Amtsblatt
der Europäischen Union

DE
Reihe L

2026/1044

18.5.2026

Nur die von der UNECE verabschiedeten Originalfassungen sind international rechtsverbindlich. Der Status dieser Regelung und das Datum ihres Inkrafttretens sind der neuesten Fassung des UNECE-Statusdokuments TRANS/WP.29/343 zu entnehmen, das von folgender Website abgerufen werden kann: https://unece.org/status-1958-agreement-and-annexed-regulations

UN-Regelung Nr. 179 – Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung leichter Nutzfahrzeuge hinsichtlich der Messung von Bremsemissionen im Prüfstand [2026/1044]

Datum des Inkrafttretens: XX. September 2026 (vorbehaltlich Bestätigung)

Dieses Dokument ist lediglich eine Dokumentationsquelle. Der rechtsverbindliche Originaltext ist: ECE/TRANS/WP.29/2026/36

INHALT

Regelung

1. Geltungsbereich und Anwendung
2. Abkürzungen und Symbole
3. Begriffsbestimmungen
4. Antrag auf Genehmigung
5. Genehmigung
6. Kennzeichnungen
7. Allgemeine Anforderungen
8. Allgemeiner Überblick
9. Änderung und Erweiterung der Typgenehmigung
10. Übereinstimmung der Produktion
11. Maßnahmen bei Abweichung der Produktion
12. Endgültige Einstellung der Produktion
13. Namen und Anschriften der technischen Dienste, die die Prüfungen für die Genehmigung durchführen, und der Typgenehmigungsbehörden
14. Besondere Bestimmungen

Anhänge

1. Beschreibungsbogen
   - Anlage 1 – Prüfbericht zur Bremsecken-Emissionsfamilie
   - Anlage 2 – Prüfbericht zum individuellen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung (C-Faktor) (gegebenenfalls für jede einzelne Messung wiederholen)
   - Anlage 3 – Nachweisbericht zur Übereinstimmung des Fahrzeugtyps
2. Mitteilung
3. Anordnungen des Genehmigungszeichens
4. Verfahren für die Bremsemissionsprüfung
   - Anlage 1 – Vorgänge während des WLTP-Bremszyklus
   - Anlage 2 – Bremsvorgänge während des WLTP-Bremszyklus

5 Verfahren zur Messung und Berechnung der fahrzeugspezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung

1. Geltungsbereich und Anwendung

Diese Regelung gilt für Fahrzeuge der Klassen M_1 und N_1, die Reibungsbremsung verwenden, die auf einer Kombination aus Trockenreibmaterial und Bremsscheibe oder Bremstrommel, die Gegenreibung erzeugt, oder auf einer anderen Form der Reibungsbremsung basiert.

Auf Antrag des Herstellers kann die Genehmigung auch für Fahrzeuge der Klasse N_2 mit einer Gesamtmasse zwischen 3,5 Tonnen und 5 Tonnen, die aus einem Fahrzeugtyp der Klasse N_1 konstruiert wurden, erteilt werden.

2. Abkürzungen und Symbole

2.1. Abkürzungen

Tabelle 1 enthält eine Liste der in dieser Regelung verwendeten Abkürzungen, eine kurze Beschreibung und ggf. die Einheit der Abkürzung.

Tabelle 1

Abkürzungen

Abkürzung	Definition	Einheit
ABT	Durchschnittstemperatur der Bremse während Fahrt 10	°C
BDD	Durchmesser der Bremstrommel	mm
BRO	Seitenschlag	µm
DM	Masse der Scheibe vor der Prüfung	kg
DOP	Dioctylphthalat	-
ECE	Wirtschaftskommission für Europa	-
EF	Emissionsfaktor	-
EN	„Europäische Norm“ – Europäische technische Norm	-
FA	Fahrzeugvorderachse	-
FAF	Bremskraftverteilung an der Vorderachse	%
FBT	Bremsenendtemperatur am Ende des Bremsvorgangs	°C
FCEV	Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug	-
FCHV	Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug	-
FCV	Brennstoffzellenfahrzeug	-
H13	Hocheffizienter Luftfilter mit einer Filterwirksamkeit von mindestens 99,95 %	-
HEPA	Hochleistungs-Partikelfilter	-
IBT	Anfangstemperatur der Bremse zu Beginn des Bremsvorgangs	°C
ICE	Verbrennungsmotor	-
IPDR	Inertial Power Difference Rating (Leistungsunterschied, beeinflusst durch Trägheit – Bewertung)	%
IPDW	Inertial Power Difference Work (Leistungsunterschied, beeinflusst durch Trägheit – Arbeit)	J/kg
IR	Isokinetisches Verhältnis	-
IWR	Inertial Work Rating (Bewertung hinsichtlich Trägheitsarbeit)	%
L0-P	Postmount-Bremsenaufnahme mit Radnabe	-
L0-U	Universelle Bremsenaufnahme ohne Radnabe	-
LHC	Linke Ecke des Fahrzeugs	-

Abkürzung	Definition	Einheit
MRO	Masse in fahrbereitem Zustand	kg
MVL	Tragfähigkeit eines Fahrzeugs	kg
NOVC-FCHV	Nicht extern aufladbares Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeug	-
NOVC-HEV	Nicht extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug	-
NOVC-HEV Kat. 0	Nicht extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug der Kategorie 0	-
NOVC-HEV Kat. 1	Nicht extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug der Kategorie 1	-
NOVC-HEV Kat. 2	Nicht extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug der Kategorie 2	-
OD	Außendurchmesser der Scheibe/Trommel	mm
ODS	OpenDocument-Tabelle	-
OVC-FCHV	Extern aufladbares Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeug	-
OVC-HEV	Extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug	-
PEV	Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb	-
Ebene A	Vertikale Ebene, die am Prüfraumeinlass ausgerichtet ist	-
Ebene A_1	Horizontale Ebene, die an der Drehachse der Bremse und der Leitungsachse ausgerichtet ist	-
Ebene B	Vertikale Ebene am Ende des Übergangs von der Einlassleitung zum Mittelteil des Prüfraums, senkrecht zur Leitungsachse	-
Ebene C	Vertikale Ebene tangential zur größten Bremse für genehmigte Fahrzeuge der Klassen M_1, und N_1, senkrecht zur Leitungsachse	-
Ebene D	Vertikale Ebene, die an der Drehachse der Bremse ausgerichtet ist	-
PND1	Primärer Partikelzahlverdünner	-
PND2	Sekundärer Partikelzahlverdünner	-
PAO	Polyalphaolefin	-
PBT	Spitzentemperatur der Bremse beim Bremsvorgang	°C
PCRF	Minderungsfaktor der Partikelkonzentration	-
PM	Partikelmasse	mg
$PM_{2,5}$	Partikelmasse bei Aerosolen mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 2,5 µm	mg
$PM_{2,5}$ EF_{ref}	Referenzwert für den $PM_{2,5}$-Emissionsfaktor der geprüften Bremse vor Anwendung des Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung	mg/km
$PM_{2,5}$ EF	Endgültiger $PM_{2,5}$-Emissionsfaktor	mg/km
PM_{10}	Partikelmasse bei Aerosolen mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 10 µm	mg
PM_{10} EF_{ref}	Referenzwert für den PM_{10}-Emissionsfaktor der geprüften Bremse vor Anwendung des Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung	mg/km
PM_{10} EF	Endgültiger PM_{10}-Emissionsfaktor	mg/km
PN	Partikelzahl	#

Abkürzung	Definition	Einheit
PNC	Partikelzähler	-
PSA	Dicke des Bremsklotzes	cm^2
PTFE	Polytetrafluorethylen	-
PTT	Partikelübertragungsrohr	-
RA	Fahrzeughinterachse	-
RAF	Bremskraftverteilung an der Hinterachse	%
REESS	Wiederaufladbares Speichersystem für elektrische Energie	-
RH	Relative Feuchtigkeit	%
RHC	Rechte Ecke des Fahrzeugs	-
RMSSE	mittlerer quadratischer Geschwindigkeitsfehler (Root Mean Squared Speed Error)	km/h
SH	Spezifische Luftfeuchtigkeit	mg H_20/kg Trockenluft
SPN10	Konzentration der Festpartikelzahl von Partikeln größer als 10 µm	#/cm^3
SPN10 EF_{ref}	Referenzwert für den SPN10-Emissionsfaktor der geprüften Bremse vor Anwendung des Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung	#/km
SPN10 EF	Endgültiger SPN10-Emissionsfaktor	#/km
SAE	Verband der Automobilingenieure (Society of Automotive Engineers)	-
SEE	Standardabweichung vom Schätzwert	-
ULPA	Luftfilter mit extrem niedriger Partikelpenetration	-
VPR	Entferner flüchtiger Partikel	-
WLTP	Weltweit harmonisiertes Prüfverfahren für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge	-

2.2. Zeichen

Tabelle 2 enthält eine Liste der in dieser Regelung verwendeten Zeichen, eine kurze Beschreibung und ggf. die Einheit des Zeichens.

Tabelle 2

Zeichen

Zeichen	Definition	Einheit
a	Übergangswinkel des Bremsenprüfraums	°
a_1	Mindestabstand zwischen den Probenahmesonden	mm
a_2	Mindestabstand zwischen den Probenahmesonden und den Tunnelwänden	mm
α	Verzögerung	m/s^2
α_{ref}	Sollwertbeschleunigung des Prüfzyklus	m/s^2
$A_{1...3}$	Parameter für Zieltemperaturen	°C
b	Kennwert der Bremse (FL: vorne links, FR: vorne rechts, RL: hinten links, RR: hinten rechts)	-
$B_{1...3}$	Parameter für gemessene Temperaturen	°C
$C_{1...3}$	Parameter für Temperaturunterschied zwischen Ziel- und gemessenen Werten	°C

Zeichen	Definition	Einheit
$C_{e,b}$	Drehmoment-Leistungs-Verhältnis jeder Bremse b zur Umrechnung der gemessenen Bremsleistung in Bremsmoment	N·m/W
$C_{p,b}$	Drehmoment-Druck-Verhältnis der betrachteten Bremse b	N·m/kPa
C*	Bremswirkung nach Streckenmittelung bei Trommelbremsen (innerer Bremsfaktor)	-
c	(Fahrzeugspezifischer) Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung	-
c_{alt}	Nach der alternativen Methode gemessener fahrzeugspezifischer Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung	-
$c_{trip\#10}$	Fahrzeugspezifischer Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung, berechnet während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus	-
c_{decl}	Deklarierter individueller Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung	
c_{fix}	Fester Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung gemäß Tabelle 4	
c_{ISC}	Bei der Prüfung der Übereinstimmung im Betrieb gemessener Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung	
d	Strecke, die während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus oder des WLTP-Bremszyklus gefahren wurde	km
d_i	Innendurchmesser des Probenahmetunnels	mm
d_n	Innendurchmesser der Probenahmedüse (gilt für PN und PM)	mm
$d_{n-PM2.5}$	Innendurchmesser der isokinetischen Düse bei der $PM_{2,5}$-Probenahme	mm
d_{n-PM10}	Innendurchmesser der isokinetischen Düse bei der PM_{10}-Probenahme	mm
$d_{n-SPN10}$	Innendurchmesser der isokinetischen Düse bei der SPN10-Probenahme	mm
d_{piston}	Hydraulischer Durchmesser des Bremssattelkolbens	mm
d_p	Innendurchmesser der Probenahmesonde (gilt für PN und PM)	mm
d_s	Innendurchmesser der PM-Probenahmeleitung	mm
d_{tl}	Innendurchmesser der inneren PN-Übertragungsleitung	mm
d_{tt}	Innendurchmesser des PN-Übertragungsrohrs	mm
d_x	Elektrischer Mobilitätsdurchmesser	µm
H	Wirkungsgrad des Bremssattels oder der Bremstrommel	%
f	Umdrehungsgeschwindigkeit der Bremse	U/min
$f_{r\ (dx)}$	PCRF für jeden Partikel mit dem elektrischen Mobilitätsdurchmesser d_x	-
$f_{r-SPN10}$	Arithmetisch gemittelter PCRF für die SPN10-Messeinrichtung	-
h_B	Länge von Ebene B (Prüfraum)	mm
h_D	Länge von Ebene D (Prüfraum)	mm
H_e	Punkt, der das Ende des vorgeschriebenen horizontalen Teils in der Anordnung bestimmt	-
H_s	Punkt, der den Beginn des vorgeschriebenen horizontalen Teils in der Anordnung bestimmt	-
I_n	Nennträgheitsmoment der Bremse	$kg·m^2$

Zeichen	Definition	Einheit
I_t	Prüfträgheitsmoment der Bremse	kg·m²
l_{A1}	Länge von Ebene A_1 (Prüfraum)	mm
l_i	Länge des Einlass- oder Auslassübergangs des Bremsenprüfraums	mm
l_1	Höhe des Prüfraums auf Ebene C	mm
l_2	Tiefe des Prüfraums auf Ebene C	mm
L_0	Länge der geraden Leitung hinter dem Prüfraumauslass	mm
L_1	Mindestlänge der geraden Leitung vor dem Einlass des Bremsenprüfraums	mm
L_2	Mindestlänge der geraden Leitung von der letzten Störung vor der Probenahmeebene bis zur Probenahmeebene	mm
L_3	Mindestlänge der geraden Leitung von der Probenahmeebene bis zur nächsten Störung hinter der Probenahmeebene	mm
L_4	Mindestlänge der geraden Leitung von der letzten Störung vor dem Luftstrom-Messelement bis zum Luftstrom-Messelement	mm
L_5	Mindestlänge der geraden Leitung vom Luftstrom-Messelement bis zur nächsten Störung	mm
μ	Bremswirkung nach Streckenmittelung bei Scheibenbremsen (scheinbarer Reibungskoeffizient)	-
M_{Mix}	Molmasse der Luft im Wägeraum	g/mol
M_{Veh}	Prüfmasse des Fahrzeugs zur Simulation auf dem Prüfstand	kg
υ	Kinematische Viskosität der Luft	m²/s
$N_{in}(d_x)$	PN-Konzentration (stromaufwärts) bei Partikeln mit dem elektrischen Mobilitätsdurchmesser d_x	#/cm³
$N_{out}(d_x)$	PN-Konzentration (stromabwärts) bei Partikeln mit dem elektrischen Mobilitätsdurchmesser d_x	#/cm³
NQ	Durchschnittlicher normalisierter Kühlluftstrom	Nm³/h
$NQ_{PM2,5}$	Durchschnittlicher normalisierter $PM_{2,5}$-Probendurchsatz	Nl/min
NQ_{PM10}	Durchschnittlicher normalisierter PM_{10}-Probendurchsatz	Nl/min
NQ_{SPN10}	Durchschnittlicher normalisierter SPN10-Probendurchsatz	Nl/min
NQ_s	Durchschnittlicher normalisierter Luftstrom in der Probenahmedüse	Nm³/h
N_t	Anzahl der während des angewandten Zyklus erfassten Zeitmesspunkte t_i ($t_i \in [t_{start}, t_{end}]$)	-
P_b	Atmosphärischer Druck im Wägeraum	kPa
p_{brake}	Bremsdruck	kPa
$P_{brake,b}$	Reibungsbremsleistung der Bremse b	W
$p_{brake,b}$	Wirksamer Bremsdruck an Bremse b, der ein Bremsmoment erzeugt	kPa
$p_{meas,b}$	Gemessener Bremsdruck an Bremse b	kPa
P_r	Partikeldurchlass	%
$p_{threshold}$	Schwellendruck, der für die Erzeugung des Bremsmoments erforderlich ist	kPa

Zeichen	Definition	Einheit
$p_{threshold,b}$	Schwellendruck der Bremse b, der zur Erzeugung des Bremsmoments erforderlich ist	kPa
$P_{e(2,5)}$	Auftriebskorrigierte $PM_{2,5}$-Filterbeladung	mg
$P_{e(10)}$	Auftriebskorrigierte PM_{10}-Filterbeladung	mg
$P_{e(Corrected)}$	Auftriebskorrigierte Filtermasse	mg
$P_{e(Uncorrected)}$	Filtermasse ohne Auftriebskorrektur	mg
Q	Durchschnittlicher gemessener (tatsächlicher) Kühlluftstrom	m^3/h
Q_{set}	Nenn- (oder Soll-)Kühlluftstrom	m^3/h
$Q_{PM2,5}$	$PM_{2,5}$-Probendurchsatz (Ist)	l/min
$Q_{PM2,5-set}$	Nenn- (oder Soll-)$PM_{2,5}$-Probendurchsatz	l/min
Q_{PM10}	PM_{10}-Probendurchsatz (Ist)	l/min
$Q_{PM10-set}$	Nenn- (oder Soll-)PM_{10}-Probendurchsatz	l/min
$Q_{SPN10-set}$	Nenn- (oder Soll-)SPN10-Probendurchsatz	
r_b	Biegeradius der Kühlluftleitung	mm
$r_{D,b}$	Radius der Prüfstandrolle, auf der sich der Reifen an Bremse b dreht	mm
r_{eff}	Wirksamer Radius der Bremse	mm
r_P	Biegeradius der Probenahmesonde oder Probenahmeleitung	mm
r_R	Dynamischer Reifenrollradius	mm
$r_{R,b}$	Dynamischer Reifenrollradius an Bremse b	mm
ρ_a	Luftdichte	kg/m^3
ρ_f	Dichte des PM-Filtermaterials	kg/m^3
ρ_w	Dichte des PM-Kalibrierungsobjekts der Mikrowaage	kg/m^3
$SPN_{10\#}$	Durchschnittliche normalisierte und PCRF-bereinigte SPN10-Konzentration	$\#/Ncm^3$
$SPN10_{back}$	Durchschnittliche normalisierte SPN10-Konzentration während der Hintergrundprüfung	$\#/Ncm^3$
$SPN10_b$ EF	Durchschnittliche SPN10-Anzahl pro gefahrener Strecke während der Hintergrundprüfung	#/km
S_p	Ausgangssignal für Luftdruck der Kühlluft	kPa
S_Q	Ausgangssignal für den Kühlluftstrom	m^3/h
S_{RH}	Ausgangssignal für die relative Feuchtigkeit der Kühlluft	%
S_t	Ausgangssignal für die Temperatur der Kühlluft	°C
$t_{brake,n}$	Tatsächliche Gesamtdauer des Verzögerungsvorgangs (tatsächliche Dauer bis zum Stillstand) des n-ten Bremsvorgangs des analysierten Zyklus	s
$t_{end,nom,n}$	Nennendzeitpunkt des n-ten Bremsvorgangs des analysierten Zyklus	s
$t_{end,n}$	Tatsächlicher Endzeitpunkt des n-ten Bremsvorgangs des analysierten Zyklus	s
t_i	Zeitstempel der i-ten Stichprobe der gemessenen Signale	s

Zeichen	Definition	Einheit
$t_{start,n}$	Tatsächlicher Anfangszeitpunkt des n-ten Bremsvorgangs des analysierten Zyklus	s
$t_{start,nom,n}$	Nennanfangszeitpunkt des n-ten Bremsvorgangs des analysierten Zyklus	s
t_{90}	Ansprechzeit des Partikelzählers	s
$\tau_{alt,b}$	Reibungsbremsmoment an Bremse b, berechnet nach der alternativen Methode	N·m
τ_{brake}	Reibungsbremsmoment	N·m
$\tau_{brake-avg}$	Zeitgemitteltes Reibungsbremsmoment	N·m
$\tau_{brake,b}$	Reibungsbremsmoment an Bremse b	N·m
τ_{drag}	Schleppmoment der Bremse	N·m
$\tau_{meas,b}$	Gemessenes Reibungsbremsmoment an Bremse b	N·m
T	Temperatur der Kühlluft	°C
T_a	Lufttemperatur im Wägeraum	°C
T_{brake}	Temperatur der Bremse (Scheibe/Trommel)	°C
U	Durchschnittliche Geschwindigkeit des Kühlluftstroms	km/h
$U_{brake,b}$	Spannung an Bremse b	V
U_s	Durchschnittliche Geschwindigkeit des Luftstroms bei Eintritt in die Probenahmedüse	km/h
V	Durchschnittliche tatsächliche lineare Geschwindigkeit des WLTP-Bremszyklus	km/h
V_{set}	Durchschnittliche lineare Nenngeschwindigkeit des WLTP-Bremszyklus	km/h
W_{brake}	Summe der Reibungsarbeit bei allen Bremsvorgängen während des Prüfzyklus in allen Reibungsbremssystemen des Fahrzeugs	J
$W_{brake,b}$	Reibungsarbeit von Bremse b bei allen Bremsvorgängen während des Prüfzyklus	J
$w_{f,n}$	Tatsächliche spezifische Reibungsarbeit (massenspezifische kinetische Energie) des n-ten Bremsvorgangs des analysierten Zyklus	J/kg
WL_n	Nennradlast ohne Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten	kg
WL_{n-f}	Nennvorderradlast ohne Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten	kg
WL_{n-r}	Nennhinterradlast ohne Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten	kg
WL_t	Prüfradlast nach Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten	kg
WL_{t-f}	Prüfvorderradlast nach Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten	kg
WL_{t-r}	Prüfhinterradlast nach Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten	kg
W_{ref}	Normativer Verweis für den Zyklus, in dem die Reibungsarbeit gemessen wurde	J
$w_{total,\ bc}$	Summe der massenspezifischen Veränderungen der kinetischen Energie des Fahrzeugs bei allen Bremsvorgängen des WLTP-Bremszyklus	J/kg

Zeichen	Definition	Einheit
$w_{total,trip10}$	Summe der massenspezifischen Veränderungen der kinetischen Energie des Fahrzeugs bei allen Bremsvorgängen während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus	J/kg
ω_b	Gemessene Drehgeschwindigkeit des Rads an Bremse b	rad/s
$\omega_{D,b}$	Gemessene Drehgeschwindigkeit der Prüfstandrolle an Bremse b	rad/s

3. Begriffsbestimmungen

Für die Zwecke der vorliegenden UN-Regelung gelten folgende Begriffsbestimmungen:

3.0. „Fahrzeugtyp hinsichtlich der Bremsemissionen“ bezeichnet eine Gruppe von Fahrzeugen, die sich hinsichtlich der in Absatz 7.1.1 festgelegten Kriterien nicht unterscheiden.

