 4,5/6,5 = 0,69 \quad h/l = 1,5/6,5 = 0,23$$

Aus dem Diagramm liest man folgende Anzeigefehler ab:

Vorderachse : Last-Änderung =  $-1,5\%$

Hinterachse : Last-Änderung =  $+0,7\%$

2. – – Bestimmung des Anzeigefehlers bei der Messung der Achslast an einem Fahrzeug mit einem Achsabstand  $l = 4$  m. Der Schwerpunkt befindet sich 1 m vor der Hinterachse ( $b = 1$  m,  $a = l - b = 3$  m) und  $h = 2$  m über der Strassenoberfläche. Gefälle in Fahrtrichtung  $\tan\alpha = -3$  %. Daraus berechnet man:

$$a/l = 3/4 = 0,75 \quad h/l = 2/4 = 0,5$$

Aus dem Diagramm liest man folgende Anzeigefehler ab:

Vorderachse: Last-Änderung = + 6,0 %

Hinterachse: Last-Änderung = - 2,0 %

Das Diagramm kann auch benützt werden, um den Anzeigefehler bei der Messung der Radlast bei Neigung des Messplatzes quer zur Fahrtrichtung zu bestimmen.

Beispiel:

3. – – Bestimmung des Anzeigefehlers bei der Messung der Radlast an einem Fahrzeug mit einem Radabstand  $l = 2$  m. Der Schwerpunkt liegt um 0,1 m aus der Mitte gegen das höher liegende Rad verschoben und  $h = 2$  m über der Strassenoberfläche. Die Neigung des Messplatzes beträgt  $\tan\alpha = 1$  %, quer zur Fahrtrichtung. Daraus berechnet man:

$$a/l = 0,9/2,0 = 0,45 \quad h/l = 2/2 = 1$$

Aus dem Diagramm liest man folgende Anzeigefehler ab:

Höher gelegenes Rad: Last-Änderung = -1,8 %

Tiefer gelegenes Rad: Last-Änderung = +2,2 %

#### 4. Schlussfolgerungen

Die Messplatzneigung hat keinen nennenswerten Einfluss auf das Gesamtgewicht, solange die zulässige Neigung gemäss Bedienungsanleitung eingehalten wird um eine Fehlfunktion auszuschliessen.

Das gleiche gilt für die Achslast, solange das Fahrzeug übliche Abmessungen hat, gleichmässig beladen ist und auf einem in Fahrtrichtung genügend horizontalen Platz gewogen wird. Ein Messplatz kann als horizontal angenommen werden, wenn ein Fahrzeug mit gelöster Bremse nicht wegrollt. Das entspricht ca. 0.5%.

Die Radlasten sind empfindlich auf Querneigung. Der Effekt kompensiert sich aber zu 100%, wenn aus den Radlasten die Achslast berechnet wird.

Das oben gesagte gilt auch für Tankfahrzeuge mit leerem oder vollem Tank oder falls der Tank in kleine Abschnitte unterteilt ist. Bei teilweise gefülltem Tank können sich die Achslasten aufgrund der Verschiebung des Schwerpunktes verändern. Eine genaue Voraussage ist schwierig, weil abhängig vom Füllgrad und der Tankform.

Ungünstigster Fall:

Unter der Annahme, dass das ungünstigste zu messende Fahrzeug einen Achsabstand von 4 m, eine mittlere Spurweite von 1,6 m und den Schwerpunkt 1 m vor der Hinterachse, 0,2 m seitlich von der Fahrzeuglängsachse, sowie 2,5 m über der Strassenoberfläche besitzt, hat eine Gesamtneigung des Messplatzes von 2 % folgende Einflüsse:

Gesamtanzeige: Der Einfluss ist vernachlässigbar

Anzeige der Achslast: Der Einfluss ist vernachlässigbar, solange die Neigung quer zur Fahrtrichtung ist. Bei Längsneigung beträgt der Anzeigefehler +/-1,6 % für die Hinterachse und +/- 5 % für die Vorderachse, jeweils auf die entsprechende Achslast auf horizontalem Messplatz bezogen (erstes Vorzeichen: Steigung, zweites Vorzeichen: Gefälle in Fahrtrichtung).

Anzeige der Radlast: Der grösste Einfluss entsteht bei einer Neigung quer zur Fahrtrichtung. Der Anzeigefehler beträgt +/- 2,8 % beim stärker und +/- 3.6 % beim weniger belasteten Rad (erstes Vorzeichen: Schwerpunkt zum höher gelegenen Rad verschoben, zweites Vorzeichen: zum tiefer gelegenen Rad).

Bei Fahrzeugen mit flüssiger Ladung gilt das gleiche, solange die Tanks voll sind. Bei nur teilweiser Füllung entstehen zusätzliche Abweichungen bei der Bestimmung der Achs- oder Radlast, durch die Verlagerung der Flüssigkeit und damit des Schwerpunktes. Die Abweichung ist stark vom Füllungsgrad und der Konstruktion der Behälter abhängig, so dass eine zuverlässige Voraussage über die Abweichungen kaum möglich ist.

Die hier geschilderten Gegebenheiten müssen vom Anwender berücksichtigt werden, z.B. indem für bestimmte Messungen Einschränkungen gemacht werden. Vergl. dazu: "EJPD, Weisungen über polizeiliche Gewichtskontrollen mit Radlastwaagen im Strassenverkehr vom 12. Juni 1978" (Beilage 1).

## 5. Anforderungen an den Messplatz

Die Anforderungen an den Messplatz richten sich nach der Betriebsanleitung des Geräteherstellers.

### 5.1 Gesamtgewichtskontrollen

Gesamtgewichtskontrollen dürfen nur durchgeführt werden, wenn der Messplatz die in der Betriebsanleitung des Herstellers als zulässig erklärte Längs- und Querneigung nicht übersteigt.

### 5.2 Achsgewichtskontrollen

Achsgewichtskontrollen dürfen nur durchgeführt werden, wenn der Messplatz in der Längsachse des Fahrzeugs keine Neigung aufweist, d.h. wenn das Fahrzeug in der Getriebe-Neutralstellung und bei gelöster Handbremse nicht wegrollt.

### 5.3 Sonderregelung für Fahrzeuge mit flüssigen Ladungen

Bei Fahrzeugen mit flüssigen Ladungen darf mit Radlastwaagen nur das Gesamtgewicht ermittelt werden, weil sich dabei kleine Veränderungen der Achsgewichte auch auf Messplätzen ohne Neigung (Ziff. 5.2) nicht ausschließen lassen.

Beilage 1: Auszug aus: „Weisungen über polizeiliche Gewichtskontrollen mit Radlastwaagen im Strassenverkehr“ vom 12. Juni 1978