



Ausbh KfWBw Nr.10

2. Änderung

Ausbildungshilfe

Kraftfahrbetrieb

Formelsammlung Fahrzeugtechnik

Zweck der AusbH:	Dieses Ausbildungshilfsmittel ist für Lehrgangsteilnehmer zur Verwendung in Lehrgängen der Bundeswehr bestimmt.
Herausgegeben durch:	Zentrum Kraftfahrwesen der Bundeswehr (ZKfWBw)
Beteiligte Interessenvertretungen:	entfällt
Gebilligt durch:	Leiter Zentrale Militärkraftfahrtstelle
Herausgebende Stelle:	ZKfWBw
Geltungsbereich:	Alle DSt Bw
Einstufung:	offen
Einsatzrelevanz:	keine
Berichtspflichten:	keine
Gültig ab:	01.07.2019
Frist zur Überprüfung:	20.02.2025
Version:	1.2
Ersetzt:	Version 1.1
Aktenzeichen:	offen
Identifikationsnummer:	offen

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck und Geltungsbereich	3
2	Formelsammlung	4
2.1	Gleichförmige Bewegung	4
2.2	Ungleichförmige Bewegung	4
2.3	Anhalteweg	4
2.4	Überholen bei konstanten Geschwindigkeiten	5
2.5	Kreisbewegung	5
2.6	Mechanik	6
2.7	Übersetzungsverhältnis	6
2.8	Verdichtungsverhältnis	7
2.9	Fahrwiderstände	7
2.10	Elektrotechnik	8
2.11	Auswertung des Bremsdiagramms (Motometer)	9
2.12	Bremsenprüfung	10
3	Änderungsjournal	12

1 Zweck und Geltungsbereich

101. Das Zentrum Kraftfahrwesen der Bundeswehr (ZKfWBw) beheimatet die Zentrale Militärkraftfahrtstelle (ZMK), die als zentrale Anerkennungs- und Erlaubnisbehörde der Bundeswehr im Rahmen der fachlichen Zuständigkeit diese Ausbildungshilfe „Formelsammlung Fahrzeugtechnik“ für die Aus-, Fort- und Weiterbildung von Fahrlehrerinnen bzw. Fahrlehrern der Bundeswehr (FahrlBw) sowie dem kraftfahrtechnischem Fachpersonal in der Bundeswehr herausgibt.

102. Die Ausbildungshilfe ist ab dem 01.07.2019 in der Ausbildung, Leistungsbewertung und Prüfung der zukünftigen FahrlBw, amtlich anerkannten Sachverständigen (aaS), amtlich anerkannte Sachverständigen mit Teilbefugnis (aaPmT) sowie amtlich anerkannten Prüferinnen bzw. Prüfer (aaP) zu verwenden.

2 Formelsammlung

2.1 Gleichförmige Bewegung

Geschwindigkeit v

$$v = \frac{s}{t}$$

$$V = v \cdot 3,6$$

s in m

t in s

v in m/s

V in km/h

2.2 Ungleichförmige Bewegung

Beschleunigung a

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_E - v_A}{t}$$

a in m/s²

s in m

t in s

v in m/s

V in km/h

Brems-/ Beschleunigungsweg

bei Anfangs- oder Endgeschwindigkeit = 0

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2}$$

bei Anfangs- und Endgeschwindigkeit $\neq 0$

$$s = \frac{v_E^2 - v_A^2}{2a} \approx \frac{V_E^2 - V_A^2}{26a}$$

$$s = v_A \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

2.3 Anhalteweg

Anhalteweg s_A

$$s_A = s_R + s_{Br}$$

a in m/s²

s in m

t in s

v in m/s

$$s_A = v_A \cdot t_R + \frac{v_A^2}{2a}$$

2.4 Überholen bei konstanten Geschwindigkeiten

Aufholweg s_a

$$s_a = s_1 + s_2 + l_1 + l_2$$

$$s_1 = 0,5 \cdot V_1$$

$$s_2 = 0,5 \cdot V_2$$

Überholweg $s_{\ddot{U}}$

$$s_{\ddot{U}} = s_G + s_a$$

Überholzeit $t_{\ddot{U}}$

$$t_{\ddot{U}} = \frac{s_{\ddot{U}}}{v_2} = \frac{s_G}{v_1}$$

l in m, Fahrzeuglänge

$s_{1,2}$ in m, SichAbst.