3.0.1. „Genehmigung eines Fahrzeugs“ bezeichnet die Genehmigung eines Fahrzeugtyps hinsichtlich des Anwendungsbereichs dieser Regelung.

3.1. Einstellungen des Fahrzeug- und Bremsenprüfstands

3.1.1. „Fahrzeug der Klasse M_1“ bezeichnet ein Fahrzeug zur Personenbeförderung mit höchstens acht Sitzen (außer dem Fahrersitz).

3.1.2. „Fahrzeug der Klasse N_1“ bezeichnet ein Fahrzeug zur Güterbeförderung mit einer Höchstmasse bis zu 3 500 kg.

3.1.2.1. „Fahrzeug der Klasse N_1 Gruppe III“ bezeichnet ein Fahrzeug der Klasse N_1, dessen Bezugsmasse nach 3.2.37 der UN-Regelung Nr. 154 mehr als 1 760 kg beträgt.

3.1.3. „Fahrzeug der Klasse N_2“ bezeichnet ein Fahrzeug zur Güterbeförderung mit einer Höchstmasse von mehr als 3,5 t, aber nicht mehr als 12 t.

3.1.4. „Masse in fahrbereitem Zustand“ bezeichnet die Masse des Fahrzeugs mit dem zu mindestens 90 % seines Fassungsvermögens gefüllten Kraftstofftanks, zuzüglich der Masse des Fahrers, des Kraftstoffs und der Flüssigkeiten, ausgestattet mit der Standardausrüstung gemäß den Herstellerangaben sowie, sofern vorhanden, der Masse des Aufbaus, des Führerhauses, der Anhängevorrichtung und der Ersatzräder sowie des Werkzeugs.

3.1.5. „Masse des Fahrers“ bezeichnet eine Masse, die mit 75 kg am Sitzbezugspunkt des Fahrers veranschlagt wird. Im Rahmen der geltenden Regelung bezeichnet der Ausdruck „Masse zusätzlicher 0,5 Fahrgäste“ eine Masse von 37,5 kg.

3.1.6. „Tragfähigkeit eines Fahrzeugs“ bezeichnet die technisch zulässige Gesamtmasse im beladenen Zustand abzüglich der Masse in fahrbereitem Zustand, 25 kg und die Masse der Zusatzausrüstung.

3.1.7. „Zusatzausrüstung“ bezeichnet alle nicht in der Standardausrüstung enthaltenen Ausrüstungsteile, die unter der Verantwortung des Herstellers am Fahrzeug angebracht werden und vom Kunden bestellt werden können.

3.1.8. „Standardausrüstung“ bezeichnet die grundlegende Konfiguration eines Fahrzeugs, das mit allen Merkmalen ausgestattet ist, die nach den Rechtsakten der Vertragspartei vorgeschrieben sind, einschließlich aller Ausrüstungsteile, die eingebaut werden, ohne dass weitere Spezifikationen auf der Ebene der Konfiguration oder der Ausrüstung erforderlich sind.

3.1.9. „Prüfmasse des Fahrzeugs“ bezeichnet die Masse des Fahrzeugs in fahrbereitem Zustand, zuzüglich der Masse der an dem Fahrzeug, an dem die geprüfte Bremse montiert ist, angebrachten Zusatzausrüstung (in kg), zuzüglich:

a) 37,5 kg, was einer zusätzlichen Masse von 0,5 Fahrgästen bei Fahrzeugen der Klasse M_1 entspricht;

b) 25 kg zuzüglich 28 % der Tragfähigkeit des Fahrzeugs (MVL) bei Fahrzeugen der Klassen N_1 und N_2.

3.1.10. „Fahrwiderstände auf der Straße“ bezeichnet die gesamte Kraft oder Leistung, die erforderlich ist, um das Fahrzeug auf einer ebenen und glatten Fläche mit einer bestimmten Geschwindigkeit und Masse zu bewegen. Bei den Fahrwiderständen auf der Straße werden die Reibungsverluste der Kraftübertragung berücksichtigt. In dieser Regelung wird das Nennträgheitsmoment der Bremse um einen festen Prozentsatz von 13 % verringert, um den Fahrwiderständen auf der Straße bei der Emissionsprüfung mit reiner Reibungsbremsung Rechnung zu tragen.

3.1.11. „Dynamischer Reifenrollradius“ bezeichnet den Reifenradius, der den vom Reifenhersteller für die jeweilige Reifengröße angegebenen Umdrehungen pro Kilometer (oder Umdrehungen pro Meile) entspricht (in mm).

3.1.12. „Bremskraftverteilung“ bezeichnet das Verhältnis zwischen der Bremskraft jeder Achse und der Gesamtbremskraft, ausgedrückt in Prozent für jede Achse.

3.1.13. „Nennradlast“ bezeichnet die (gleichwertige) rotierende Masse als Funktion der Gesamtprüfmasse des Fahrzeugs, der geprüften Achse (vorne oder hinten) und der Verteilung der Bremsarbeit auf die beiden Achsen. Sie stellt die Last an der geprüften Bremsecke vor Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße dar.

3.1.14. „Prüfradlast“ bezeichnet die (gleichwertige) rotierende Masse als Funktion der Gesamtprüfmasse des Fahrzeugs, der geprüften Achse (vorne oder hinten) und der Verteilung der Bremsarbeit auf die beiden Achsen. Sie stellt die Last an der geprüften Bremsecke nach Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße dar. Wird auch als „aufgebrachte Radlast“ bezeichnet.

3.1.15. „Nennträgheitsmoment der Bremse“ bezeichnet das Trägheitsmoment der Nennradlast bei einem Trägheitsradius, der dem dynamischen Reifenrollradius entspricht, und das die gleiche kinetische Energie auf die Bremse überträgt wie beim tatsächlichen Fahrzeug, vor Abzug der Gesamtfahrwiderstände auf der Straße für das Fahrzeug.

3.1.16. „Prüfträgheitsmoment der Bremse“ bezeichnet das Trägheitsmoment der Prüfradlast bei einem Trägheitsradius, der dem dynamischen Reifenrollradius entspricht, und das die gleiche kinetische Energie auf die Bremse überträgt wie beim tatsächlichen Fahrzeug, nach Abzug der Gesamtfahrwiderstände auf der Straße für das Fahrzeug. Wird auch als „von der Bremse erzeugtes Trägheitsmoment“ bezeichnet.

3.1.17. „Bremsmoment“ bezeichnet das Produkt aus den Reibungskräften, die aus den tangentialen Betätigungskräften in einer Bremseinheit ergeben, und dem Abstand zwischen den Erzeugungspunkten dieser Reibungskräfte und der Drehachse. Das Bremsmoment ist eine Funktion der Fläche des Hydraulikkolbens, des scheinbaren Reibungskoeffizienten und des wirksamen Bremsradius der Bremsecke.

3.1.18. „Hydraulischer Druck“ bezeichnet den Nettodruck, der von der Bremse erzeugt wird, um die Klemmkraft zwischen der Bremse und dem Reibmaterial zu erzeugen. Der hydraulische Druck in Verbindung mit der Bremswirkung, dem Wirkungsgrad des Bremssattels oder der Bremstrommel, dem Schwellendruck und dem wirksamen Radius der Bremse ergibt das tatsächliche Bremsmoment.

3.1.19. „Schwellendruck“ bezeichnet den hydraulischen Mindestdruck, der erforderlich ist, um die inneren Reibungs- und Dichtungskräfte zu überwinden, den Kolben des Bremssattels oder den Radzylinder der Bremstrommel so zu bewegen, dass er die Bremsscheibe oder die Bremstrommel berührt, und das Bremsmoment auszulösen. Für Scheibenbremsen ist ein fester Wert von 100 kPa und für Trommelbremsen ein fester Wert von 350 kPa zu verwenden.

3.1.20. „Kolbendurchmesser“ bezeichnet den Durchmesser des Hydraulikkolbens/der Hydraulikkolben im Bremssattel- oder Radzylinder und dient zur Berechnung der Gesamtkolbenfläche. Wird auch als „Durchmesser des Hydraulikkolbens“ bezeichnet.

3.1.21. „Kolbenfläche“ bezeichnet die aktive Fläche aller Hydraulikkolben, die auf eine Seite des Bremssattel- oder Trommelbremszylinders wirken.

3.1.22. „Wirksamer Radius der Bremse“ bezeichnet bei einer Scheibenbremse den Abstand zwischen dem Drehpunkt und der Mittellinie des am Prüfgestell angebrachten Bremssattelkolbens. Bei Trommelbremsen entspricht der wirksame Radius der Hälfte des Innendurchmessers der Trommel.

3.1.23. „Bremswirkung“ bezeichnet das Verhältnis zwischen der gesamten Tangentialkraft und der Betätigungskraft zwischen den Bremsklötzen und der Bremsscheibe oder zwischen den Bremsbacken und der Bremstrommel. Der Wert für die Bremswirkung der geprüften Bremse ist eine Funktion des Bremsmoments, des hydraulischen Drucks, des wirksamen Bremsenradius und der Kolbenfläche. Die Bremswirkung ist ein rechnerisch ermittelter (mathematischer) Wert und nicht direkt messbar. Wird auch als „scheinbarer Reibungskoeffizient“ bei Scheibenbremsen und als „innerer Bremsfaktor“ bei Trommelbremsen bezeichnet.

3.1.24. „Verdrängung der Bremsflüssigkeit“ bezeichnet den vorübergehenden (volumetrischen) Verbrauch von Hydraulikflüssigkeit durch den Bremssattel oder den Radbremszylinder während eines Verzögerungsvorgangs zur Erzeugung der Betätigungskraft.

3.1.25. „Zeitmittelung“ bezeichnet das Mittelungsverfahren, das auf eine bestimmte Messgröße bei einem bestimmten Bremsvorgang angewandt wird. Der daraus resultierende Wert ergibt das gleiche Ergebnis wie die Integration zwischen zwei Instanzen (Schwellenwert und Ende der erreichten Stufe) geteilt durch die Dauer zwischen den entsprechenden Punkten.

3.1.26. „Streckenmittelung“ bezeichnet das Mittelungsverfahren für eine bestimmte Messgröße während eines Verzögerungsvorgangs, bei dem die Messfrequenz eine Einheit der rechnerisch ermittelten Strecke ist, die zwischen den Probenahmestellen zurückgelegt wurde. Der daraus resultierende Wert ergibt das gleiche Ergebnis wie die Integration zwischen zwei Instanzen (Schwellenwerte für Beginn und Ende) geteilt durch die in der entsprechenden Zeitspanne zurückgelegte (gefahrene) Strecke. Bei der Prüfung auf dem Prüfstand wird die Integration der Strecke anhand der Differenz zwischen der Bremsgeschwindigkeit und der verstrichenen Zeit berechnet.

3.1.27. „Messfrequenz“ bezeichnet die Frequenz, mit der das Automatisierungssystem verschiedene Parameter misst. Sie gibt die Anzahl der Vorgänge an, die innerhalb einer Sekunde für jeden Parameter gemessen werden.

3.1.28. „Hohe Messfrequenz“ bedeutet, dass die Messfrequenz des Datenerfassungssystems 250 Hz oder mehr beträgt. Eine „hohe Messfrequenz“ betrifft die Messkanäle des Prüfstands.

3.1.29. „Niedrige Messfrequenz“ bedeutet, dass die Messfrequenz des Datenerfassungssystems höchstens 10 Hz beträgt.

3.1.30. „Rollenprüfstand“ bezeichnet ein technisches System, das ein Fahrprogramm für ein Gesamtfahrzeug entsprechend den Anforderungen der UN-Regelung Nr. 154 vorgibt und steuert.

3.2. Prüfanordnung

3.2.1. „Bremsenprüfstand“ bezeichnet ein technisches System, das die mechanische und elektrische Arbeit der geprüften Bremse während des Betriebs mit einem vorprogrammierten Prüfverfahren vorgibt, steuert und aufzeichnet.

3.2.2. „Drehmomentmesssensor“ bezeichnet die elektromechanische Einrichtung, die die auf die Bremseinheit einwirkende Torsionskraft in die gleichwertige Bremsleistung umwandelt. Das gleichwertige Drehmoment ergibt sich aus der Winkelverzögerung und dem wirksamen Trägheitsmoment der Bremse.

3.2.3. „Servo-Regelung“ bezeichnet ein System zur Regelung des Bremsmoments oder des hydraulischen Drucks auf den vorgesehenen (Soll-)Wert. Die Servo-Regelung stellt auch den Algorithmus zur Steuerung der Aufhebung des Bremsmoments oder -drucks am Ende des Verzögerungsvorgangs bereit.

3.2.4. „Drucksensor“ im Sinne des Anhangs 5 dieser Regelung bezeichnet eine elektromechanische Einrichtung, die mit dem Bremsflüssigkeitskreislauf nahe dem Bremssystem verbunden ist und ein Signal abgibt, das dem Bremsdruck an der entsprechenden Bremsecke entspricht.

3.2.5. „Verhältnis zwischen Bremsmoment und Bremsdruck“ bezeichnet einen konstanten Wert, der den Bremsdruck in das Bremsmoment einer Reibungsbremse umrechnet.

3.2.6. „Verhältnis zwischen Bremsmoment und elektrischer Leistung“ ist eine Übertragungsfunktion, die die gemessene elektrische Leistung in das Bremsmoment einer elektromechanischen Reibungsbremse umrechnet.

3.2.7. „Klimatisierungseinheit“ bezeichnet das Luftaufbereitungssystem, das saubere, klimatisierte und geregelte Kühlluft in die Beförderungsleitung und den Bremsenprüfraum strömen lässt.

3.2.8. „Kühlluft“ bezeichnet die saubere, klimatisierte und geregelte Luft, die der Bremseinheit durch die Klimatisierungseinheit über die Leitungen wie für die Prüfung vorgeschrieben und in dieser Regelung beschrieben zugeführt wird.

3.2.9. „Temperatur der Kühlluft“ bezeichnet die vor dem Bremsenprüfraum gemessene Temperatur des Kühlluftstroms.

3.2.10. „Relative Feuchtigkeit der Kühlluft“ bezeichnet die im Kühlluftstrom vorhandene Wasserdampfmenge, ausgedrückt als Prozentsatz der für die Sättigung bei gleicher Temperatur erforderlichen Menge. Sie wird vor dem Bremsenprüfraum gemessen.

3.2.11. „Spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft“ bezeichnet die Wassermenge in Gramm, die in einem Kilogramm trockener Luft vorhanden ist. Sie wird vor dem Bremsenprüfraum gemessen.

3.2.12. „Geschwindigkeit des Kühlluftstroms“ bezeichnet die in Echtzeit gemessene durchschnittliche Geschwindigkeit des Kühlluftstroms in einer geraden Leitung mit konstanter Form und Querschnittsfläche.

3.2.13. „Kühlluftstrom“ bezeichnet den durchschnittlichen Kühlluftstrom, der der Bremseinheit zugeführt wird.

3.2.14. „Maximaler Betriebsdurchsatz“ bezeichnet den maximalen Kühlluftstrom, den das System erreichen kann, während es alle in dieser Regelung festgelegten einschlägigen Anforderungen an die Klimatisierung und Messung der Kühlluft erfüllt.

3.2.15. „Mindest-Betriebsdurchsatz“ bezeichnet den minimalen Kühlluftstrom, den das System erreichen kann, während es alle in dieser Regelung festgelegten einschlägigen Anforderungen an die Klimatisierung und Messung der Kühlluft erfüllt.

3.2.16. „Bremsenprüfraum“ bezeichnet eine aerodynamische Kammer, durch die die Kühlluft an einem Ende eintritt und am anderen Ende austritt. Es handelt sich um eine luftdichte Kammer, die verhindert, dass nicht aufbereitete Luft eintritt und sich mit der Kühlluft vermischt, die um die Bremseinheit strömt. Der Bremsenprüfraum umschließt die Bremseinheit.

3.2.17. „Probenahmetunnel“ bezeichnet eine starre Leitung, die den Bremsenprüfraum mit der Probenahmeebene verbindet. Er stellt den Teil des Tunnels dar, in dem sich die in dem Bremsenprüfraum ausgestoßenen Bremspartikel zu den Probenahme- und Messgeräten bewegen.

3.3. Bauteile der Bremse

3.3.1. „Geprüfte Bremse“ bezeichnet die Reibungsbremsanlage und die zugehörigen Fahrzeugparameter, die von der Prüfeinrichtung zur Messung der Bremspartikelemissionen gemäß dieser Regelung verwendet werden. Zu den Fahrzeugparametern gehören die Parameter der Karosserie, des Antriebs und anderer Systeme, die zur Berechnung des Anteils der Reibungsbremsung erforderlich sind.

3.3.2. „Bremseinheit“ bezeichnet bei Scheibenbremsen den Satz zueinander passender Bremsscheiben, Bremsklötze, Bremssattel und zugehöriger Teile (zum Einbau, zur Sicherung und zum Anbringen der Bremseinheit an der Bremsenaufnahme und am Prüfstand) für ein bestimmtes Fahrzeug und eine bestimmte Achsauslegung. Bei Trommelbremsen umfassen die Bauteile die Bremstrommel, die Bremsbacken, die Grundplatte und die zugehörigen Teile (zum Einbau, zur Sicherung und zum Anbringen der Bremseinheit an der Bremsenaufnahme und am Prüfstand) für ein bestimmtes Fahrzeug und eine bestimmte Achsauslegung. Die Bremseinheit wird an einer Bremsenaufnahme angebracht, die an den Bremsenprüfstand angepasst und angeschlossen wird.

3.3.3. „Betriebsbremse“ bezeichnet das (Reibungs- oder Nicht-Reibungs-)Bremssystem, das es dem Fahrer ermöglicht, die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs bei normaler Fahrt direkt oder indirekt und abgestuft zu steuern oder das Fahrzeug zum Halten (Stillstand) zu bringen.

3.3.4. „Reine Reibungsbremse“ bezeichnet eine an einem Fahrzeug angebrachte Betriebsbremse, bei der nur die Reibung zwischen einer Bremsscheibe oder -trommel und dem Gegenreibmaterial verwendet wird.

3.3.5. „Bremsenaufnahme“ bezeichnet eine mechanische Einrichtung oder Vorrichtung zum Anbringen der Bremseinheit durch Verbindung des Reitstocks (nicht rotierende Fläche) mit der Prüfstandrolle (rotierend). Die Reitstockseite (nicht rotierende Fläche) nimmt das Bremsmoment und die damit verbundenen Tangentialkräfte auf. Die rotierende Rolle überträgt die kinetische Energie des Prüfträgheitsmoments der Bremse auf die Bremseinheit.

3.3.6. „Universelle Aufnahme“ bezeichnet eine zylindrische und symmetrische Bremsenaufnahme ohne zusätzliche Erweiterungen oder Überstände, die nicht zur Anbringung der Bremseinheit erforderlich sind. Die Anlage schließt keine Radnabe ein.

3.3.7. „Postmount-Aufnahme“ bezeichnet ein Prüfgestell, bei dem anstelle des Achsschenkels des Fahrzeugs runde und starre Rohre und Adapter zur Anbringung der Bremseinheit verwendet werden. Zur Vervollständigung der Anlage wird eine Radnabe angebracht.

3.3.8. „Bremssattel“ bezeichnet eine mechanische Einrichtung, die die Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer in eine Klemmkraft auf die Bremsklötze umsetzt, um ein Bremsmoment zu erzeugen.

3.3.9. „Bremsscheibe“ bezeichnet eine rotierende, verschleißende Einrichtung einer Scheibenbremse, gegen die die Bremsklötze im Bremssattel gepresst werden. Diese Einrichtung dient als primäre Vorrichtung für die Wärmeaufnahme und -ableitung, da die Bremsecke die kinetische Energie des Fahrzeugs in Wärme umwandelt.

3.3.10. „Scheibe aus Gusseisen“ bezeichnet eine aus Grauguss hergestellte Bremsscheibe mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 2,8 % und 4,0 %.

3.3.11. „Beschichtete Scheibe aus Gusseisen“ bezeichnet eine Bremsscheibe, deren Grundkörper aus Grauguss besteht und deren Reibring mit einem abriebfesten Material beschichtet ist.

3.3.12. „Kohlenstoff-Keramik-Scheibe“ bezeichnet eine Bremsscheibe aus kohlenstofffaserverstärktem Keramikmatrix-material mit oder ohne keramische Reibschicht.

3.3.13. „Bremsklotz“ bezeichnet eine verschleißende Einrichtung, die am Bremssattel angebracht wird und aus einer Struktur- (Metall-)Druckplatte und einem Element aus Reibmaterial besteht. Die Bremsklötze werden gegen die Bremsscheibe gepresst, wodurch eine verzögernde Reibungskraft und damit das Bremsmoment erzeugt wird.

3.3.14. „Bremstrommel“ bezeichnet einen rotierenden, verschleißenden Mechanismus einer Trommelbremse, gegen den der Radbremszylinder die Bremsbacken presst. Diese Einrichtung dient als primäre Vorrichtung für die Wärmeaufnahme und -ableitung, da die Bremsecke die kinetische Energie des Fahrzeugs in Wärme umwandelt.

3.3.15. „Bremsbacke“ bezeichnet eine verschleißende Einrichtung, die aus einem gewölbten Klotz aus Strukturmetall und (geklebtem oder genietetem) Reibmaterial besteht. Die Bremsbacke wird gegen die Trommel gepresst, um Reibung und somit das Bremsmoment zu erzeugen. Wird auch als „Trommelbremsbelag“ bezeichnet.

3.3.16. „Kenncode des Reibmaterials“ bezeichnet den eindeutigen Code, der mindestens die Fabrik- oder Handelsmarke des Bremsklotz-/Bremsbackenherstellers und eine Kennnummer, die sich eindeutig auf die Formulierung des Reibmaterials bezieht, enthält.

3.3.17. „Kenncode der Scheibe oder Trommel“ bezeichnet den vom Hersteller zur Identifizierung der betreffenden Scheibe oder Trommel angebrachten eindeutigen Code.

3.3.18. „Original-Bremsenteile“ bezeichnet einen Original-Bremsklotz oder eine Original-Bremsklotzeinheit oder einen Original-Trommelbremsbelag, eine Original-Bremstrommel oder eine Original-Bremsscheibe.

3.3.18.1. „Original-Bremsklotz“ bezeichnet einen Bremsklotztyp, der in der Dokumentation für die Fahrzeug-Typgenehmigung gemäß UN-Regelung Nr. 13, Nr. 13-H oder Nr. 78 angegeben ist.

3.3.18.2. „Original-Trommelbremsbelag“ bezeichnet einen Trommelbremsbelag, der den Angaben in der Dokumentation über die Genehmigung für einen Fahrzeugtyp entspricht.

3.3.18.3. „Original-Bremsscheibe“ bezeichnet eine Bremsscheibe, die in die Typgenehmigung des Bremssystems des Fahrzeugs gemäß UN-Regelung Nr. 13, Nr. 13-H oder Nr. 78 einbezogen ist.

3.3.18.4. „Original-Bremstrommel“ bezeichnet eine Bremstrommel, die in der Typgenehmigung des Bremssystems gemäß UN-Regelung Nr. 13, Nr. 13-H oder Nr. 78 einbezogen ist.

3.3.19. Reserviert

3.3.20. „Ersatz-Bremsenteile“ bezeichnet einen Typ einer Ersatz-Bremsklotzeinheit, einen Typ eines Ersatz-Trommelbremsbelags, eine Ersatz-Bremstrommel oder eine Ersatz-Bremsscheibe.

3.3.20.1. „Original-Ersatz-Bremsklotz“ bezeichnet einen Original-Bremsklotz, der zur Wartung des Fahrzeugs bestimmt ist und einen Kenncode trägt, der unauslöschlich und deutlich lesbar angebracht ist.

3.3.20.2. Reserviert

3.3.20.3. „Original-Ersatz-Trommelbremsbelag“ bezeichnet einen Original-Bremstrommelbelag, der zur Wartung des Fahrzeugs bestimmt ist und einen Kenncode trägt, der unauslöschlich und deutlich lesbar angebracht ist.

3.3.20.4. Reserviert

3.3.20.5. „Original-Ersatz-Bremsscheibe“ bezeichnet eine Original-Bremsscheibe, die zur Wartung des Fahrzeugs bestimmt ist und einen Kenncode trägt, der unauslöschlich und deutlich lesbar angebracht ist.

3.3.20.6. Reserviert

3.3.20.7. „Original-Ersatz-Bremstrommel“ bezeichnet eine Original-Bremstrommel, die zur Wartung des Fahrzeugs bestimmt ist und einen Kenncode trägt, der unauslöschlich und deutlich lesbar angebracht ist.

3.3.20.8. Reserviert

3.3.20.9. „Kenncode“ bezeichnet ein Identifizierungsmerkmal der Bremsscheiben oder Bremstrommeln, die in die Genehmigung des Bremssystems gemäß UN-Regelung Nr. 13 und Nr. 13-H einbezogen sind. Er enthält mindestens den Fabrik- oder Handelsnamen und eine Kennnummer.

3.3.21. „Passive Bremsfiltersysteme“ bezeichnet die Teile, die zusätzlich zum Hauptbremssystem angebracht werden, um die durch die Reibung zwischen der Bremsscheibe und den Bremsklötzen entstandenen Bremsstaubpartikel aufzufangen. Das Bremsfiltersystem benötigt für seine Verwendung keine zusätzliche Energie.

3.3.22. „Aktive Bremsfiltersysteme“ bezeichnet Bauteile, die mit dem Hauptbremssystem verbunden sind, um die durch die Reibung zwischen der Bremsscheibe und den Bremsklötzen entstandenen Bremsstaubpartikel aufzufangen. Das Bremsfiltersystem benötigt für seine Verwendung im Fahrzeug und auf dem Bremsenprüfstand zusätzliche Energie.

3.3.23. „Seitenschlag“ bezeichnet die gesamte seitliche Verschiebung eines Punkts, der entweder 10 mm radial nach außen von der Mittellinie der äußeren Bremsfläche der Bremsscheibe gerichtet ist, oder die gesamte radiale Verschiebung eines Punkts, der sich auf der Mittellinie der inneren Reibfläche der Bremstrommel befindet, während einer vollständigen Umdrehung.

3.3.24. „Lüftspiel“ bezeichnet den axialen Abstand zwischen der Bremsfläche der Bremsscheibe und dem Bremsklotz während einer vollständigen Umdrehung bei gelöster Bremse. Bei Trommelbremsen entspricht dies dem Radialabstand zwischen dem Innendurchmesser der Trommel und der Bremsbacke.

3.3.25. „Schleppmoment der Bremse“ bezeichnet das Restbremsmoment bzw. den Rotationswiderstand, der nach dem Lösen der Bremse im Bremssystem verbleibt.

3.3.26. „Gemessenes Schleppmoment der Bremse“ bezeichnet das zeitgemittelte Schleppmoment, das nach dem in dieser Regelung festgelegten Messverfahren ermittelt wird.

3.3.27. „Materialformulierung einer Scheibe oder Trommel“ bezeichnet das Produkt aus chemischer Zusammensetzung, Mikrostruktur und mechanischen Eigenschaften.

3.3.28. „Materialformulierung eines Bremsbelags oder Bremsklotzes“ bezeichnet das Produkt einer spezifischen Mischung von Werkstoffen sowie von Produktionsverfahren, die zusammen die Eigenschaften eines Bremsbelags bestimmen.

3.4. WLTP-Bremszyklus

3.4.1. „Fahrzyklus“ bezeichnet eine Reihe von Datenpunkten, die die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs in Abhängigkeit von der Zeit darstellen. Der Fahrzyklus besteht aus einzelnen Fahrten, und jede Fahrt besteht aus einer Reihe separater und aufeinanderfolgender Vorgänge. Zu diesen Vorgängen gehören Stillstand, Beschleunigung, konstante Fahrt und Verzögerung.

3.4.2. „WLTP-Bremszyklus“ bezeichnet den von der Fahrzeugaktivität gemäß der Worldwide Light Vehicle Test Procedure (WLTP)-Datenbank abgeleiteten Fahrzyklus mit einer Gesamtdauer von 15 826 Sekunden zuzüglich der Abkühlabschnitte zwischen den Fahrten. Der Zyklus umfasst zehn Fahrten und 303 Verzögerungsvorgänge.

3.4.3. „Bremsemissionsprüfung“ bezeichnet eine Abfolge von drei Abschnitten (Einstellung der Kühlluft, Einfahren und Messung der Bremsemissionen) zur Bestimmung der Partikelemissionen der geprüften Bremse.

3.4.4. „Einstellung der Kühlluft“ bezeichnet den Abschnitt, in dem in Bezug auf die geprüfte Bremse ein Verfahren durchgeführt wird, um den geeigneten Kühlluftstrom für die Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsmessung“ zu bestimmen. Wird auch als „Abschnitt ‚Einstellung der Kühlung‘“ bezeichnet.

3.4.5. „Einfahren“ bezeichnet den Abschnitt, der eine Abfolge von Bremsvorgängen umfasst, mit denen eine stabile Übertragungsschicht, eine stabile Bremswirkung und ein stabiles Bremsemissionsverhalten erreicht werden sollen, bevor der Abschnitt „Messung der Bremsemissionen“ durchgeführt wird. Wird auch als „Einfahrverfahren“ oder „Abschnitt ‚Einfahren‘“ bezeichnet.

3.4.6. „Messung der Bremsemissionen“ bezeichnet den Abschnitt der Bremsemissionsprüfung, in dem die PM- und PN-Emissionen durch Probenahme gemessen werden. Wird auch als „Abschnitt ‚Emissionsmessung‘“ bezeichnet.

3.4.7. „Bremsbeschleunigungsvorgang“ bezeichnet eine messbare Zeitspanne, in der die lineare Geschwindigkeit mit einer bekannten Geschwindigkeit auf einen vorher festgelegten Sollwert ansteigt. Dieses Ereignis geht immer einem Vorgang „konstante Fahrt“ oder „Bremsverzögerung“ voraus.

3.4.8. „Vorgang ‚konstante Fahrt‘“ bezeichnet eine messbare Zeitspanne, in der die lineare Geschwindigkeit (ungleich null) konstant ist.

3.4.9. „Vorgang ‚Stillstand‘“ bezeichnet eine messbare und vorhersehbare Bremspause bei einer Geschwindigkeit von 0 während des Zyklus.

3.4.10. „Vorgang ‚Nennbremsverzögerung'" bezeichnet eine messbare Zeitspanne, in der die lineare Nenngeschwindigkeit während des Zyklus mit einer bekannten Geschwindigkeit auf eine vorher festgelegte Lösegeschwindigkeit sinkt. Der Vorgang „Nennbremsverzögerung" wird anhand des Signals der hohen linearen Nenngeschwindigkeit gemäß Anhang 4 Absatz 9.4.3 Buchstabe h bestimmt.

3.4.11. „Vorgang ‚tatsächliche Bremsverzögerung'" bezeichnet eine messbare Zeitspanne, in der die lineare Geschwindigkeit während des Zyklus mit einer bekannten Geschwindigkeit auf eine vorher festgelegte Lösegeschwindigkeit sinkt. Der Vorgang „tatsächliche Bremsverzögerung" wird anhand des Signals des hohen tatsächlichen Drehmoments gemäß Anhang 4 Absatz 13.1 bestimmt.

3.4.12. „Verzögerung" bezeichnet die gesamte Verringerung der linearen Geschwindigkeit des Fahrzeugs, die durch die Betätigung der Betriebsbremse, die Fahrwiderstände auf der Straße und das Nichtreibungsdrehmoment der elektrischen Maschine ausgelöst wird.

3.4.13. „Stillstand" ist der Oberbegriff für einen Bremsverzögerungsvorgang, der das Fahrzeug zum Halten oder Stillstand bringt.

3.4.14. „Abbremsen" ist der Oberbegriff für einen Bremsverzögerungsvorgang, bei dem die Fahrzeuggeschwindigkeit auf einen Wert ungleich null verringert wird.

3.4.15. „Abkühlabschnitt" bezeichnet den Abschnitt zwischen den Fahrten, in dem sich die Bremse bei niedriger Geschwindigkeit (etwa fünf oder weniger Umdrehungen pro Minute) dreht, bis die Bremse abgekühlt ist und die Anfangstemperatur der Bremse den vordefinierten Wert für den Beginn der nächsten Fahrt im Zyklus erreicht hat.

3.4.16. „Tatsächliche Anfangsgeschwindigkeit" bezeichnet die Geschwindigkeit des Fahrzeugs zum tatsächlichen Beginn eines Bremsverzögerungsvorgangs. Sie wird bei der Datenauswertung durch Mittelung des Werts der hohen tatsächlichen linearen Geschwindigkeit 1,0 s bis 0,5 s vor Beginn des Vorgangs „tatsächliche Bremsverzögerung" bestimmt.

3.4.17. „Tatsächliche Lösegeschwindigkeit" bezeichnet die Geschwindigkeit des Fahrzeugs nach dem tatsächlichen Ende eines Bremsverzögerungsvorgangs. Sie wird bei der Datenauswertung durch Mittelung des Werts der hohen tatsächlichen linearen Geschwindigkeit 0,5 s bis 1,0 s nach dem Ende des Vorgangs „tatsächliche Bremsverzögerung" bestimmt.

3.4.18. „Lineare Nenngeschwindigkeit" bezeichnet die Ziel- (oder Soll-)Geschwindigkeit des Fahrzeugs zum Zeitpunkt i im WLTP-Bremszyklus.

3.4.19. „Tatsächliche lineare Geschwindigkeit" bezeichnet die lineare Geschwindigkeit des Fahrzeugs zum Zeitpunkt i während der Durchführung des Prüfzyklus. Wird auch als „gemessene Geschwindigkeit" bezeichnet.

3.4.20. „Sollgeschwindigkeit" entspricht dem Sollwert der Fahrzeuggeschwindigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt der Prüfung.

3.4.21. „Geschwindigkeitsbezogene Abweichung" bezeichnet jeden Fall, in dem die tatsächliche Prüfstandgeschwindigkeit während des WLTP-Bremszyklus die in dieser Regelung vorgeschriebenen Geschwindigkeitstoleranzen überschreitet.

3.4.22. „Anfangstemperatur der Bremse" bezeichnet die Gesamttemperatur der Bremsscheibe oder Bremstrommel zu Beginn eines bestimmten Bremsvorgangs während des WLTP-Bremszyklus. Sie wird bei der Datenauswertung durch Mittelung der tatsächlichen Temperatur der Bremse 1,0 s bis 0,5 s vor Beginn des Vorgangs „tatsächliche Bremsverzögerung" bestimmt.

3.4.23. „Endtemperatur der Bremse" bezeichnet die Gesamttemperatur der Bremsscheibe oder Bremstrommel am Ende eines bestimmten Bremsvorgangs während des WLTP-Bremszyklus. Sie wird bei der Datenauswertung durch Mittelung des Werts der tatsächlichen Temperatur der Bremse 0,5 s bis 1,0 s nach dem Ende des Vorgangs „tatsächliche Bremsverzögerung" bestimmt.

3.4.24. „Durchschnittstemperatur der Bremse" bezeichnet den Mittelwert der zeitaufgelösten Temperatur der Bremsscheibe oder Bremstrommel in einer vorher festgelegten Zeitspanne.

3.4.25. „Spitzentemperatur der Bremse“ bezeichnet die höchste Temperatur der Bremsscheibe oder -trommel, die bei einem bestimmten Bremsvorgang gemessen wurde. Sie wird bei der Datenauswertung als Höchstwert der tatsächlichen Temperatur der Bremse bei einem bestimmten Vorgang „tatsächliche Bremsverzögerung“ bestimmt.

3.5. PM- und PN-Messung

3.5.1. Der Begriff „Partikel“ wird gewöhnlich für die in der Luft festgestellten (gemessenen) Masseteilchen (schwebende Masse) und der Begriff „Partikelmasse“ für die abgelagerten Masseteilchen verwendet.

3.5.2. „Partikelzahlemissionen“ bezeichnet die Zahl der Partikel, die von der geprüften Bremse emittiert werden; sie werden anhand der in dieser Regelung beschriebenen Methoden der Verdünnung, Stichprobennahme und Messung quantifiziert.

3.5.3. Reserviert.

3.5.4. Reserviert.

3.5.5. „Feststoff-Partikelzahlemissionen“ bezeichnet die Zahl der festen Partikel, die von der geprüften Bremse emittiert werden.

3.5.6. „SPN10“ bezeichnet die Zahl der festen Partikel mit einer nominalen Partikelgröße, die einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von etwa 10 nm entspricht, und die von der geprüften Bremse emittiert werden; sie wird anhand der in dieser Regelung beschriebenen Methoden der Verdünnung, Stichprobennahme und Messung quantifiziert.

3.5.7. „Partikelmasse- (PM-)Emissionen“ bezeichnet die Masse jeglicher Partikel, die von der geprüften Bremse emittiert werden; sie werden anhand der in dieser Regelung beschriebenen Methoden der Verdünnung, Stichprobennahme und Messung quantifiziert.

3.5.8. „$PM_{2,5}$-Emissionen“ bezeichnet PM mit einem aerodynamischen Durchmesser von etwa 2,5 µm oder weniger.

3.5.9. „PM_{10}-Emissionen“ bezeichnet PM mit einem aerodynamischen Durchmesser von etwa 10 µm oder weniger.

3.5.10. „Probenahmeebene“ bezeichnet die feste Ebene (senkrecht zur Achse des Probenahmetunnels), auf der sich die Einlassöffnungen der Probenahmedüsen befinden.

3.5.11. „Probenahmesonde“ bezeichnet ein dünnwandiges Rohr aus nichtrostendem Stahl, das dazu dient, einen repräsentativen Teil des Aerosols aus dem Probenahmetunnel zu entnehmen und in das Messsystem zu leiten.

3.5.12. „Probenahmedüse“ bezeichnet einen dünnwandigen Zylinder aus nichtrostendem Stahl mit einem Trennblech an der Spitze, der an der Einlassöffnung einer Probenahmesonde angebracht wird und dazu dient, isokinetisch Aerosole aus dem Probenahmetunnel zu entnehmen.

3.5.13. „Spitze der Probenahmedüse“ bezeichnet den vorgelagerten Querschnitt der Probenahmedüse, an dem das Aerosol in die Probenahmedüse eintritt.

3.5.14. „PM-Probenahmesystem“ bezeichnet die verschiedenen Elemente, die die Aerosole nach ihrem Eintritt durch die Spitze der Probenahmedüse passieren. Es umfasst – in Strömungsrichtung – die PM-Probenahmedüse, die PM-Probenahmesonde, die PM-Abscheidevorrichtung, die PM-Probenahmeleitung und den Filterhalter.

3.5.15. „PM-Abscheidevorrichtung“ bezeichnet eine Vorrichtung, die den relevanten Teil der Partikelmasse gemäß den Spezifikationen dieser Regelung vom Aerosol trennt.

3.5.16. „Abscheidegrad“ bezeichnet das Verhältnis der von der Abscheidevorrichtung abgeschiedenen Partikel zu den insgesamt in die Abscheidevorrichtung gelangten Partikeln mit einem bestimmten aerodynamischen Durchmesser.

3.5.17. „PM-Probenahmeleitung“ bezeichnet die starre oder flexible Rohrleitung, die den Auslass der PM-Abscheidevorrichtung mit dem Einlass des Filterhalters verbindet.

3.5.18. „Filterhalter“ bezeichnet eine Einrichtung, die das Abscheiden von PM über Filter gemäß den Spezifikationen dieser Regelung ermöglicht.

3.5.19. „PN-Probenahmesystem“ bezeichnet die verschiedenen Elemente, die die Aerosole nach ihrem Eintritt durch die Spitze der Probenahmedüse passieren. Es umfasst – in Strömungsrichtung – die PN-Probenahmedüse, die PN-Probenahmesonde, den PN-Vorklassierer, das Partikelübertragungsrohr, ggf. die Stromteilungseinrichtung und das PN-Messsystem.

3.5.20. „Partikelübertragungsrohr“ bezeichnet die Schlauchleitung, die den Auslass der PN-Probenahmesonde mit dem Einlass des PN-Vorklassierers verbindet. Wenn der PN-Vorklassierer direkt mit dem Auslass der PN-Probenahmesonde verbunden ist, bezeichnet der Ausdruck „Partikelübertragungsrohr“ die Schlauchleitung, die den Auslass des PN-Vorklassierers mit dem Einlass des PN-Messsystems verbindet.