t in s

V in km/h

V_2 : schnelleres Fzg

V_1 : langsames Fzg

2.5 Kreisbewegung

Kreisfläche A

$$A = \pi \cdot r^2$$

Kreisumfang U

$$U = \pi \cdot d$$

Umfangsgeschwindigkeit v_U

$$v_U = \pi \cdot d \cdot n$$

r in m

d in m

n in 1/s

v in m/s

$\pi \approx 3,14$ Kreiszahl

2.6 Mechanik

Arbeit W – Energie E

$$W = F \cdot s$$

$$W = P \cdot t$$

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Leistung P

$$P = F \cdot v$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n$$

$$P^* \approx \frac{M \cdot n^*}{9550}$$

Kraft F

$$F = m \cdot a$$

Fliehkraft F_z

$$F_z = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Drehmoment M

$$M = F \cdot r$$

Impuls p

$$p = m \cdot v$$

a in m/s²

E in J, Nm

F in N

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

h in m

M in Nm

m in kg

n in 1/s

n^* in 1/min

P in W, Nm/s

P^* in kW

p in kgm/s

r in m

s in m

t in s

v in m/s

W in J, Nm

2.7 Übersetzungsverhältnis

Übersetzungsverhältnis i

$$i = \frac{n_{\text{treibend}}}{n_{\text{getrieben}}} = \frac{M_{\text{getrieben}}}{M_{\text{treibend}}} = \frac{d_{\text{getrieben}}}{d_{\text{treibend}}} = \frac{z_{\text{getrieben}}}{z_{\text{treibend}}}$$

$$i_{\text{ges}} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n$$

2.8 Verdichtungsverhältnis

Verdichtungsverhältnis ε

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

$$V_H = Z \cdot V_h$$

$$V_h = \frac{d^2}{4} \pi \cdot h$$

V in cm^3

V_H - Hubraum des Motors

V_h - Hubraum des einzelnen
Zylinders

V_c - Verdichtungsraum

Z - Zylinderzahl

2.9 Fahrwiderstände

Gesamtfahrwiderstand F_A

$$F_A = F_R + F_L + F_{St} + F_a$$

a in m/s^2

A in m^2

Rollwiderstand F_R

$$F_R = f_R \cdot F_G \cdot \cos \alpha$$

c_w Luftwiderstandsbeiwert

F in N

f_R Rollwiderstandsbeiwert

Luftwiderstand F_L

$$F_L = \frac{\rho}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

m in kg

ρ in kg/m^3

$\rho_{\text{Luft}} = 1,202 \text{ kg/m}^3$ für 20°C und
1,013 bar

Steigungswiderstand F_{St}

$$St = 100 \cdot \tan \alpha$$

St Steigung in %

$$F_{St} = F_G \cdot \sin \alpha$$

v in m/s

$$F_{St} \approx F_G \cdot \frac{St}{100} \quad \text{für kleine Winkel bis } \alpha \approx 5^\circ$$

Beschleunigungswiderstand F_a

$$F_a = m \cdot a$$

2.10 Elektrotechnik

Widerstand-Spannung-Stromstärke

$$R = \frac{U}{I}$$

I in A

P in W

Q in Ah

Kapazität eines Akkumulators

$$Q = I \cdot t$$

R in Ω

t in s

U in V

Arbeit – Energie – Leistung

$$W = U \cdot I \cdot t$$

W in J

$$P = U \cdot I$$

Reihenschaltung

$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

$$I_{\text{ges}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$$Q_{\text{ges}} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$$