3.5.21. „PN-Messsystem“ bezeichnet das System, mit dem die Partikelzahlkonzentrationen gemäß dieser Regelung bestimmt werden können. Es umfasst das Probenaufbereitungssystem, die inneren PN-Übertragungsleitungen und den Partikelzähler.

3.5.22. „Probenaufbereitungssystem“ bezeichnet die Teile des PN-Messsystems, die das Aerosol verdünnen und aufbereiten, das dem Partikelzähler zur Bestimmung der SPN10 zuzuführen ist.

3.5.23. „Partikelzähler“ bezeichnet eine Einrichtung zur Bestimmung der Partikelzahlkonzentration gemäß den Spezifikationen dieser Regelung.

3.5.24. „Standardbedingungen“ bezeichnet einen Druck von 101,325 kPa und eine Temperatur von 273,15 K.

3.5.25. „Isokinetisches Verhältnis“ bezeichnet das Verhältnis der Geschwindigkeit des Luftstroms in der PM- oder PN-Probenahmedüse zur Geschwindigkeit des Luftstroms im Probenahmetunnel.

3.5.26. „Hintergrundemissionen“ bezeichnet die Messung von Partikelzahlkonzentrationen mit denselben Messgeräten wie bei der Emissionsprüfung, wenn das Klimatisierungssystem und die Kühlluft des Prüfstands unter den Prüfbedingungen betrieben werden, ohne dass das Ergebnis durch Bremsbetätigung oder Bremsrotation beeinflusst wird.

3.6. Prüfsystem

3.6.1. „Kalibrierung“ bezeichnet den Vorgang, bei dem das Ansprechverhalten eines Messsystems so eingestellt wird, dass seine Messergebnisse einem Bezugswert entsprechen.

3.6.2. „Größere Wartungsarbeiten“ bezeichnet die Einstellung, die Reparatur oder den Ersatz eines Bauteils oder einer Baugruppe, wodurch die Messgenauigkeit beeinflusst werden könnte.

3.6.3. „Bezugswert“ bezeichnet einen auf eine nationale oder internationale Norm rückverfolgbaren Wert.

3.6.4. „Sollwert“ bezeichnet den Zielwert, den ein Kontrollsystem erreichen soll.

3.6.5. „Überprüfung“ bezeichnet den Vorgang, mit dem bewertet wird, ob die Ausgabewerte eines Messsystems innerhalb einer oder mehrerer zuvor festgelegter Anerkennungsschwellen mit angewendeten Bezugswerten übereinstimmen.

3.6.6. „Ansprechzeit“ bezeichnet den Zeitabstand zwischen der Änderung der Messgröße am Referenzpunkt und der Reaktion des Messsystems mit 90 % der Endablesung (t_{90}), wobei der Einlass der Probenahmedüse als Referenzpunkt definiert ist, die Veränderung der Messgröße mindestens 60 % des Skalenendwerts (FS) beträgt und innerhalb von weniger als 0,1 Sekunden erreicht wird. Die Ansprechzeit setzt sich zusammen aus der Ansprechverzögerung und der Anstiegszeit des Systems.

3.6.7. „Abfallzeit“ bezeichnet den Zeitabstand zwischen t_{90} und t_{10}, wobei die Änderung der Messgröße am Referenzpunkt von 90 % des Ausgangswerts auf 10 % des Ausgangswerts fällt, wenn die Veränderung des eingestellten Signals innerhalb von weniger als 0,1 Sekunden erreicht wird.

3.6.8. „Drift“ bezeichnet die Veränderung des gemessenen Signals über einen bestimmten Zeitraum für einen bestimmten Sollwert aufgrund von Einflüssen wie Temperatur, Druck, Spannung, Strom usw.

3.6.9. „Genauigkeit“ bezeichnet die Abweichung eines gemessenen Werts von einem auf eine nationale Norm rückverfolgbaren Bezugswert und beschreibt gleichzeitig die Richtigkeit eines Ergebnisses.

3.6.10. „Präzision“ bezeichnet den Grad des Auftretens gleicher Ergebnisse bei wiederholten Messungen unter unveränderten Bedingungen. In dieser Regelung bezieht sich der Begriff stets auf eine Standardabweichung.

3.7. Nicht-Reibungsbremsung

3.7.1. „Reibungsbremsung“ im Sinne dieser Regelung bezeichnet das Abbremsen des Fahrzeugs durch Verwendung eines Reibungsbremssystems, bei dem die Bremskräfte durch Reibung zwischen zwei sich gegeneinander bewegenden Teilen des Fahrzeugs erzeugt werden.

3.7.2. „Nicht-Reibungsbremsung“ im Sinne dieser Regelung bezeichnet das Abbremsen des Fahrzeugs auch mit anderen technischen Mitteln, ohne ausschließliche Verwendung des Reibungsbremssystems, z. B. durch Nutzbremsung. Sie betrifft Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb und Hybridelektrofahrzeuge mit einer Nennspannung des Antriebs-REESS von mehr als 12 V.

3.7.3. „Reine Reibungsbremsung“ im Sinne dieser Regelung bezeichnet das Abbremsen des Fahrzeugs durch ausschließliche Verwendung eines Reibungsbremssystems.

3.7.4. „Elektrische Maschine“ bezeichnet einen Energiewandler, der elektrische in mechanische Energie und umgekehrt umwandelt.

3.7.5. „Art des Antriebsenergiewandlers“ bezeichnet i) einen Verbrennungsmotor oder ii) eine elektrische Maschine.

3.7.6. „Hybridelektrofahrzeug“ oder „HEV“ (Hybrid Electric Vehicle) bezeichnet ein Hybridfahrzeug, bei dem einer der Antriebsenergiewandler eine elektrische Maschine ist.

3.7.7. „Hybridfahrzeug“ bezeichnet ein Fahrzeug, das mit einem Antriebsstrang ausgerüstet ist, der mindestens zwei verschiedene Arten von Antriebsenergiewandlern und mindestens zwei verschiedene Arten von Antriebsenergiespeichersystemen enthält.

3.7.8. „Nicht extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug“ oder „NOVC-HEV“ (Not Off-Vehicle Charging Hybrid Electric Vehicle) bezeichnet ein Hybridelektrofahrzeug, das nicht durch eine externe Quelle aufgeladen werden kann. In dieser Regelung werden NOVC-HEV anhand der Nennspannung ihres Antriebs-REESS in „NOVC-HEV Kategorie 0“, „NOVC-HEV Kategorie 1“ und „NOVC-HEV Kategorie 2“ eingestuft.

3.7.8.1. „Nicht extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug der Kategorie 0“ (NOVC-HEV Kategorie 0) bezeichnet ein Hybridelektrofahrzeug mit einem Antriebs-REESS mit einer Nennspannung von mehr als 12 V und höchstens 20 V, das nicht durch eine externe Quelle aufgeladen werden kann.

3.7.8.2. „Nicht extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug der Kategorie 1“ (NOVC-HEV Kategorie 1) bezeichnet ein Hybridelektrofahrzeug mit einem Antriebs-REESS mit einer Nennspannung von mehr als 20 V und höchstens 60 V, das nicht durch eine externe Quelle aufgeladen werden kann.

3.7.8.3. „Nicht extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug der Kategorie 2“ (NOVC-HEV Kat. 2) bezeichnet ein Hybridelektrofahrzeug mit einem Antriebs-REESS mit einer Nennspannung von mehr als 60 V, das nicht durch eine externe Quelle aufgeladen werden kann.

3.7.9. „Extern aufladbares Hybridelektrofahrzeug“ oder „OVC-HEV“ (Off-Vehicle Charging Hybrid Electric Vehicle) bezeichnet ein Hybridelektrofahrzeug, das durch eine externe Quelle aufgeladen werden kann.

3.7.10. „Elektrofahrzeug“ oder „PEV“ (Pure Electric Vehicle) bezeichnet ein Fahrzeug, das mit einem Antriebsstrang ausgerüstet ist, der ausschließlich elektrische Maschinen als Antriebsenergiewandler und ausschließlich wiederaufladbare Speichersysteme für elektrische Energie als Antriebsenergiespeichersysteme enthält.

3.7.11. „Brennstoffzelle“ bezeichnet einen Energiewandler, der chemische Energie (Input) in elektrische Energie (Output) oder umgekehrt umwandelt.

3.7.11.1. „Brennstoffzellenfahrzeug“ oder „FCV“ (Fuel-Cell Vehicle) bezeichnet ein Fahrzeug, das mit einem Antriebsstrang ausgerüstet ist, der ausschließlich aus Brennstoffzellen und elektrischen Maschinen als Antriebsenergiewandler besteht;

3.7.11.2. „Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeug“ oder „FCHV“ (Fuel-Cell Hybrid Vehicle) bezeichnet ein Brennstoffzellenfahrzeug, das mit einem Antriebsstrang ausgerüstet ist, der mindestens ein Kraftstoffspeichersystem und mindestens ein wiederaufladbares Speichersystem für elektrische Energie als Antriebsenergiespeichersysteme enthält.

3.7.11.3. „Nicht extern aufladbares Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeug“ oder „NOVC-FCHV“ (Not Off-Vehicle Charging Fuel-Cell Hybrid Electric Vehicle) bezeichnet ein Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeug, das nicht durch eine externe Quelle aufgeladen werden kann.

3.7.11.4. „Extern aufladbares Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeug“ oder „OVC-FCHV“ (Off-Vehicle Charging Fuel-Cell Hybrid Electric Vehicle) bezeichnet ein Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeug, das durch eine externe Quelle aufgeladen werden kann.

3.7.11.5. „Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug“ oder „FCEV“ (Fuel-Cell Electric Vehicle) bezeichnet ein Fahrzeug mit einem Antriebssystem, das dem von Elektrofahrzeugen ähnelt und bei dem die in Form von Wasserstoff gespeicherte Energie durch die Brennstoffzelle in Strom umgewandelt wird.

3.7.12. „Fahrzeug mit reinem Verbrennungsmotor“ oder „ICE“ (Internal Combustion-Engine) ist ein Fahrzeug, bei dem alle Antriebsenergiewandler Verbrennungsmotoren sind.

3.7.13. „Wiederaufladbares Speichersystem für elektrische Energie (REESS)“ bezeichnet das wiederaufladbare Speichersystem für elektrische Energie, das für den elektrischen Antrieb elektrische Energie liefert.

3.7.14. „Stamm der Bremsecken-Emissionsfamilie“ bezeichnet die Konfiguration mit dem höchsten Produkt von WLn* c über alle Fahrzeuge mit einer bestimmten Bremsecken-Emissionsfamilie (Vorder- oder Hinterachse) gemäß Kapitel 7.2. dieser Regelung.

3.7.15. „Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung“ bezeichnet das Verhältnis der von dem reinen Reibungsbremssystem während eines Fahrzyklus aufgenommenen Gesamtenergie zur gesamten Veränderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs während der Bremsvorgänge (ohne Fahrwiderstände auf der Straße) im selben Fahrzyklus.

3.7.16. „Fahrzeug-Elektrifizierungstyp“ im Sinne dieser Regelung unterscheidet leichte Nutzfahrzeuge anhand von Elektrifizierungskonzept und -architektur.

3.7.17. „Fahrzeugmodell“ im Sinne dieser Regelung bezeichnet die Handelsbezeichnungen des Fahrzeugs.

3.7.18. „Vom Fahrer wählbare Betriebsart“ im Sinne dieser Regelung bezeichnet einen vom Fahrer wählbaren Betriebsmodus, der die Fähigkeit eines Fahrzeugs zur Nicht-Reibungsbremsung beeinträchtigen kann.

3.7.19. „Emissionserhöhende Bremsfunktion“ im Sinne dieser Regelung bezeichnet eine Funktion mit zunehmendem Einfluss auf das Niveau der Bremsemissionen, die in Abhängigkeit von spezifischen Umwelt- oder Betriebsbedingungen für einen bestimmten Zweck aktiv wird und nur so lange wirksam bleibt, wie diese Bedingungen anhalten und nicht wesentlich in die Typgenehmigungsprüfung einbezogen sind.

3.7.20. „Interpolationsfamilie“ im Sinne dieser Regelung hat dieselbe Bedeutung wie „Interpolationsfamilie“ im Sinne der UN-Regelung Nr. 154.

4. Antrag auf Genehmigung

4.1. Der Antrag auf Erteilung einer Genehmigung für einen Fahrzeugtyp hinsichtlich der Anforderungen dieser Regelung wird vom Fahrzeughersteller oder seinem Bevollmächtigten, bei dem es sich um eine natürliche oder juristische Person handelt, die vom Hersteller ordnungsgemäß beauftragt wurde, ihn vor der Genehmigungsbehörde zu vertreten und in den unter diese Regelung fallenden Angelegenheiten in seinem Namen zu handeln, eingereicht.

4.1.1. Der in Absatz 4.1 genannte Antrag wird gemäß dem Muster des Beschreibungsbogens in Anhang 1 dieser Regelung erstellt.

4.2. Dem technischen Dienst, der die Prüfungen für die Genehmigung durchführt, ist eine angemessene Zahl von Sätzen von Bremsbauteilen, die dem zu genehmigenden Fahrzeugtyp entsprechen, zur Verfügung zu stellen.

4.3. Durch Änderungen an der Bauart von Systemen, Bauteilen oder selbstständigen technischen Einheiten, die nach der Typgenehmigung vorgenommen werden, verliert eine Typgenehmigung nur dann automatisch ihre Gültigkeit, wenn die ursprünglichen Eigenschaften oder technischen Merkmale so verändert werden, dass sie die Bremsemissionen des Fahrzeugs beeinträchtigen.

4.4. Dokumentationsanforderungen für Bremsfunktionen

Der Hersteller stellt der Typgenehmigungsbehörde mindestens eine Übersicht aller emissionserhöhenden Bremsfunktionen zur Verfügung, die

a) das individuelle Rückgewinnungsverhalten mit Auswirkungen auf die Bremsemissionen beeinflussen, und/oder

b) den aktiven Einsatz der Reibungspartner erfordern, und/oder

c) die Höhe der Bremsemissionen durch eine emissionsmindernde Einrichtung (z. B. Bremsemissionsfilter) beeinflussen.

Der Hersteller kann auch eine Beschreibung anderer als der oben genannten Bremsfunktionen (z. B. Funktionen zur Verringerung der Bremsemissionen) beifügen.

Die Typgenehmigungsbehörde kann den Hersteller auffordern, in der Dokumentation weitere Angaben zu bestimmten Bremsfunktionen zu machen.

Der Hersteller und die Typgenehmigungsbehörde einigen sich auf ein Format für die Bereitstellung der in diesem Absatz genannten Informationen.

Die vom Hersteller bereitgestellte Dokumentation muss von der Typgenehmigungsbehörde als Voraussetzung für die Erteilung der Typgenehmigung gemäß dieser Regelung genehmigt werden.

5. Genehmigung

5.1. Entspricht der zur Genehmigung vorgeführte Fahrzeugtyp allen relevanten Anforderungen in Absatz 7 und ggf. in den Anhängen 4 und 5 dieser Regelung, so ist die Genehmigung für diesen Fahrzeugtyp zu erteilen.

5.2. Jedem genehmigten Typ ist eine Genehmigungsnummer zuzuteilen.

5.2.1. Die Typgenehmigungsnummer besteht aus vier Abschnitten. Die Abschnitte werden jeweils durch das Zeichen „*“ getrennt.

Abschnitt 1 Der Großbuchstabe „E“ gefolgt von der Kennzahl der Vertragspartei, die die Typgenehmigung erteilt hat.

Abschnitt 2 Die Nummer der vorliegenden UN-Regelung, gefolgt von dem Buchstaben „R“ sowie:

a) zwei Ziffern (gegebenenfalls mit vorangestellten Nullen) zur Angabe der Änderungsserie, die die für die Genehmigung geltenden technischen Vorschriften der UN-Regelung enthält (00 für die UN-Regelung in ihrer ursprünglichen Fassung);
b) einem Schrägstrich und zwei Ziffern (gegebenenfalls mit vorangestellten Nullen) zur Angabe der Nummer der Ergänzung der Änderungsserie, die für die Genehmigung gilt (00 für die Änderungsserie in ihrer ursprünglichen Fassung);

Abschnitt 3 eine vierstellige laufende Nummer (gegebenenfalls mit vorangestellten Nullen); die Reihenfolge beginnt mit 0001;

Abschnitt 4 eine zweistellige laufende Nummer (gegebenenfalls mit vorangestellten Nullen) zur Angabe der Erweiterung; die Reihenfolge beginnt mit 00.

Es sind durchgängig arabische Ziffern zu verwenden.

5.2.2. Beispiel für eine Genehmigungsnummer nach dieser Regelung:

E1*179R01/00*0123*01

Die erste Erweiterung der Genehmigung mit der Nummer 0123, ausgestellt von Deutschland für die Änderungsserie 01.

5.2.3. Dieselbe Vertragspartei darf diese Nummer keinem anderen Fahrzeugtyp mehr zuteilen.

5.3. Über die Erteilung, Erweiterung oder Versagung einer Genehmigung für einen Fahrzeugtyp nach dieser Regelung sind die Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958, die diese Regelung anwenden, mit einem Mitteilungsblatt zu unterrichten, das dem Muster in Anhang 2 dieser Regelung entspricht.

6. Kennzeichnungen

6.1. An jedem Fahrzeug, das einem nach dieser Regelung genehmigten Fahrzeugtyp entspricht, ist sichtbar und an gut zugänglicher Stelle, die auf dem Mitteilungsblatt anzugeben ist, ein internationales Genehmigungszeichen anzubringen, bestehend aus:

6.1.1. einem Kreis, in dem sich der Buchstabe „E“ und die Kennzahl des Landes befinden, das die Genehmigung erteilt hat ([1]).

6.1.2. der Nummer dieser Regelung, mit dem nachgestellten Buchstaben „R“, einem Bindestrich und der Genehmigungsnummer rechts neben dem Kreis nach Absatz 6.1.1.

6.2. Entspricht das Fahrzeug einem Fahrzeugtyp, der auch nach einer oder mehreren anderen Regelungen zum Übereinkommen von 1958 in dem Land genehmigt wurde, das die Genehmigung nach dieser Regelung erteilt hat, so braucht das Zeichen nach den Absätzen 6.1.1 und 6.4.1 nicht wiederholt zu werden; in diesem Fall sind die Regelungs- und Genehmigungsnummern sowie die zusätzlichen Zeichen aller Regelungen, aufgrund deren die Genehmigung in dem Land erteilt wurde, das die Genehmigung nach dieser Regelung erteilt hat, untereinander rechts neben dem Zeichen nach Absatz 6.1.1 anzuordnen.

([1]) Die Kennzahlen der Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958 finden sich in Anhang 3 der Gesamtresolution über Fahrzeugtechnik (R.E.3), Dokument ECE/TRANS/WP.29/78/Rev. 7, – Anhang 3, https://unece.org/transport/standards/transport/vehicle-regulations-wp29/resolutions.

6.3. Das Genehmigungszeichen muss deutlich lesbar und unauslöschlich sein.

6.4. Das Genehmigungszeichen ist in der Nähe des Typenschilds des Fahrzeugs oder auf diesem anzugeben.

6.4.1. Anhang 3 dieser Regelung enthält Beispiele für die Anordnungen der Genehmigungszeichen.

7. Allgemeine Anforderungen

Jeder der unten spezifizierten Familien ist eine eindeutige Kennung mit dem folgenden Format zuzuteilen:

FT-nnnnnnnnnnnnnnn-WMI

Dabei gilt:

FT ist die Kennung des Familientyps:

a) FA = Bremsecken-Emissionsfamilie Vorderachse gemäß Absatz 7.2.

b) RA = Bremsecken-Emissionsfamilie Hinterachse gemäß Absatz 7.2.

nnnnnnnnnnnnnnn ist eine Zeichenfolge mit maximal fünfzehn Zeichen, die auf die Zeichen 0-9, A-Z und das Unterstrichzeichen „_“ beschränkt sind.

WMI (World Manufacturer Identifier – Welt-Hersteller-Code) ist ein Code zur eindeutigen Identifizierung des Herstellers; er ist in ISO 3780:2009 definiert.

Es liegt in der Verantwortung des Inhabers der Welt-Herstellernummer, sicherzustellen, dass die Kombination aus der Zeichenfolge nnnnnnnnnnnnnnn… und der WMI einzigartig für die Familie ist, und dass die Zeichenfolge nnnnnnnnnnnnnnn… innerhalb der WMI einzigartig für die Genehmigungsprüfungen ist, die für die Erteilung der Genehmigung durchgeführt wurden.

7.1. Konformitätsanforderungen

Die Konformität eines Fahrzeugtyps wird anhand der Emissionsgrenzwerte in Tabelle 3 bewertet.

Die Konformität wird durch Prüfungen des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie der Vorder- und Hinterachse gemäß Anhang 4 Absätze 8 und 7 bis 14 nachgewiesen.

7.1.1. Kriterien für den Fahrzeugtyp

Nur Fahrzeuge mit derselben Kombination von Bremsecken-Emissionsfamilien an Vorder- und Hinterachse dürfen Teil desselben Fahrzeugtyps sein.Die genaue Zuordnung zu den Fahrzeugachsen muss differenziert werden, z. B. sind Fahrzeuge mit Vorderradbremse A und Hinterradbremse B und Fahrzeuge mit Vorderradbremse B und Hinterradbremse A verschiedenen Fahrzeugtypen zuzuordnen.

Die Messergebnisse individueller Bremsecken-Emissionsfamilien können für mehrere Kombinationen von vorderen und hinteren Ecken verwendet werden, z. B. kann ein Prüfergebnis der Vorderradbremse A in Kombination mit der Hinterradbremse B und der Hinterradbremse C für die Fahrzeugtypen AB bzw. AC verwendet werden.

Fahrzeuge unterschiedlicher Elektrifizierungstypen gemäß Tabelle 4 können Teil desselben Fahrzeugtyps sein, unabhängig davon, ob ihnen ein fester Faktor gemäß Tabelle 4 oder ein gemessener Faktor gemäß Anhang 5 zugeordnet ist.

Bei Fahrzeugen desselben Typs gemäß Absatz 3.0 werden die Bremsemissionen gemäß der Gleichung in 7.1.

7.1.2 Ein Fahrzeugtyp gilt als mit dieser Regelung übereinstimmend, wenn die nach Absatz 7.1.3 für das Fahrzeug mit der höchsten Prüfmasse berechneten Emissionen für jeden Elektrifizierungstyp und jede Interpolationsfamilie die in Abbildung 1a dargestellten Grenzwerte der Tabelle 3 erfüllen.

Abbildung 1a

Schematische Darstellung der Auswahl der Fahrzeugkonfiguration für den Nachweis der Konformität des Fahrzeugtyps

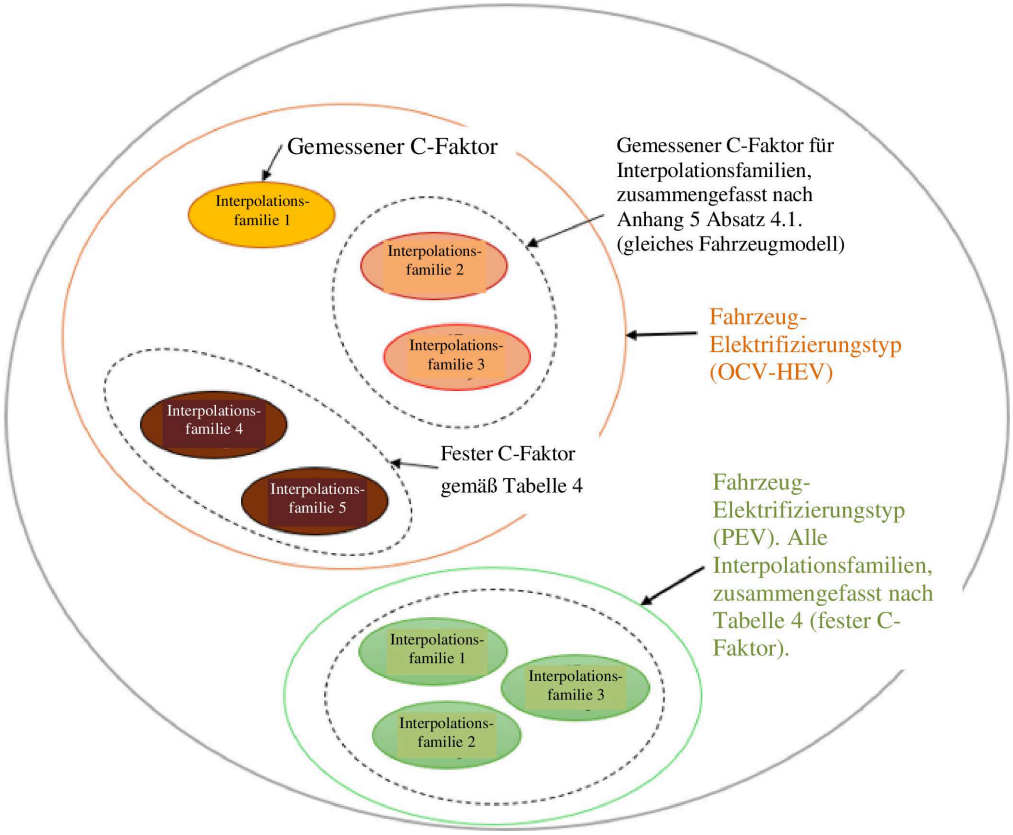


Tabelle 3

Grenzwerte für Bremspartikelemissionen im Standard-Fahrzyklus, nach Fahrzeugklasse und Antriebstechnologie

Emissionsgrenzwerte je Fahrzeug	Fahrzeuge der Klassen M_1 und N_1, außer N_1 Gruppe III				
Technologie des Antriebsstrangs	PEV	OVC-HEV	NOVC-HEV	FCV/FCHV	ICEV
Bremspartikelemissionen (PM_{10}) [mg/km]	3	7	7	7	7
Bremspartikelemissionen (SPN_{10}) [#/km]	Noch festzulegen				
Emissionsgrenzwerte je Fahrzeug	Fahrzeuge der Klassen N_1 Gruppe III und N_2				
Technologie des Antriebsstrangs	PEV	OVC-HEV	NOVC-HEV	FCV/FCHV	ICEV
Bremspartikelemissionen (PM_{10}) [mg/km]	5	11	11	11	11
Bremspartikelemissionen (SPN_{10}) [#/km]	Noch festzulegen				

7.1.3. Gesamtfahrzeug-Bremsemissionen

Die Gesamtfahrzeug-Bremsemissionen eines Einzelfahrzeugs werden nach Gleichung 7.1 berechnet, wobei die PM_{10}-, $PM_{2,5}$- und SPN10-Emissionen der jeweiligen Achsen und Bremsecken als Produkt aus der Referenzemission EF_{ref} und dem Reibungsbremskoeffizienten c gemäß den Gleichungen 12.9, 12.10 und 12.14 in Anhang 4 betrachtet werden.

$$Emission_{veh} = 2 \cdot EF_{FA} + 2 \cdot EF_{RA} \quad \text{(Gleichung 7.1)}$$

Dabei gilt:

$Emission_{veh}$ ist der Wert der Gesamtfahrzeug-Bremsemissionen des Einzelfahrzeugs, der sich aus den Emissionsfaktoren der Vorder- und Hinterachsecken ergibt, in mg/km oder #/km.

$$EF_{FA} = EF_{FA,ref} \cdot \frac{c_{veh} \cdot WL_{veh,FA}}{WL_{FA,\ ref}} \quad \text{(Gleichung 7.2)}$$

$$EF_{RA} = EF_{RA,ref} \cdot \frac{c_{veh} \cdot WL_{veh,RA}}{WL_{RA,ref}} \quad \text{(Gleichung 7.3)}$$

Dabei gilt:

EF_{FA} ist der Emissionsfaktor der Vorderachse des Einzelfahrzeugs, in mg/km oder #/km.

EF_{RA} ist der Emissionsfaktor der Hinterachse des Einzelfahrzeugs, in mg/km oder #/km.

$EF_{FA,ref}$ ist der Referenz-Emissionsfaktor der Vorderachse des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie der Vorderachse, in mg/km oder #/km.

$EF_{RA,ref}$ ist der Referenz-Emissionsfaktor der Hinterachse des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie der Hinterachse, in mg/km oder #/km.

c_{veh} ist der Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung des Einzelfahrzeugs.

$WL_{veh,\ FA}$ ist die Radlast der Vorderachse des Einzelfahrzeugs, in kg.

$WL_{FA,\ ref}$ ist die Radlast des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie der Vorderachse, in kg.

$WL_{veh,\ RA}$ ist die Radlast der Hinterachse des Einzelfahrzeugs, in kg.

$WL_{RA,\ ref}$ ist die Radlast des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie der Hinterachse, in kg.

Entsprechend dem Fahrzeug-Elektrifizierungstyp ist für c_{veh} entweder der feste Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung c_{fix} gemäß Tabelle 4 oder der deklarierte individuelle Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung c_{decl}, der auf Messungen beruht, nach Anhang 5 Absatz 7.1 dieser Regelung zu verwenden.

7.2. Bremsecken-Emissionsfamilie

Eine Bremsecken-Emissionsfamilie ist durch eine Bremseinheit definiert, die den Bremssattel, die Grundplatteneinheit für die Bremsscheibe oder Bremstrommel, den Bremsklotz bzw. die Bremsbacke und bestimmte andere Fahrzeugparameter berücksichtigt.

7.2.1. Merkmale der Bremsecken-Emissionsfamilien für „Original"- und „Original-Ersatz"-Bremsteile und -systeme

Alle Fahrzeug-Elektrifizierungstypen können unabhängig von ihrer Elektrifizierungsklasse Teil einer einzigen Bremsecken-Emissionsfamilie sein. Nur Fahrzeuge, die in Bezug auf die unter den Buchstaben a bis d aufgeführten Merkmale eine identische Bremseinheit aufweisen, können Teil derselben Bremsecken-Emissionsfamilie sein. Diese Kategorisierung gilt für „Original"- und „Original-Ersatz-Bremsen" gemäß Absatz 3.3.18 bzw. 3.3.20 dieser Regelung.

a) Typ des Bremssattels (Schwimm- oder Festsattel, Anzahl und Größe der Kolben, Art der Rückzugelemente),

b) Typ der Bremse: Scheibe (Reibungsoberfläche, Beschichtung, einfach, zweifach, belüftet, massiv, Abmessungen, Masse, Materialformulierung) oder Trommel (Reibungsoberfläche, Simplex, Duplex, Abmessungen, Masse, Materialformulierung),

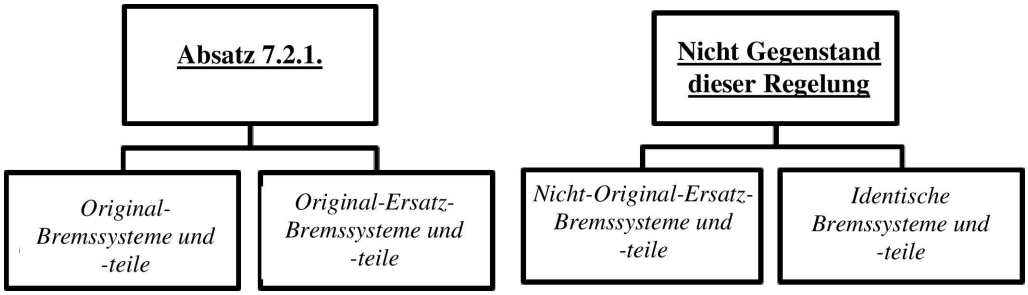
c) Art des Reibmaterials: Bremsklotz (Größe und Form der Reibungsoberfläche, Formulierung des Reibmaterials, Grundplatte) oder Bremsbacke (Größe und Beschaffenheit der Reibungsoberfläche, Formulierung des Reibmaterials, Grundplatte),

d) sonstige Merkmale, die einen nicht vernachlässigbaren Einfluss auf die Bremsemissionen haben (z. B. innovative Systeme zur Verringerung der Bremsemissionen).

Abbildung 1b enthält eine schematische Darstellung der Zuordnung der Bremsecken-Emissionsfamilien für die verschiedenen in diesem Absatz definierten Typen von Bremsen.

Abbildung 1b

Schematische Darstellung der Zuordnung der Bremsecken-Emissionsfamilien für die verschiedenen Typen von Bremsen



7.2.2. Stamm der Bremsecken-Emissionsfamilie

Bei allen Fahrzeugen mit identischer Bremseinheit gemäß Absatz 7.2.1 ist das Fahrzeug mit dem höchsten Produkt aus Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung (fester C-Faktor gemäß Tabelle 4 oder fahrzeugspezifischer C-Faktor gemäß Anhang 5) und Prüfradlast gemäß Absatz 3.1.14 (WL_t*c) als Stamm der Bremsecken-Emissionsfamilie zu wählen.

Das Produkt aus Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung und Prüfradlast darf nur zur Bestimmung des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie verwendet werden und nicht als Eingabeparameter bei der Prüfung der Bremseinheit auf ihre Emissionen.

Der Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung für jeden Fahrzeug-Elektrifizierungstyp, der in den Anwendungsbereich dieser Regelung fällt, ist in Tabelle 4 angegeben. Ist das Produkt aus Prüfradlast und Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung bei zwei oder mehr Fahrzeugen derselben Bremsecken-Emissionsfamilie gleich, so wählt der Hersteller das Fahrzeug mit dem kleinsten dynamischen Reifenrollradius als Stamm der Bremsecken-Emissionsfamilie aus.

Auf Antrag des Herstellers kann die Radlast des Stamms der betreffenden Bremsecken-Emissionsfamilie erhöht werden, um Radlasterhöhungen oder Radlastunsicherheiten bei künftigen Fahrzeugen desselben Typs oder Schwankungen des Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung zu berücksichtigen. Die Bremsecke wird dann mit dieser erhöhten Radlast auf dem Prüfstand für Bremsenbauteile geprüft. Die Prüfradlast multipliziert mit dem Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung eines Mitglieds der Bremsecken-Emissionsfamilie darf nicht mehr als 10 % des ursprünglichen Stamm-Produktwerts betragen. Dieser erhöhte Wert wird zum neuen bestimmenden Stamm-Produktwert.

Tabelle 4

Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung für alle Fahrzeug-Elektrifizierungstypen

Bremsentyp	Fahrzeug-Elektrifizierungstyp	Reibungsbremsung Koeffizient für den Anteil (c_{fix})
Reine Reibungsbremsung	Fahrzeug mit reinem Verbrennungsmotor (ICE) und andere Fahrzeug-Elektrifizierungstypen, die nicht unter die in dieser Tabelle aufgeführten Kategorien für Nicht-Reibungsbremsung fallen	1,0
Nicht-Reibungsbremsung (*)	NOVC-HEV Kat. 0 (**)	0,90
	NOVC-HEV Kat. 1	0,72
	NOVC-HEV Kat. 2	0,52
	OVC-HEV	0,34
	PEV	0,17

(*) *Anmerkung*: Die Prüfeinrichtungen können fahrzeugspezifische Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung verwenden, die gemäß Anhang 5 dieser Regelung gemessen und berechnet wurden, außer bei NOVC-HEV Kat. 0.

(**) *Anmerkung*: Die Fahrzeug-Elektrifizierungstypen NOVC-FCHV und OVC-FCHV werden für die Zwecke dieser Tabelle als NOVC-HEV Kat. 0 betrachtet.

7.2.3. Prüfung der Bremsecken-Emissionsfamilie

Die aus Original- und Original-Ersatz-Bremssystemen bestehende Bremseinheit wird auf dem Prüfstand mit der in Anhang 4 Absatz 8.1 festgelegten Prüfradlast für den Stamm der Bremsecken-Emissionsfamilie geprüft.

Original- und Original-Ersatz-Bremsenteile (Bremsscheiben, Bremsklötze, Bremstrommeln, Bremsbacken) werden auf dem Prüfstand zusammen mit dem entsprechenden Original-Bremsenteil geprüft (z. B. ist für die Prüfung einer Original-Ersatz-Bremsscheibe ein Original-Bremsklotz zu verwenden). Zu verwenden ist die Prüfradlast gemäß Anhang 4 Absatz 8.1 für den Stamm der Bremsecken-Emissionsfamilie.

Die endgültigen PM- und PN-Bremsemissionsfaktoren für den Stamm der Bremsecken-Emissionsfamilie werden durch Multiplikation der PM- und PN-Referenzemissionen der geprüften Bremse mit dem Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie gemäß Anhang 4 Absatz 12.1.5 bzw. 12.2.4 berechnet.

7.3. Vorschriften zur Rundung

Alle Daten müssen mit mindestens sechs signifikanten Stellen angegeben werden. Sind weniger signifikante Stellen verfügbar, müssen die Daten mit allen verfügbaren signifikanten Stellen angegeben werden. Das Runden von Zwischenergebnissen ist nicht zulässig. Die endgültigen Werte für einen bestimmten Parameter können auf die Anzahl der signifikanten Stellen gerundet werden, die erforderlich ist, um der für den Parameter in Anhang 4 Absatz 13 festgelegten Anzahl von Dezimalstellen zu entsprechen. In Bezug auf die Rundungskriterien gilt Folgendes:

a) Die Auflösung des Werts darf seine Messunsicherheit nicht überschreiten.

b) Gibt es einen Sollwert (z. B. Fahrzeuggeschwindigkeit, Verzögerung, Dauer des Vorgangs), ist der Ist-Wert mit einer Dezimalstelle mehr als beim Sollwert anzugeben.

c) Wird das Messsystem zur Auswertung von Ergebnissen mit einer zweiseitigen Spezifikation verwendet (z. B. ± 1 °C, ± 1 kPa), muss die Auflösung gleich 1/20 des Standard-Spezifikationsintervalls oder besser sein. Bei einer einseitigen Spezifikation (z. B. geschwindigkeitsbezogene Abweichungen ≤ 3 %) muss die Auflösung kleiner als 1/10 des Spezifikationsintervalls oder besser sein.

d) Aus einer Berechnung abgeleitete Werte (z. B. Partikelhintergrund, Emissionsfaktoren, Mittelwerte) sind mit einer zusätzlichen Dezimalstelle zu den Werten aus den Buchstaben a und b dieses Absatzes anzugeben.

7.4. Vorschriften zur Signalfilterung

Datenerfassung, Datenaufzeichnung und jeder Auswertungsschritt, bei dem die Probenahme auf eine niedrigere Erfassungs-/Aufzeichnungsfrequenz reduziert wird, erfordern eine Signalfilterung, um das Nyquist-Shannon-Abtasttheorem zu erfüllen. Ein Filter zweiter Ordnung mit einer Cut-off-Frequenz zwischen 25 % und 50 % der unteren Probenahme-/Aufzeichnungsfrequenz erfüllt dieses Kriterium und verhindert eine unbeabsichtigte Glättung des Signals.

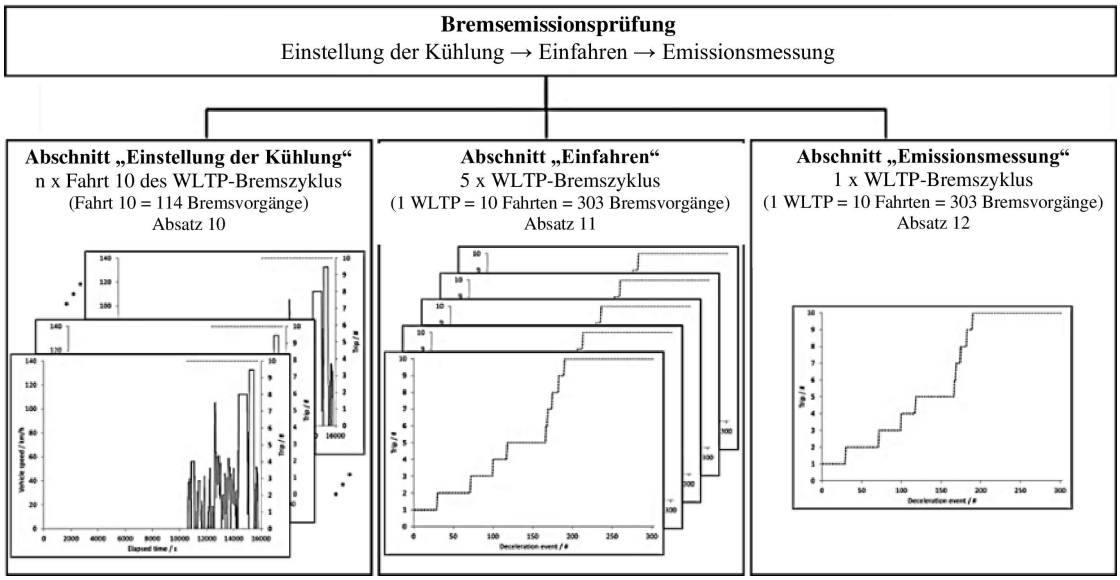
8. Allgemeiner Überblick

8.1. Prüfabschnitte

Eine Bremsemissionsprüfung umfasst drei Prüfabschnitte. Jeder Abschnitt umfasst eine oder mehrere Fahrten mit mehreren Vorgängen. Die wichtigsten Vorgänge, die Bremsarbeit auslösen und Bremsemissionen verursachen, sind die Verzögerungsvorgänge. Abbildung 2 gibt einen schematischen Überblick über eine Bremsemissionsprüfung.