Parallelschaltung

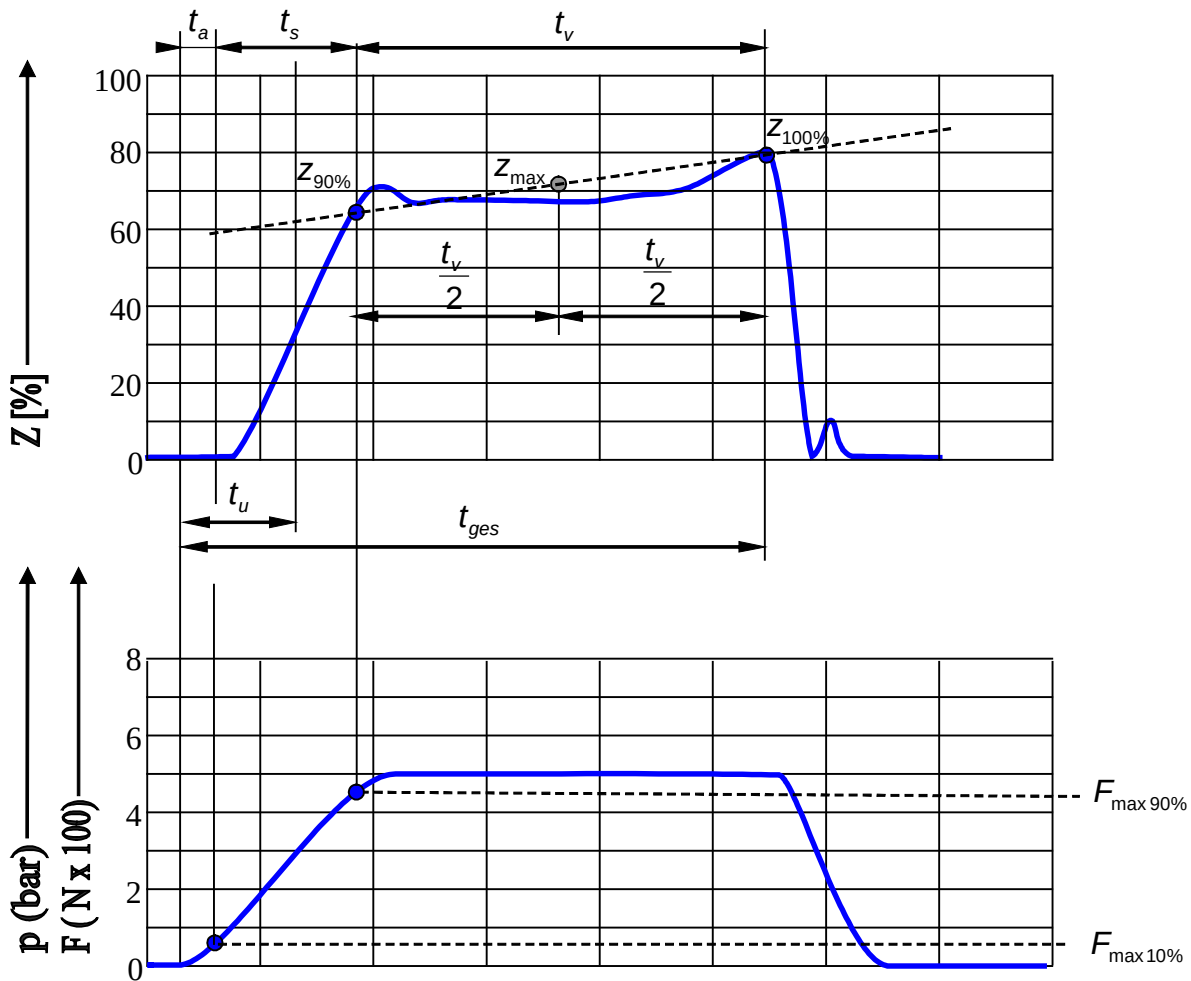
$$U_{\text{ges}} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$$

$$I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$Q_{\text{ges}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

2.11 Auswertung des Bremsdiagramms (Motometer)



z	= Abbremsung	t	= Bremsdauer (s)
$z_{max 100\%}$	= maximale Abbremsung	t_a	= Ansprechdauer
z_{max}	= Mittelwert der maximalen Abbremsung	t_s	= Schwelldauer
F	= Bremskraft (N)	t_v	= Vollbremsdauer
		t_{ges}	= gesamte Bremsdauer
		t_u	= Verlustdauer

$$t_U = t_a + \frac{t_s}{2}$$

$$t_{ges} = t_a + t_s + t_v$$

$$z_{max} = \frac{1}{2}(z_{max 100\%} + z_{max 90\%}) \approx z_{max 100\%} \cdot \frac{95\%}{100\%}$$

$$z_{mittel} = z_{max} \cdot \frac{t_v + \frac{t_s}{2}}{t_{ges}} = a_{mittel}$$

2.12 Bremsenprüfung

Kraftschlussbeiwert μ

$$\mu = \frac{\text{Längskraft}}{\text{Normalkraft}} = \frac{F_B}{F_G} = \frac{F_B}{P'_M}$$