Abbildung 2

Aufbau der Bremsemissionsprüfungen für Fahrzeuge mit reiner Reibungsbremsung



Die drei Abschnitte der Bremsemissionsprüfung sind:

a) Einstellung der Bremsenkühlung. In diesem Abschnitt wird Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus verwendet. Der Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ ist in Anhang 4 Absatz 10 ausführlich beschrieben.

b) Einfahren. Dieser Abschnitt umfasst die Durchführung von fünf Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus. Er wird mit neuen Bremsteilen durchgeführt. Der Abschnitt „Einfahren“ ist in Anhang 4 Absatz 11 ausführlich beschrieben.

c) Messung der Bremsemissionen. Dieser Abschnitt umfasst die Durchführung eines einzelnen WLTP-Bremszyklus. Der Abschnitt „Emissionsmessung“ ist in Anhang 4 Absatz 12 ausführlich beschrieben.

8.2. Schritte zur Durchführung der Prüfung

Die ordnungsgemäße Durchführung einer Bremsemissionsprüfung setzt voraus, dass die Prüfeinrichtung die folgenden Schritte durchführt und dokumentiert:

a) Gewährleistung, dass das Prüfsystem die in Anhang 4 Absatz 7 festgelegten Anforderungen in Bezug auf die Systemauslegung, den Kühlluftstrom, die Temperatur- und Feuchtigkeitsregelung, die Funktionen des Bremsenprüfstands sowie die Auslegung des Bremsenprüfraums, des Probenahmetunnels und der Probenahmeebene erfüllt.

b) Erfüllung aller in Anhang 4 Absatz 8 festgelegten Anforderungen für die Vorbereitung der Prüfung, einschließlich der Berechnung und Anwendung der richtigen Eingabeparameter, des Prüfanordnung, der Messung der Bremsentemperatur und der Positionierung der Bremse im Prüfraum.

c) Fähigkeit, den WLTP-Bremszyklus gemäß Anhang 4 Absatz 9 durchzuführen, und Nachweis über die Einhaltung der Anforderungen für die Qualitätskontrolle.

d) Durchführung des Abschnitts „Einstellung der Bremsenkühlung" gemäß Anhang 4 Absatz 10.

e) Durchführung des Abschnitts „Einfahren" gemäß Anhang 4 Absatz 11.

f) Durchführung aller Positionen gemäß Anhang 4 Absatz 12 zur Messung der Bremsemissionen, einschließlich Partikelmasse, Partikelzahl und Massenverlust der verschleißenden Komponenten der Bremse.

g) Erstellung von Berichten über die Ergebnisse der Prüfung gemäß Anhang 4 Absatz 13.

h) Einhaltung von Anhang 4 Absatz 14 hinsichtlich der Mindestanforderungen für die Kalibrierung und regelmäßigen Bewertungen der verwendeten Messgeräte und des Aufbaus.

9. Änderung und Erweiterung der Typgenehmigung

9.1. Jede Änderung des Fahrzeugtyps hinsichtlich der Bremsemissionen und jede Einbeziehung eines neuen Fahrzeug-Elektrifizierungstyps oder einer neuen Interpolationsfamilie in eine bestehende Genehmigung ist der Typgenehmigungsbehörde mitzuteilen, die die Genehmigung für den Fahrzeugtyp erteilt hat. Die Typgenehmigungsbehörde kann dann entweder

9.1.1. davon ausgehen, dass die vorgenommenen Änderungen innerhalb der Bremsecken-Emissionsfamilien liegen, die von der Genehmigung erfasst sind, oder dass es unwahrscheinlich ist, dass sie nennenswerte nachteilige Auswirkungen auf die Werte der Typgenehmigung haben, und dass in diesem Fall die ursprüngliche Genehmigung auch für den geänderten Fahrzeugtyp gilt, oder

9.1.2. ein neues Gutachten von dem technischen Dienst, der die Prüfungen durchführt, verlangen.

9.1.3. Im Falle der Einbeziehung eines neuen Fahrzeug-Elektrifizierungstyps oder einer neuen Interpolationsfamilie ist ein Konformitätsnachweis gemäß Absatz 7.1.2 vorzulegen und gemäß Anhang 1 Anlage 3 zu melden.

9.2. Die Bestätigung oder die Versagung der Genehmigung ist den Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, unter Angabe der Änderungen nach dem Verfahren gemäß Absatz 5.3 mitzuteilen.

9.3. Die Typgenehmigungsbehörde, die die Erweiterung der Genehmigung erteilt, teilt der Erweiterung eine laufende Nummer zu und unterrichtet hierüber die anderen Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958, die diese Regelung anwenden, mit einem Mitteilungsblatt, das dem Muster in Anhang 2 dieser Regelung entspricht.

9.4. Erweiterung einer Genehmigung

Eine bestehende Typgenehmigung kann z. B. um neue Fahrzeugmodelle erweitert werden. Die zusätzlichen Fahrzeuge müssen auch die Anforderungen des Absatzes 9.1 erfüllen. Dies kann eine weitere Überprüfung durch die Typgenehmigungsbehörde erfordern (z. B. wenn unterschiedliche Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung gelten).

10. Übereinstimmung der Produktion

Die Verfahren zur Kontrolle der Übereinstimmung der Produktion müssen den in Anlage 1 zum Übereinkommen von 1958 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.3) beschriebenen Verfahren entsprechen, wobei die nachstehenden Vorschriften eingehalten sein müssen:

Für die Zwecke der Prüfung der Übereinstimmung der Produktion durch den Hersteller hinsichtlich Bremssystemen sind Proben der Bremsecken-Emissionsfamilie aus der Produktionsreihe gemäß Absatz 10.1 zu entnehmen und gemäß Absatz 10.2 zu prüfen. Die Konformität des Fahrzeugtyps ist dann nach Absatz 10.3 zu bewerten.

10.1. CoP-Prüffrequenz bei Bremsemissionsprüfungen auf dem Bauteilprüfstand

Alle zwölf Monate ist eine CoP-Überprüfung gemäß den folgenden Schritten und dem in Absatz 10.4. beschriebenen statistischen Verfahren durchzuführen:

a) Alle zwölf Monate sind mindestens ein und höchstens vier Proben jeder Bremsecken-Emissionsfamilie (vorne und hinten) nach dem Zufallsprinzip auszuwählen und mit dem Aufbau des Stamms der Familie wie bei der Typgenehmigung im WLTP-Bremszyklus auf einem Bauteilprüfstand zu prüfen.

b) Alle zwölf Monate sind mindestens eine und höchstens vier CoP-Bewertungen gemäß Absatz 10.3 durchzuführen, wobei die Bremseckenemissionen aus Buchstabe a für die Kombination von Vorder- und Hinterachse zu berücksichtigen sind.

Für die Zwecke von Absatz 10.3 können die Emissionsergebnisse der vorderen und hinteren Bremsenbauteile, die gemäß Buchstabe a beprobt und geprüft wurden, zwölf Monate in verschiedenen Kombinationen für mehrere Fahrzeugtypen verwendet werden.

10.2. Messung der Bremsemissionen auf dem Bauteilprüfstand

Die CoP-Prüfungen des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie (der während der Typgenehmigung festgelegt wurde) sind auf einem Bauteilprüfstand unter den Bedingungen einer reinen Reibungsbremsung durchzuführen; dabei werden die PM_{10}- und SPN10-Emissionen gemessen. Die CoP-Prüfungen sind nach den folgenden Schritten des Prüfverfahrens für Typgenehmigungen durchzuführen, wobei jedoch zwei weitere Wiederholungen der Emissionsmessungen nach dem Einfahren hinzuzufügen sind, um Messunsicherheiten und Unterschiede zwischen den Prüfstellen zu verringern:

a) Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ gemäß den Typgenehmigungsdaten des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie – während der CoP-Prüfung kein Wechsel der Bremsenbauteile zwischen Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ und Abschnitt „Einfahren“.

b) Abschnitt „Einfahren“ (5 x WLTP-Bremszyklus).

c) Abschnitt „Emissionsmessungen“ (3 x WLTP-Bremszyklus).

Nach Abschluss aller drei Emissionsprüfungen sind die PM_{10}-Ergebnisse für jeden Stamm der Bremsecken-Emissionsfamilie arithmetisch zu mitteln, und diese Ergebnisse sind für die CoP-Bewertung gemäß Absatz 10.3 zu verwenden.

Die SPN10-Ergebnisse der drei Emissionsprüfungen werden nur zu Berichtszwecken gemessen, bis ein Grenzwert eingeführt wird.

10.3. CoP-Bewertung

Die Produktion gilt als übereinstimmend, wenn das Verfahren zur Überprüfung nach Absatz 7.1.2 unter Berücksichtigung der nach Absatz 10.2 gemessenen Referenzemissionsfaktoren der Stämme der Bremsecken-Emissionsfamilien der Vorder- und Hinterachse erfolgreich abgeschlossen wurde.

Ist die oben genannte Überprüfung nicht erfolgreich, so ist eine weitere Probe an den beiden betroffenen Bremsecken-Emissionsfamilien nach dem Zufallsprinzip auszuwählen und unter den gleichen Bedingungen wie in Absatz 10.1 Buchstabe a zu prüfen; mit dieser neuen Probe wird ein neues Verfahren zur Überprüfung, wie oben beschrieben, durchgeführt, dessen Ergebnis in das in Absatz 10.4 beschriebene statistische Verfahren einbezogen wird.

10.4. Statistische Auswertung von CoP-Stichproben

Die Entscheidung hängt von der kumulierten Stichprobengröße „n“, von den Zählern für „bestanden“ („p“) und für „nicht bestanden“ („f“) ab. Die Stichproben sind aus verschiedenen Chargen zu entnehmen. Für die Entscheidung, ob eine Stichprobe als bestanden oder als nicht bestanden deklariert wird, ist die Tabelle zur Entscheidungsfindung (Tabelle 5a) zu verwenden. Die Tabelle gibt an, wie bei einer bestimmten kumulierten Stichprobengröße „n“ und einem bestimmten Ergebnis des „f“-Zählers zu entscheiden ist.

Bei einem statistischen Verfahren sind für den Fahrzeugtyp und seinen Wert für die Gesamtfahrzeug-Bremsemissionen (für beide Bremsfamilien vorne und hinten) zwei Entscheidungen möglich:

a) Eine Stichprobe gilt als „bestanden“, wenn für die aktuelle kumulierte Stichprobengröße „n“ und das Ergebnis des „f“-Zählers nach der Tabelle zur Entscheidungsfindung (Tabelle 5a) ein positives Ergebnis („bestanden“) ermittelt wird.

b) Die Entscheidung, ob eine Stichprobe als „nicht bestanden“ gilt, ist zu treffen, wenn bei einer bestimmten kumulierten Stichprobengröße „n“ nach der anwendbaren Tabelle zur Entscheidungsfindung (Tabelle 5a) für die aktuelle kumulierte Stichprobengröße „n“ und das Ergebnis des „f“-Zählers ein negatives Ergebnis („nicht bestanden“) ermittelt wird.

Wird keine Entscheidung getroffen („n. ent.“ = nicht entschieden), muss das statistische Verfahren offen bleiben, und es müssen so lange weitere Ergebnisse aufgenommen werden, bis eine Entscheidung getroffen ist.

In Phase I (bis zum 31. Dezember 2029) ist nur PM_{10} gemäß Tabelle 5a zu bewerten. Werden von der Genehmigungsbehörde CoP-Prüfungen durchgeführt, so muss die Genehmigungsbehörde im Falle von n=2 und f=2 die nächsten Stichproben in einer anderen Prüfeinrichtung prüfen. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde werden im Falle von n=2 und f=2 die übrigen Prüfungen in derselben Einrichtung wie für die Typgenehmigung unter Aufsicht des technischen Dienstes oder der Typgenehmigungsbehörde durchgeführt.

Tabelle 5a

Tabelle zur Entscheidungsfindung für die Überprüfung des Bestehens/Nichtbestehens

„f“-Zähler für „nicht bestanden“	3			n. best.	n. best.
	2		n. ent.	n. ent.	best.
	1	n. ent.	best.	best.	best.
	0	best.	best.	best.	best.
		1	2	3	4
		n			

n = kumulierte Stichprobengröße (Kombination der vorderen und hinteren Bremsenbauteile = „Gesamtfahrzeug-Bremsemissionen“)

Ab dem 1. Januar 2030 sind PM_{10} und SPN10 gemäß Tabelle 5b zu bewerten. Wenn in Phase II die PM_{10}-Emissionen einer Probe n in Phase II den vorgeschriebenen Grenzwert um mehr als 2,0 mg/km überschreiten, so gilt die CoP-Bewertung als nicht bestanden, ohne dass weitere Probenahmen und Prüfungen erforderlich sind.

Tabelle 5b

Tabelle zur Entscheidungsfindung für die Überprüfung des Bestehens/Nichtbestehens

[Reserviert]

11. Maßnahmen bei Abweichung der Produktion

11.1. Die für einen Fahrzeugtyp nach dieser Regelung erteilte Genehmigung kann zurückgenommen werden, wenn die in Absatz 10 beschriebenen Anforderungen dieser Regelung nicht eingehalten werden.

11.2. Nimmt eine Vertragspartei des Übereinkommens von 1958, die diese Regelung anwendet, eine von ihr erteilte Genehmigung zurück, so hat sie unverzüglich die anderen Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, hierüber mit einem Mitteilungsblatt zu unterrichten, das dem Muster in Anhang 2 dieser Regelung entspricht.

12. Endgültige Einstellung der Produktion

12.1. Stellt der Inhaber der Genehmigung die Produktion eines nach dieser Regelung genehmigten Fahrzeugtyps endgültig ein, so hat er hierüber die Typgenehmigungsbehörde, die die Genehmigung erteilt hat, zu unterrichten. Nach Erhalt der entsprechenden Mitteilung hat diese Behörde die anderen Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958, die diese Regelung anwenden, hierüber mit Kopien des Mitteilungsblattes zu unterrichten, das dem Muster in Anhang 2 dieser Regelung entspricht.

13. Namen und Anschriften der technischen Dienste, die die Prüfungen für die Genehmigung durchführen, und der Typgenehmigungsbehörden

13.1. Die Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958, die diese Regelung anwenden, übermitteln dem Sekretariat der Vereinten Nationen die Namen und Anschriften der technischen Dienste, die die Prüfungen für die Genehmigung durchführen, sowie der Typgenehmigungsbehörden, die Genehmigungen erteilen und denen die Mitteilungsblätter über in anderen Ländern erteilte, erweiterte, versagte oder zurückgenommene Genehmigungen zu übersenden sind.

14. Besondere Bestimmungen

14.1. Bestimmungen für Fahrzeuge mit besonderer Zweckbestimmung

14.1.1. Bestimmungen für beschussgeschützte Fahrzeuge

Die Typgenehmigungsbehörde kann für beschussgeschützte Fahrzeuge Typgenehmigungen einschließlich Ausnahmen von den Anforderungen dieser Regelung gemäß Absatz 2.5.2 der Gesamtresolution über Fahrzeugtechnik (R.E.3) erteilen, wenn der Hersteller nachweist, dass das Fahrzeug aufgrund seiner besonderen Zweckbestimmung die Anforderungen nicht erfüllen kann.

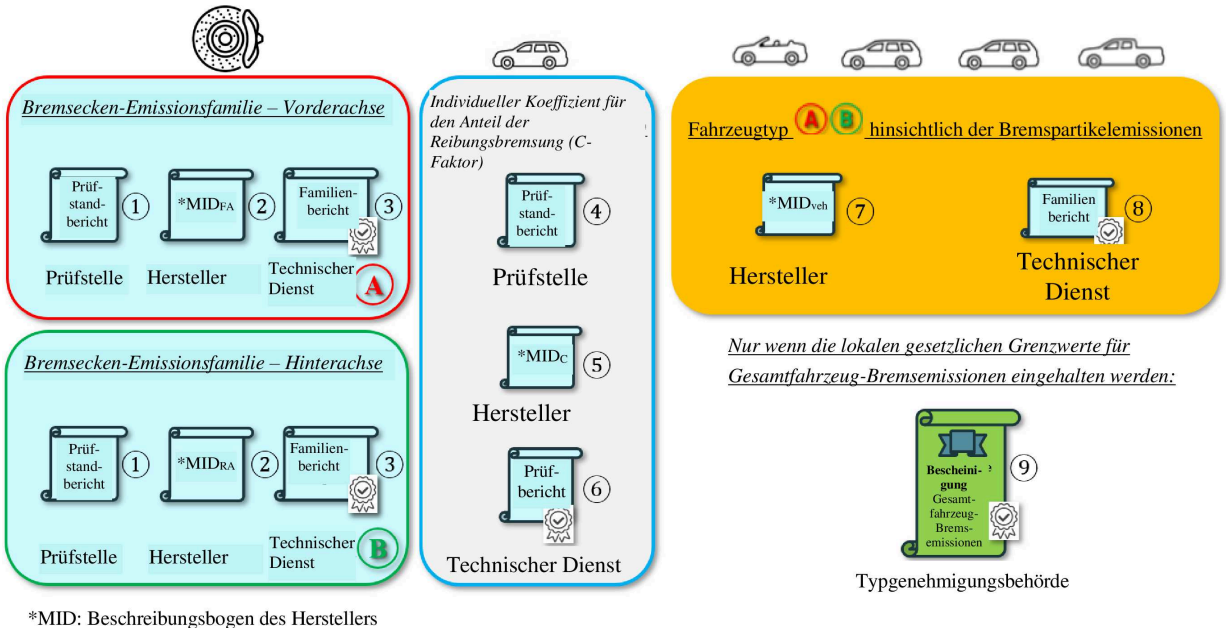
14.2. Der Typ des Fahrzeugs mit besonderer Zweckbestimmung und die gewährten Ausnahmen sind im Typgenehmigungsbogen nach Anhang 2 dieser Regelung zu beschreiben.

ANHANG 1

Beschreibungsbogen

Abbildung A1/1

Überblick über die verschiedenen Berichte im Zusammenhang mit der Genehmigung der Bremsemissionen nur zur Information und Orientierung



*MID: Beschreibungsbogen des Herstellers

Eingabeparameter

Die Parameter im Beschreibungsbogen sind mit den entsprechenden Einheiten und der Anzahl der Dezimalstellen gemäß Tabelle 1 anzugeben.

Tabelle 1

Parameter des Beschreibungsbogens

Absatz	Parameter	Einheit	Dezimalstellen
8.13.4.1.1.1.	Bremskraftverteilung	%	1
8.13.4.2.2.	Bremspartikelemissionen	mg/km	3
8.13.4.2.1.	Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung	-	2
8.13.2.4.2.	Durchmesser der Scheibe	mm	0
8.13.3.5.	Durchmesser der Trommel	mm	0
8.13.2.6.5.	Durchmesser des Kolbens	mm	2
8.13.2.4.1.	Masse der Scheibe	g	0
8.13.3.4.	Masse der Trommel	g	0
8.13.4.1.1.2	Nennradlast	kg	3
8.13.2.6.4.	Anzahl der Kolben – Bremssattel	-	0
8.13.2.7.3.	Größe des Bremsklotzes	cm^2	1
8.13.3.7.4.	Größe der Bremsbacke	cm^2	1
8.13.2.4.3.	Dicke der Scheibe	mm	0

Beschreibungsbogen

Bericht ⑦ in Abbildung A1/1 dieser Regelung.

MUSTER-BESCHREIBUNGSBOGEN Nr. .....

0	ALLGEMEINES
0.1.	Fabrikmarke (Firmenname des Herstellers): .....
0.2.	Typ: .....
0.2.1.	Handelsbezeichnungen (sofern vorhanden): .....
0.2.3.	Kennungen der Familie:
0.2.3.14.	Fahrzeugtyp hinsichtlich der Bremsemissionen: .....
0.2.3.15.	Bremsecken-Emissionsfamilie Vorderachse: .....
0.2.3.16.	Bremsecken-Emissionsfamilie Hinterachse: .....
0.2.3.17.	Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung (fest oder Melde-Kenncode) .....
0.4.	Fahrzeugklasse (c): .....
0.4.1.	Fahrzeug-Elektrifizierungstypen (ICE, NOVC-FCHV, OVC-FCHV, PEV, FCEV): …
0.5.	Name und Anschrift des Herstellers
0.8.	Namen und Anschriften der Fertigungsstätten: .....
0.9.	Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers (ggf.): .....
1	ALLGEMEINE BAUMERKMALE
1.1.	Fotos und/oder Zeichnungen eines repräsentativen Fahrzeugs/Bauteils/einer selbstständigen technischen Einheit (1): .....
1.3.	Anzahl der Räder: .....
1.3.3.	Angetriebene Achsen (Zahl, Lage, Verbindung): .....
2	MASSEN UND ABMESSUNGEN (f) (g) (7) (in kg und mm) (gegebenenfalls auf Zeichnungen verweisen)
2.6.	Masse in fahrbereitem Zustand (h) a) Größt- und Kleinstwert für jede Variante: .....
2.6.1.	Verteilung dieser Masse auf die Achsen (Größt- und Kleinstwert für jede Variante): .....
2.6.3.	Rotierende Masse: 3 % der Summe aus der Masse im fahrbereiten Zustand und 25 kg oder Wert, pro Achse (in kg): .....
2.8.	Technisch zulässige Gesamtmasse im beladenen Zustand nach Angabe des Herstellers (i) (3): .....

3	ANTRIEBSENERGIEWANDLER (k) (gegebenenfalls für jeden Elektrifizierungstyp wiederholen)
3.1.	Hersteller der Antriebsenergiewandler: .....
3.1.1.	Baumusterbezeichnung des Herstellers (entsprechend der Angabe am Antriebsenergiewandler oder einer anderen Kennzeichnung): .....
3.2.	Verbrennungsmotor
3.2.1.1.	Arbeitsverfahren: Fremdzündung/Selbstzündung/Zweistoff (1) Arbeitsweise: Viertakt/Zweitakt/Drehkolbenmotor (1)
3.2.1.2.	Anzahl und Anordnung der Zylinder: .....
3.2.1.3.	Hubraum (m): cm3
3.2.1.4.	Volumetrisches Verdichtungsverhältnis (2): .....
3.2.1.8.	Motornennleistung (n): ..... kW bei .....min–1 (vom Hersteller angegebener Wert)
3.2.1.10.	Maximales Nettodrehmoment (n): .....Nm bei .....min–1 (vom Hersteller angegebener Wert)
3.2.2.	Kraftstoff
3.2.2.1.	Diesel/Benzin/Flüssiggas/Erdgas oder Biomethan/Ethanol (E85)/Biodiesel/Wasserstoff (1), (6)
3.2.4.3.4.1.	Fabrikmarke und Typ des elektronischen Steuergeräts (ECU): .....
3.2.4.3.4.1.1.	Softwareversion des elektronischen Steuergeräts (ECU): .....
3.3.	Elektrischer Antriebsstrang (nur Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb (PEV))
3.3.1.	Allgemeine Beschreibung des Elektroantriebs
3.3.1.1.	Fabrikmarke: .....
3.3.1.2.	Typ: .....
3.3.1.3.	Verwendung (1): Einzelmotor/mehrere Motoren (Zahl): .....
3.3.1.4.	Getriebeanordnung: parallele/transaxiale/andere Anordnung, und zwar: .....
3.3.1.5.	Prüfspannung: V
3.3.1.6.	Nenndrehzahl des Motors: min–1
3.3.1.9.	Höchstleistung: .....kW
3.3.2.	Antriebs-REESS
3.3.2.1.	Fabrik- oder Handelsmarke des wiederaufladbaren Speichersystems für elektrische Energie (REESS): .....
3.3.2.2.	Art der elektrochemischen Zelle: .....
3.3.2.3.	Nennspannung: V
3.3.2.5.1.	Energie des REESS: ..... kWh

3.3.2.5.2. Kapazität des REESS: .....Ah über 2 h

3.3.2.5.3. Entladeschlussspannung: V

3.3.2.8. Anzahl der Zellen: .....

3.3.2.11. Steuergerät des Batteriemanagementsystems

3.3.2.11.1. Fabrikmarke: .....

3.3.2.11.2. Typ: .....

3.3.2.11.3. Kennnummer: .....

3.3.3. Elektromotor

3.3.3.1. Arbeitsverfahren:

3.3.3.1.1. Gleichstrom/Wechselstrom (1)/Phasenanzahl: .....

3.3.3.1.2. Fremderregung/Reihenschaltung/Verbundschaltung (1)

3.3.3.1.3. Synchron/asynchron (1)

3.3.3.1.4. Rotor mit Spule/mit Dauermagneten/mit Gehäuse (1)

3.3.3.1.5. Zahl der Pole des Motors: .....

3.3.3.2. Schwungmasse: .....

3.3.4. Leistungsregler

3.3.4.1. Fabrikmarke: .....

3.3.4.2. Typ: .....

3.3.4.2.1. Kennnummer: .....

3.3.4.3. Regelprinzip: vektoriell/offener Regelkreis/geschlossener Regelkreis/anderes (genaue Angabe): (1) .....

3.4. Kombinationen von Antriebsenergiewandlern

3.4.1. Hybridelektrofahrzeug: ja/nein (1)

3.4.2. Art des Hybridelektrofahrzeugs: extern aufladbar (OVC)/nicht extern aufladbar (NOVC): (1)

3.4.3. Betriebsartschalter: mit/ohne (1)

3.4.3.1. Wählbare Betriebsarten

3.4.3.1.1. Reiner Elektrobetrieb: ja/nein (1)

3.4.3.1.2. Reiner Kraftstoffbetrieb: ja/nein (1)

3.4.3.1.3. Hybridbetrieb: ja/nein (1)

(falls ja, kurze Beschreibung): .....

3.4.4.	Beschreibung der Energiespeichereinrichtung: (REESS, Kondensator, Schwungrad/Generator)
3.4.4.1.	Fabrikmarken: ……
3.4.4.2.	Typen: ……
3.4.4.3.	Kennnummer: ……
3.4.4.4.	Art des elektrochemischen Elements: ……
3.4.4.5.	Energie: …… (bei einem REESS: Spannung und Kapazität in Ah über zwei Stunden; bei einem Kondensator: J, ……)
3.4.4.6.	Ladegerät: bordeigen/extern/ohne (1)
3.4.4.8.	Steuergerät des Batteriemanagementsystems
3.4.4.8.1.	Fabrikmarke: ……
3.4.4.8.2.	Typ: ……
3.4.4.8.3.	Kennnummer: ……
3.4.5.	Elektrische Maschine (jede Art der elektrischen Maschine getrennt beschreiben)
3.4.5.1.	Fabrikmarke: ……
3.4.5.2.	Typ: ……
3.4.5.3.	Hauptverwendungszweck: Antriebsmotor/Generator (1)
3.4.5.3.1.	Wenn Gebrauch als Antriebsmotor: Einzelmotor/Mehrfachmotoren (Zahl) (1): ……
3.4.5.4.	Höchstleistung: ……kW
3.4.5.5.	Arbeitsverfahren
3.4.5.5.5.1	Gleichstrom/Wechselstrom/Zahl der Phasen: ……
3.4.5.5.2.	Fremderregung/Reihenschaltung/Verbundschaltung (1)
3.4.5.5.3.	Synchron/asynchron (1)
3.4.6.	Steuergerät
3.4.6.1.	Fabrikmarken: ……
3.4.6.2.	Typen: ……
3.4.6.3.	Kennnummer: ……
3.4.7.	Leistungsregler
3.4.7.1.	Fabrikmarke: ……
3.4.7.2.	Typ: ……

3.4.7.3. Kennnummer: .....

3.4.10. FCHV: ja/nein (1)

3.4.10.1. Typ der Brennstoffzelle

3.4.10.1.2. Fabrikmarke: .....

3.4.10.1.3. Typ: .....

3.4.10.1.4. Nennspannung (V): .....

3.4.10.2. Systembeschreibung (Arbeitsverfahren der Brennstoffzelle, Zeichnung usw.): .....

3.4.11. Stromwandler

3.4.11.1. Stromwandler zwischen elektrischer Maschine und Antriebs-REESS

3.4.11.1.1. Fabrikmarke: .....

3.4.11.1.2. Typ: .....

3.4.11.1.3. Angegebene Nennleistung: W

3.4.11.2. Stromwandler zwischen Antriebs-REESS und Niederspannungsversorgung

3.4.11.2.1. Fabrikmarke: .....

3.4.11.2.2. Typ: .....

3.4.11.2.3. Angegebene Nennleistung: W

3.4.11.3. Stromwandler zwischen Auflade-Plug-in und Antriebs-REESS

3.4.11.3.1. Fabrikmarke: .....

3.4.11.3.2. Typ: .....

3.4.11.3.3. Angegebene Nennleistung: W

4 ÜBERTRAGUNGSEINRICHTUNG (p)

4.4. Kupplungen

4.4.1. Typ: .....

4.5. Getriebe

4.5.1. Typ (Handschaltung/automatisch/stufenlos (CVT)) (1)

4.5.1.5. Anzahl der Kupplungen: .....

4.6. Übersetzungsverhältnisse

Gang Getriebeübersetzungen (Verhältnis der Motordrehzahl zur Drehzahl der Getriebeabtriebswelle)

Übersetzungsverhältnis des Achsgetriebes (Übersetzungsverhältnis zwischen Getriebeabtrieb und Antriebsrad)

Gesamtübersetzung

Höchstwert für stufenloses Getriebe 1

2

3

……

Mindestwert für stufenloses Getriebe

4.6.1 Gangwechsel (gilt nicht für Automatikgetriebe)

4.6.1.1. Gang 1 ausgeschlossen ja/nein (1)

4.6.1.2. n_95_high für jeden Gang: ……min–1

4.6.1.3. nmin_drive

4.6.1.3.1. 1. Gang: ……min–1

4.6.1.3.2. 1. Gang in den 2. Gang: ……min–1

4.6.1.3.3. 2. Gang bis Stillstand: ……min–1

4.6.1.3.4. 2. Gang: ……min–1

4.6.1.3.5. 3. Gang und höher: ……min–1

4.6.1.4. n_min_drive_set für Beschleunigung/Phasen mit konstanter Geschwindigkeit (n_min_drive_up): …… min–1

4.6.1.5. n_min_drive_set für Verzögerungsphasen (nmin_drive_down)

4.6.1.6. Anfangszeitraum

4.6.1.6.1. t_start_phase: ……s

4.6.1.6.2. n_min_drive_start: ……min–1

4.6.1.6.3. n_min_drive_up_start: ……min–1

4.6.1.7. ASM-Einsatz: ja/nein (1)

4.6.1.7.1. ASM-Werte: …… bei ……min–1

4.7. Bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs (in km/h) (q): ……

6	AUFHÄNGUNG
6.6.	Reifen und Räder
6.6.1.	Rad-/Reifenkombinationen
6.6.1.1.	Achsen
6.6.1.1.1.	Achse 1: .....
6.6.1.1.1.1.	Bezeichnung der Reifengröße
6.6.1.1.2.	Achse 2: .....
6.6.1.1.2.1.	Bezeichnung der Reifengröße usw.
6.6.2.	Obere und untere Grenzwerte der Abrollradien
6.6.2.1.	Achse 1: .....
6.6.2.2.	Achse 2: .....
6.6.3.	Vom Fahrzeughersteller empfohlene Reifendrücke: .....kPa
8.13.	REIBUNGSBREMSE
8.13.1.	Bremsanlage
8.13.1.1.	Typ der Bremsanlage (Bremsecken-Emissionsfamilien Vorderachse und Hinterachse in Kombination mit dem Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung) .....
8.13.1.2.	Scheibe/Trommel Vorderachse
8.13.1.3.	Scheibe/Trommel Hinterachse
8.13.2.	Scheiben
8.13.2.1.	Typ der Bremsscheiben (Kenncode) .....
8.13.2.2.	Bauart der Scheiben (massiv, belüftet\einteilig, zweiteilig) .....
8.13.2.3	Fabrikmarke der Scheiben .....
8.13.2.4.	Masse und Abmessungen der Scheiben
8.13.2.4.1.	Masse der Scheiben [g] .....
8.13.2.4.2.	Durchmesser der Scheiben [mm] .....
8.13.2.4.3.	Dicke der Scheiben [mm] .....
8.13.2.5.	Reibungsoberfläche der Scheiben
8.13.2.5.1.	Materialformulierung der Reibungsoberflächen (z. B. Materialcode) .....

8.13.2.5.2. Beschichtung (ja/nein) .....

8.13.2.5.2.1. Art der Beschichtung .....

8.13.2.6. Bremssättel

8.13.2.6.1. Art der Bremssättel (Kenncode) .....

8.13.2.6.2. Bauart der Bremssättel (schwimmend oder fest) .....

8.13.2.6.3. Fabrikmarke der Bremssättel .....

8.13.2.6.4. Anzahl der Kolben .....

8.13.2.6.5. Kolbendurchmesser .....

8.13.2.6.6. Art der Rückzugelemente .....

8.13.2.7. Bremsklötze

8.13.2.7.1. Typ der Bremsklötze (Kenncode) .....

8.13.2.7.2. Fabrikmarke der Bremsklötze .....

8.13.2.7.3. Größe der Bremsklötze [cm^2] .....

8.13.2.7.4. Form der Bremsklötze (z. B. Zeichnung) .....

8.13.2.7.5. Reibungsfläche der Bremsklötze

8.13.2.7.6. Materialformulierung der Bremsklötze (z. B. Materialcode) .....

8.13.2.7.7. Grundplatte .....

8.13.3. Bremstrommeln

8.13.3.1. Typ der Trommeln (Kenncode) .....

8.13.3.2. Bauart der Trommeln (Simplex oder Duplex) .....

8.13.3.3. Fabrikmarke der Trommeln .....

8.13.3.4. Masse der Trommeln [g] .....

8.13.3.5. Durchmesser der Trommeln [mm] .....

8.13.3.6. Reibungsfläche der Trommeln

8.13.3.6.1. Materialformulierung der Trommeln (z. B. Materialcode) .....

8.13.3.7. Bremsbacken

8.13.3.7.1. Typ der Bremsbacken (Kenncode) .....

8.13.3.7.2. Bauart der Bremsbacken .....

8.13.3.7.3. Fabrikmarke der Bremsbacken .....

8.13.3.7.4. Größe der Bremsbacken [cm²] .....

8.13.3.7.5. Bauart der Bremsbacken (z. B. Zeichnung) .....

8.13.3.7.6. Reibungsfläche der Bremsbacken

8.13.3.7.7. Materialformulierung der Bremsbacken (z. B. Materialcode) .....

8.13.3.7.8. Grundplatte .....

8.13.4. Vom Hersteller angegebene Werte

8.13.4.1. Prüfparameter

8.13.4.1.1. Prüfparameter für die Prüfung zur Bestimmung der Bremspartikelemissionen (für jede Bremsecken-Emissionsfamilie)

8.13.4.1.1.1. Bremskraftverteilung .....

8.13.4.1.1.2. Nennradlast .....

8.13.4.1.2. Parameter des Prüffahrzeugs für die Messung des Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung (falls zutreffend).

Fahrzeug	Prüffahrzeug	V repräsentativ (nur für Fahrwiderstandsmatrix-Familie*)	Standardwerte
Art des Fahrzeugaufbaus			
Verwendetes Verfahren für den Fahrwiderstand auf der Straße (Messung oder Berechnung nach Fahrwiderstandsfamilie)		—	
Reifen, Fabrikmarke und Typ, falls Messung			
Reifenabmessungen (Vorder-/Hinterreifen), falls Messung			
Reifenrollwiderstand (vorn/hinten) (kg/t)			
Reifendruck (Vorder-/Hinterreifen) (kPa), falls Messung			
Prüfmasse des Fahrzeugs (kg)			
Masse in fahrbereitem Zustand (kg)		—	—
Technisch zulässige Gesamtmasse im beladenen Zustand (kg):		—	—
f_0 (N)			
f_1 (N/(km/h))			
f_2 (N/(km/h)²)			
Stirnfläche m² (0,000 m²)	—		
Zyklus-Energiebedarf (J)			

8.13.4.2. Vom Hersteller angegebene Werte

8.13.4.2.1 Vom Hersteller angegebene Werte für den Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung (falls zutreffend) .....

8.13.4.2.2 Vom Hersteller angegebene Werte für Bremspartikelemissionen .....

12. VERSCHIEDENES

12.10. Geräte oder Systeme mit vom Fahrzeugführer wählbaren Betriebsarten, wenn diese Geräte/Systeme die CO_2-Emissionen, den Kraftstoffverbrauch, den Stromverbrauch und/oder die Grenzwertemissionen beeinflussen und über keine primäre Betriebsart verfügen: ja/nein (1)

12.10.4. C-Faktor-Prüfung (falls zutreffend) (Zustand für jedes Gerät bzw. jedes System)

12.10.4.1. Ungünstigste Betriebsart: .....(Verweis auf Dokument für bestimmte Bremsfunktionen mit Auswirkungen auf den Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung)

Anhang 1 – Anlage 1

Prüfbericht für Bremsecken-Emissionsfamilie (für Vorder- und Hinterachse wiederholen)

Bericht ③in Abbildung A1/1 dieser Regelung.

Kennungen der Familie:
Hersteller:

Prüfbericht für Bremsecken-Emissionsfamilie

UN-Regelung Nr. 179

Zuletzt geändert durch:

Antragsteller	:	
Hersteller	:	
Gegenstand	:	
Kennungen der Bremsecken-Emissionsfamilie	:	
Prüfungskennung	:	

Kennungen der Familie:
Hersteller:

Allgemeines		
Prüfmasse des Fahrzeugs [kg]	:	
Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung	:	
Achse	:	
Ausrichtung der Bremse	:	
Bremskraftverteilung [%]	:	
Art der Aufnahme	:	
Kenncode der Scheibe oder Trommel	:	
Kenncode des Reibmaterials	:	
Nennradlast [kg]	:	
Prüf- (oder aufgebrachte) Radlast [kg]	:	
Dynamischer Reifenrollradius [mm]	:	
Wirksamer Radius der Bremse [mm]	:	
Nennträgheitsmoment der Bremse [kgm²]	:	
Prüf- (oder aufgebrachtes) Trägheitsmoment der Bremse [kgm²]	:	

Außendurchmesser der Scheibe/Trommel [mm]	:	
Masse der Scheibe [kg]	:	
WL_{n-f}/DM-Verhältnis [--]	:	
Anzahl der Kolben pro Seite	:	
Mittlerer (oder hydraulischer) Kolbendurchmesser [mm]	:	
Einbauposition des Bremssattels	:	
Anzugsdrehmoment für Bremssattel [Nm]	:	
Anzugsdrehmoment für Scheibe oder Trommel [Nm]	:	
Wirkungsgrad des Bremssattels oder der Bremstrommel [%]	:	

Kennungen der Familie:

Hersteller:

Schwellendruck [kPa]	:	
Seitenschlag-Istwert [µm]	:	
System-Dichtheitsprüfung		
Durchschnittlicher Luftstrom erfüllt die Anforderungen dieser Regelung	:	

Bremsenprüfstand und Automatisierungssystem		
Messeinrichtung erfüllt die Anforderungen des Anhangs 4 Absatz 7 dieser Regelung	:	

Auslegung des Bremsenprüfraums		
Reynolds-Zahl am Einlass des Prüfraums [--]	:	
Die Geschwindigkeit des Luftstroms an jeder Position der für die Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit verwendeten Ebene C weicht nicht um mehr als ± 35 % vom arithmetischen Mittel aller Messungen für den Mindest-Betriebsdurchsatz der Prüfanordnung ab	:	
Die Geschwindigkeit des Luftstroms an jeder Position der für die Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit verwendeten Ebene C weicht nicht um mehr als ± 20 % vom arithmetischen Mittel aller Messungen für den maximalen Betriebsdurchsatz der Prüfanordnung ab	:	

Die Auslegung des Bremsenprüfraums erfüllt die Anforderungen des Anhangs 4 Absatz 7.4.2 Buchstaben a bis i dieser Regelung	:	

Bremseinheit		
Die Prüfbedingungen gemäß Anhang 4 Absatz 8 dieser Regelung sind erfüllt	:	
Bremsrotation	:	
Die geprüfte Bremsscheibe oder -trommel dreht sich in Abluftrichtung	:	

Kennungen der Familie:

Hersteller:

Anfangstemperatur		
Die Prüfanforderungen sind erfüllt	:	

Unterbrechungen des WLTP-Bremszyklus		
Auftreten	:	
Es wurden alle erforderlichen Maßnahmen gemäß den Spezifikationen des Anhangs 4 Absätze 9.3.1. bis 9.3.3. dieser Regelung getroffen	:	

Durchschnittliche Kühlluft				
		Abschnitt		
		Einstellung der Kühlung	Einfahren	Emissionsmessung
Zyklus	[--]	1	1...5	1
Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft1)	[°C]			
Momentane Abweichungen1)	[%]			
Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft1)	[%]			
Momentane Abweichungen1)	[%]			
Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft1)	[mg H20/g] (Trockenluft)			

1) Der Nachweis der Erfüllung aller Spezifikationen gemäß dieser Regelung wird überprüft.

Kennungen der Familie:

Hersteller:

Kühlluftstrom				
		Abschnitt		
		Einstellung der Kühlung	Einfahren	Emissionsmessung
Zyklus	[--]	1	1...5	1
Nenn- (oder Soll-) Luftstrom1)	[m^3/h]			
Durchschnittlicher Luftstrom1)	[m^3/h]			
Abweichung vom Nennluftstrom1)	[%]			
Durchschnittlicher normalisierter Luftstrom1)	[Nm^3/h]			
Abweichungen in Bezug auf den momentanen Luftstrom1)	[%]		--	

1) Der Nachweis der Erfüllung aller Spezifikationen gemäß dieser Regelung wird überprüft.

Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen				
		Abschnitt		
		Einstellung der Kühlung	Einfahren	Emissionsmessung
Zyklus	[--]	1	1...5	1
Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen1)	[%]			

1) Der Nachweis der Erfüllung aller Spezifikationen gemäß dieser Regelung wird überprüft.