Einheiten auf der folgenden Seite

Bremsverzögerung a

$$a_{\max} = \mu \cdot g = \frac{z_{\max} \cdot g}{100} = \frac{a_{\text{mittel}}}{X}$$

$$a_{\text{mittel}} = \frac{V^2}{26 \cdot s}$$

Gütegrad X

$$X = \frac{a_{\text{mittel}}}{a_{\max}} = \frac{z_{\text{mittel}}}{z_{\max}}$$

$$X = 1 - \frac{t_u}{t_{\text{ges}}} = \frac{t_v + \frac{s}{2}}{t_{\text{ges}}}$$

Grenze der Beschleunigung

$$a_{\max} = \mu \cdot g = \frac{a_{\text{mittel}}}{X}$$

Abbremsung Z

$$Z' = \frac{\sum F_B \cdot 100}{P'_M}$$

$$Z' = \frac{a_{\max} \cdot 100}{g}$$

Hochrechnung

$$Z_{\text{bel}} = Z' \cdot \frac{p_z}{p'_z} \cdot \frac{P'_M}{P_{M_{\max}}}$$

Anhängerabbremsung Z_R

$$Z_R = (Z_{R+M} - R) \cdot \frac{P_R + P_M}{P_R} + R$$

Formelzeichen

bel	Index für den Zustand "beladen"	p_z	auf das beladene Fahrzeug bezogener eingesteuerter Bremszylinderdruck (bar) - siehe ggf. ALB-Schild
E	Radstand (m)	P_M	Gewichtskraft des ziehenden Fahrzeuges (N)
F	Bremskraft zwischen Reifen und Fahrbahn bzw. Reifen u. Bremsprüfstand (N)	P'_M	Gewichtskraft des leeren oder teilbeladenen Fahrzeuges (N)
F_{1i}	Bremskräfte bei Druck p_{1i} (N)	$P_{M_{max}}$	gesamte statische Normalkraft zwischen den Rädern des Anhängelfahrzeuges und der Aufstandsfläche (N)
F_{2i}	Bremskräfte bei Druck p_{2i} (N)	P_R	gesamte statische Normalkraft zwischen den Rädern des Anhängelfahrzeuges und der Aufstandsfläche
F_{3i}	hochgerechnete Bremskräfte bei Druck p_{3i} (N)	P_Z	Zulässiges Gesamtgewicht des Fahrzeuges (N)
h	Schwerpunkthöhe des Fahrzeuges über der Fahrbahn (m)	R	Rollwiderstand (%)
i	Index (Achse)	Z	Abbremsung (%)
m	Faktor (Steigung der Kennlinie für die Bremskraft)	Z'	max. Abbremsung des leeren oder teilbeladenen Fahrzeuges (%)
p	Bremszylinderdruck (bar)	Z_M	Abbremsung des Kraftfahrzeuges ges. (%)
p'_z	auf das unbeladene Fahrzeug bezogener eingesteuerter Bremszylinderdruck (bar) siehe ggfs. ALB-Schild	$Z_{M_{bel}}$	Abbremsung des beladenen Kraftfahrzeuges (%)
p_{1i}	niedriger Bremsdruck, der bei Bremsprüfung in die Randzylinder der jeweiligen Achse i eingesteuert wird (bar)	Z_R	Abbremsung des Anhängelfahrzeuges (%)
p_{2i}	hoher Bremsdruck, der bei der Bremsprüfung in die Randzylinder der jeweiligen Achse i eingesteuert wird (bar)	$Z_{R_{bel}}$	Abbremsung des beladenen Anhängelfahrzeuges (%)
p_{3i}	bei der Hochrechnung zu verwendender Berechnungsdruck (bar) im Bremszylinder der Achse i . Bei Achsen, deren Bremsdruck durch Regelventile begrenzt wird, ist dieser abgeregelte Druck einzusetzen.	Z_{R+M}	Abbremsung der Fahrzeugkombination nur mit der Bremsanlage des Anhängelfahrzeuges (%)
p_m	Druck am Kupplungskopf der Bremsleitung (bar)		

3 Änderungsjournal

Version	Gültig ab	Geänderter Inhalt
1	01.07.2019	• Erstveröffentlichung
1.1	18.12.2019	• Redaktionelle Änderung
1.2	21.02.2020	• Redaktionelle Änderung