Kennungen der Familie:

Hersteller:

Anzahl der Verzögerungen		
Zählung anhand der „Dauer der Haltezeit“	:	
Zählung anhand der „Verzögerung“	:	

Ableitung der kinetischen Energie				
		Abschnitt		
		Einstellung der Kühlung	Einfahren	Emissionsmessung
Zyklus	[--]	1	1...5	1
wf 1)	[J/kg]			
Abweichung vom Nennwert1)	[%]			

1) Der Nachweis der Erfüllung aller Spezifikationen gemäß dieser Regelung wird überprüft.

Kennungen der Familie:

Hersteller:

Verhältnis Nennradlast Vorderrad/Masse der Scheibe oder Trommel [--]	:	

Einstellung des Kühlluftstroms		
Bremsentemperaturen während Fahrt 10		
ABT – Gemessener Wert [°C]	:	
ABT – Abweichung vom Zielwert [°C]	:	
IBT – Gemessener Wert [°C]	:	
IBT – Abweichung vom Zielwert [°C]	:	
FBT – Gemessener Wert [°C]	:	
FBT – Abweichung vom Zielwert [°C]	:	

Festlegung des Nenn- (Soll-)Kühlluftstroms für die spezifische Bremse		
FBT – Abweichung vom Zielwert [°C]	:	

Abschnitt „Einfahren“		
Anforderungen nach Anhang 4 Absatz 11 dieser Regelung sind erfüllt	:	

PM-Probendurchsatz			
		PM2,5	PM10
Nenndurchsatz [l/min]	:		
Normalisierter gemessener Durchsatz [Nl/min]	:		
Isokinetisches Verhältnis [--]	:		
Der PM-Probendurchsatz für das isokinetische Verhältnis erfüllt die Anforderungen von Anhang 4 Absatz 12.1.2.3 Buchstaben a bis i dieser Regelung	:		

Kennungen der Familie:

Hersteller:

PN-Probendurchsatz			
			SPN10
Normalisierter gemessener Durchsatz [Nl/min]	:		
Isokinetisches Verhältnis [--]	:		
Der Probendurchsatz für das isokinetische Verhältnis erfüllt die Anforderungen von Anhang 4 Absatz 12.2.3.2 Buchstaben a bis h dieser Regelung	:		

Probenahme PM/PN		
Anforderungen nach Anhang 4 Absatz 12 dieser Regelung sind erfüllt	:	
Methoden der Probenahme	:	

Gewichtungsverfahren			
1. Emissionsmessung		PM2,5	PM10
Filtergewicht vor Probenahme korrigiert [µg]	:		
Filtergewicht nach Probenahme korrigiert [µg]	:		

2. Emissionsmessung		PM2,5	PM10
Filtergewicht vor Probenahme korrigiert [µg]	:		
Filtergewicht nach Probenahme korrigiert [µg]	:		

3. Emissionsmessung		PM2,5	PM10
Filtergewicht vor Probenahme korrigiert [µg]	:		
Filtergewicht nach Probenahme korrigiert [µg]	:		

Kennungen der Familie:

Hersteller:

Durchschnitt der 1. bis 3. Emissionsmessung		PM2,5	PM10
Filtergewicht vor Probenahme korrigiert [µg]	:		
Filtergewicht nach Probenahme korrigiert [µg]	:		

Endgültige Filterbeladung [µg]	:		

Berechnung des PM-Emissionsfaktors	

1. Emissionsmessung		PM2,5	PM10
Referenzemissionsfaktor [mg/km]	:		

2. Emissionsmessung		PM2,5	PM10
Referenzemissionsfaktor [mg/km]	:		

3. Emissionsmessung		PM2,5	PM10
Referenzemissionsfaktor [mg/km]	:		

Endgültiger Emissionsfaktor [mg/km]	:		

PN-Emissionsfaktor	

1. Emissionsmessung			SPN10
Referenzemissionsfaktor [#/km]	:		

2. Emissionsmessung			SPN10
Referenzemissionsfaktor [#/km]	:		

Kennungen der Familie:

Hersteller:

3. Emissionsmessung			SPN10
Referenzemissionsfaktor [#/km]	:		

Endgültiger EF_{ref} [#/km]	:		
Die Emissionen in [#/Ncm³] liegen innerhalb des festgelegten Messbereichs des PNC-Messgeräts	:		

Messung des Masseverlusts		
Masse der Scheibe/Trommel vor der Prüfung [mg]	:	
Masse des Reibmaterials vor der Prüfung [mg]	:	
Masse der Scheibe/Trommel nach der Prüfung [mg]	:	
Masse des Reibmaterials nach der Prüfung [mg]	:	
Gesamtmasseverlust [mg]	:	
Gefahrene Gesamtstrecke [km]	:	
Emissionsfaktor Gewichtsverlust [mg/km]	:	

Vorschriften zur Kalibrierung		
Die Vorschriften zur Kalibrierung gemäß Anhang 4 Absatz 14 dieser Regelung sind erfüllt	:	

Schlussfolgerung

Laufende Nummer

E-Mail

Telefon

Telefax

Ende des Prüfberichts

Anhang 1 – Anlage 2

Prüfbericht zum individuellen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung (C-Faktor)(gegebenenfalls für jede einzelne Messung wiederholen)

Bericht ⑥ in Abbildung A1/1 dieser Regelung.

Nummer des Prüfberichts:

Kennung des Berichts zum Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung:

Hersteller:

Prüfbericht zum individuellen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung (C-Faktor)

UN-Regelung Nr. 179

Zuletzt geändert durch:

Antragsteller	:	
Hersteller	:	
Gegenstand	:	Bestimmung der C-Faktoren gemäß Anhang 5 der UN-Regelung
Kennung des Berichts zum Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung	:	

Geprüftes Objekt		
Fahrzeugmarke	:	
Kennung der Interpolationsfamilie	:	

Beschreibungsbogen		
Nr.	:	
Ausstellungsdatum	:	
Datum der letzten Änderung	:	

Allgemeines		
Prototypnummer	:	
FIN	:	
Kategorie	:	
Aufbau	:	
Antriebsräder	:	

Reibungsbremse (Die nachstehenden Nummern sind für jede Achse zu wiederholen.)		
Typ der Bremsanlage (vorne/hinten)	:	
Scheibe oder Trommel (vorne/hinten)	:	
Fabrikmarke der Scheiben/Trommeln (vorne/hinten)	:	
Typ der Scheiben/Trommeln (vorne/hinten)	:	
Typ der Bremssättel (vorne/hinten)	:	
Bauart der Bremssättel (vorne/hinten)	:	
Fabrikmarken der Bremssättel (vorne/hinten)	:	
Typ der Rückzugelemente (vorne/hinten)	:	
Typ der Bremsklötze oder der Bremsbacken (vorne/hinten)	:	
Fabrikmarke der Bremsklötze oder der Bremsbacken (vorne/hinten)	:	

Aufbau des Antriebsstrangs		
Fahrzeug-Elektrifizierungstyp	:	

Verbrennungsmotor (falls zutreffend)					
Fabrikmarke	:				
Typ:	:				
Arbeitsverfahren	:				
Anzahl und Anordnung der Zylinder	:				
Hubraum [cm3]	:				
Motornennleistung	:		[kW] bei		[U/min]
Maximales Nettodrehmoment	:		[Nm] bei		[U/min]

Steuergerät		
Teil-Bezeichnung (wie im Beschreibungsbogen)	:	
Geprüfte Software (z. B. mittels Lesegerät ausgelesen)	:	
Software (Datenstatus)	:	

Übertragung		
Getriebe	:	
Modus mit geringster Rückgewinnung (Normal/Drive/Eco/ … / …)	:	
Teil-Bezeichnung (wie im Beschreibungsbogen)	:	
Geprüfte Software (z. B. mittels Lesegerät ausgelesen)	:	
Software (Datenstatus)	:	

Reifen		
Fabrikmarke	:	
Typ:	:	
Abmessungen vorne/hinten	:	
Dynamischer Umfang des Vorderreifens [m]	:	
Reifendruck (Vorder-/ Hinterreifen) [kPa]	:	

Elektrische Maschine (falls zutreffend)		
Fabrikmarke	:	
Typ:	:	
Spitzenleistung [kW]	:	

Antriebs-REESS (falls zutreffend)		
Fabrikmarke	:	
Typ:	:	

Kapazität [Ah]	:	
Nennspannung [V]	:	

Brennstoffzelle (falls zutreffend)		
Fabrikmarke	:	
Typ:	:	
Höchstleistung [kW]	:	
Nennspannung [V]	:	

Leistungselektronik (falls zutreffend)		
Antriebswandler Fabrikmarke/Typ	:	
Leistung [kW]	:	
Niederspannungssystem Fabrikmarke/Typ	:	
Leistung [kW]	:	

Batteriemanagementsystem (falls zutreffend)		
Fabrikmarke	:	
Typ:	:	
Teil-Bezeichnung (wie im Beschreibungsbogen)	:	
Geprüfte Software (z. B. mittels Lesegerät ausgelesen)	:	
Software (Datenstatus)	:	

Fahrzeugbeschreibung		
Prüfmasse [kg]	:	
MRO [kg]	:	
f0 [N]	:	
f1 [N/(km/h]	:	
f2 [N/(km/h)^2]	:	

Beschreibung der Prüfung		
Zyklus	:	
Verfahren zur Einstellung des Rollenprüfstands	:	
Rollenprüfstand im 4WD-Betrieb	:	
Prüfstandsbetriebsmodus	:	
Ausrollmodus	:	
Verfahren zur Bestimmung des Bremsmoments der Reibungsbremse	:	
$P_{threshold}$ vorne/hinten [kPa] (falls zutreffend)	:	
$C_{p,b}$ vorne/hinten [Nm/kPa] (falls zutreffend)	:	
Ladezustand Beginn und Ende des Antriebs-REESS [%]	:	
Datum der Prüfungen (tt.mm.jjjj)	:	
Ort der Prüfungen (Rollenprüfstand, Ort, Land)	:	
Höhe der Unterkante des Kühlgebläses über dem Boden [cm]	:	
Seitliche Lage des Mittelpunkts des Gebläses (falls auf Antrag des Herstellers geändert)	:	
Abstand von der Stirnseite des Fahrzeugs [cm]	:	
IWR: Inertial Work Rating (Bewertung hinsichtlich Trägheitsarbeit) [%]	:	
RMSSE: Root Mean Squared Speed Error (mittlerer quadratischer Geschwindigkeitsfehler) [km/h]	:	
IPDW: Inertial Power Difference Work (Leistungsunterschied, beeinflusst durch Trägheit – Arbeit) [J/kg]	:	
IPDR: Inertial Power Difference Rating (Leistungsunterschied, beeinflusst durch Trägheit – Bewertung) [%]	:	

Prüfergebnisse					
Nummer der Prüfung					
Bremsen b	VL	VR	HL	HR	kombiniert
Wbrake, b [J]					
Wref [J]	--				
Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung	--				
Deklarierter Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung	--				

Nummer des Prüfberichts:

Laufende Nummer

E-Mail

Telefon

Telefax

Ende des Prüfberichts

Anhang 1 – Anlage 3

Nachweisbericht zur Übereinstimmung des Fahrzeugtyps

Bericht ⑧ in Abbildung A1/1 dieser Regelung.

Fahrzeugtyp:		-	Änderung/Berichtigung	:	00
Hersteller:		-			

Nachweisbericht zur Übereinstimmung des Fahrzeugtyps

Übereinkommen über die Annahme einheitlicher technischer Vorschriften für Radfahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände und Teile, die in Radfahrzeugen eingebaut und/oder verwendet werden können, und die Bedingungen für die gegenseitige Anerkennung von Genehmigungen, die nach diesen Vorschriften erteilt wurden

Bericht :

Antragsteller :

Hersteller :

Gegenstand : Bestimmung des Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung und der Bremsemissionen

Kennungen der Bremsecken-Emissionsfamilie :

Kennungen des Prüfberichts zum C-Faktor :

Geprüftes Objekt

Fabrikmarke :

IP-Kennung :

Emissionsklasse :

\- Familienbericht

X Erteilung der Typgenehmigung Nr.

\- Erweiterung der Typgenehmigung Nr. :

\- Berichtigung der Typgenehmigung Nr. :

\- Änderung der Typgenehmigung Nr. :

Schlussfolgerung Das geprüfte Objekt entspricht den unter „Gegenstand“ genannten Anforderungen.

Fahrzeugtyp:		-	Änderung/Berichtigung	:	00
Hersteller:		-			
Revisionsverzeichnis					

Rev.Nr.	Datum der Änderung	Geändert durch	Grund für die Änderung/Berichtigung
00	TT.MM.JJJJ	Vorname Name	Erste Version

0 Allgemeines

0.1 Fabrikmarke (Firmenname des Herstellers): : -

0.2 Typ: : -

0.3 Handelsnamen : -

0.4 Name und Anschrift des Herstellers : -

0.4.1 Name und Anschrift des Bevollmächtigten : -

0.4.2 Namen und Anschriften der Fertigungsstätten : -

0.5 Beschreibungsbogen

Nr. : -

Ausstellungsdatum : -

Datum der letzten Änderung : -

0.6 Zusätzliche Daten :

Fahrzeugtyp:		Änderung/Berichtigung	:	00
Hersteller:				

1. Beschreibung der geprüften Fahrzeuge

1.1. Bremsenkombination

1.1.1. Vorderachsbremse

Bremsecken-Emissionsfamilie :

Prüfbericht zur Bremsecken-Emissionsprüfung :

1.1.2. Hinterachsbremse

Bremsecken-Emissionsfamilie :

Prüfbericht zur Bremsecken-Emissionsprüfung :

1.2. Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung (die nachstehenden Nummern sind für jede Prüfung zu wiederholen)

Geprüfte Fahrzeuge (Beispiel für das Ausfüllen der Tabelle siehe unten; vor der Übermittlung durch tatsächliche Daten zu ersetzen)

Interpolationsfamilie	Kennung des Prüfberichts zum C-Faktor	C-Faktor
IP 1	Prüfberichtskennung 1	
IP 3, IP 4, IP 5	Prüfberichtskennung 2	

Fahrzeugtyp:		Änderung/Berichtigung	:	00
Hersteller:				

2. Prüfergebnisse

2.2. Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung (Beispiel für das Ausfüllen der Tabelle siehe unten; vor der Übermittlung durch tatsächliche Daten zu ersetzen)

Interpolationsfamilie	Festgesetzt/Deklariert	C-Faktor
IP 1	Deklariert	
IP 2	Festgesetzt	
IP 3, IP 4, IP 5	Deklariert	

2.2. Bremseinheit

2.2.1. Allgemeine Angaben

Achse	Prüfungskennung	Prüfstand	Datum

Interpolationsfamilie	Radlast – vorne [kg]	C * Radlast – vorne [kg]

Interpolationsfamilie	Radlast – hinten [kg]	C * Radlast – hinten [kg]

Fahrzeugtyp:		Änderung/Berichtigung	:	00
Hersteller:				

2.2.2. Endergebnisse – vorne

Interpolationsfamilie	PM_{10} Bremse [mg/km]	PM_{10} Achse [mg/km]	$c*PM_{Axle}$ [mg/km]

2.2.3. Endergebnisse – hinten

Interpolationsfamilie	PM_{10} Bremse [mg/km]	PM_{10} Achse [mg/km]	$c*PM_{Axle}$ [mg/km]

2.2.4. Endergebnisse – Gesamtfahrzeug

Interpolationsfamilie	PM_{10} insgesamt [mg/km]

2.3. Anmerkungen

Fahrzeugtyp:	-	Änderung/Berichtigung	:	00
Hersteller:	-			

3. Konformitätserklärung

Dieser Prüfbericht gilt nur für die beschriebene Prüfprobe. Das für diesen Typ repräsentative Prüfmuster erfüllt die Anforderungen der oben genannten Prüfspezifikation in Bezug auf das dokumentierte Prüfverfahren.

Dieser Bericht umfasst die Seiten 1 bis X und wird vom Unterzeichner genehmigt.
Eine Vervielfältigung und Veröffentlichung von Auszügen des Prüfberichts ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Prüfstelle zulässig.

Das Automobilprüfzentrum XXXX ist eine von YYYY nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Prüfstelle. Die Akkreditierung gilt nur für den im dokumentierten Anhang XXXX-01-00 aufgeführten Akkreditierungsbereich.

Ort, Datum

Anrede Vorname Name

Sachbearbeiter

Telefon: XXXXXXXXXXXX – Telefax: XXXXXXXXXXXXXX – E-Mail: firstname.surname@XXXXX.com

---------- *Ende des Prüfberichts* ----------

ANLAGE 2

Mitteilung

(größtes Format: A4 (210 mm × 297 mm)



ausgestellt von: (Bezeichnung der Behörde)
……
……
……

betreffend ([2]): Erteilung der Genehmigung
Erweiterung der Genehmigung
Versagung der Genehmigung
Rücknahme der Genehmigung
Endgültige Einstellung der Produktion

zur Bestimmung von Bremsemissionen.

Nummer der Genehmigung: …… Nummer der Erweiterung der Genehmigung: ……

1. Fabrik- oder Handelsmarken: ……
2. Typbezeichnung durch den Hersteller
3. Name und Anschrift des Herstellers ……
4. Gegebenenfalls Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers: ……
5. Kurzbeschreibung: ……

([1]) Kennzahl des Landes, das die Genehmigung erteilt/erweitert/versagt/zurückgenommen hat (siehe Vorschriften über die Genehmigung in der Regelung).
([2]) Nichtzutreffendes streichen.

ANLAGE 3

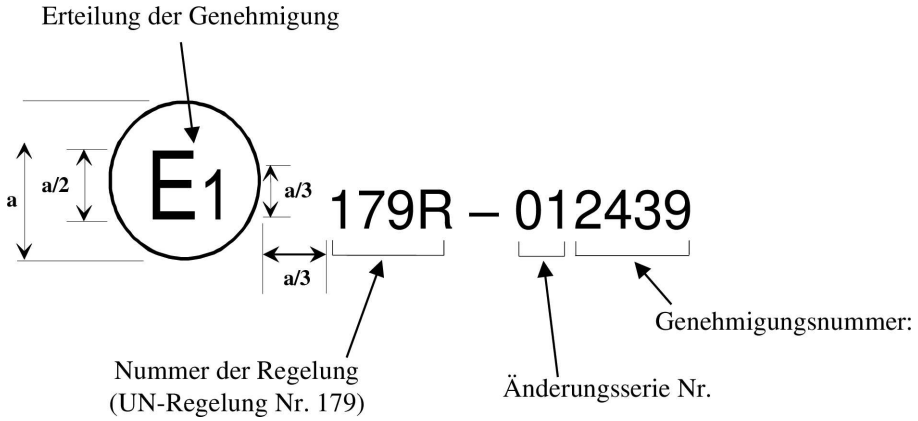
Anordnungen des Genehmigungszeichens

Auf dem gemäß Absatz 7 dieser Regelung ausgegebenen und am Fahrzeug angebrachten Genehmigungszeichen ist nach der Typgenehmigungsnummer ein alphanumerisches Zeichen hinzuzufügen, mit dem die Stufe gekennzeichnet wird, auf die die Genehmigung beschränkt ist.

In diesem Anhang wird die Gestaltungsform des Zeichens erläutert; anhand eines Beispiels wird veranschaulicht, wie es zusammengesetzt ist.

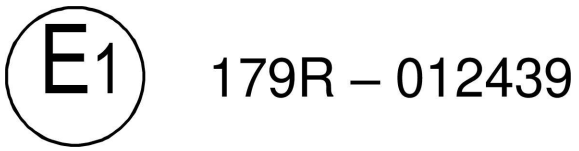
In der folgenden schematischen grafischen Darstellung werden die allgemeine Gestaltung, die Größenverhältnisse und die Inhalte der Kennzeichnungen gezeigt. Die Bedeutung der Zahlen und alphabetischen Zeichen wird angegeben, und es wird ferner auf Quellen verwiesen, die es ermöglichen, die entsprechenden Alternativen für jeden Genehmigungsfall festzustellen.

Kennzahl des Landes ([1])



a = 8 mm (min.)

Die folgende grafische Darstellung ist ein praktisches Beispiel für die vorgeschriebene Zusammensetzung der Kennzeichnung.



([1]) Kennzahl des Landes, das die Genehmigung erteilt/erweitert/versagt/zurückgenommen hat (siehe Vorschriften über die Genehmigung in der Regelung).

ANHANG 4

Verfahren für die Bremsemissionsprüfung

1. Einführung

In diesem Anhang ist das Verfahren für die Durchführung von Bremsemissionsprüfungen gemäß den Absätzen 7 und 8 dieser Regelung festgelegt.

Alle Querverweise in diesem Anhang auf andere Absätze gelten als Verweise auf Absätze in diesem Anhang, sofern nichts anderes angegeben ist, z. B. „Absatz x dieser Regelung“ oder „Anhang x Absatz x/Anlage x“.

2. - 6. Reserviert

7. Vorschriften für das Prüfsystem

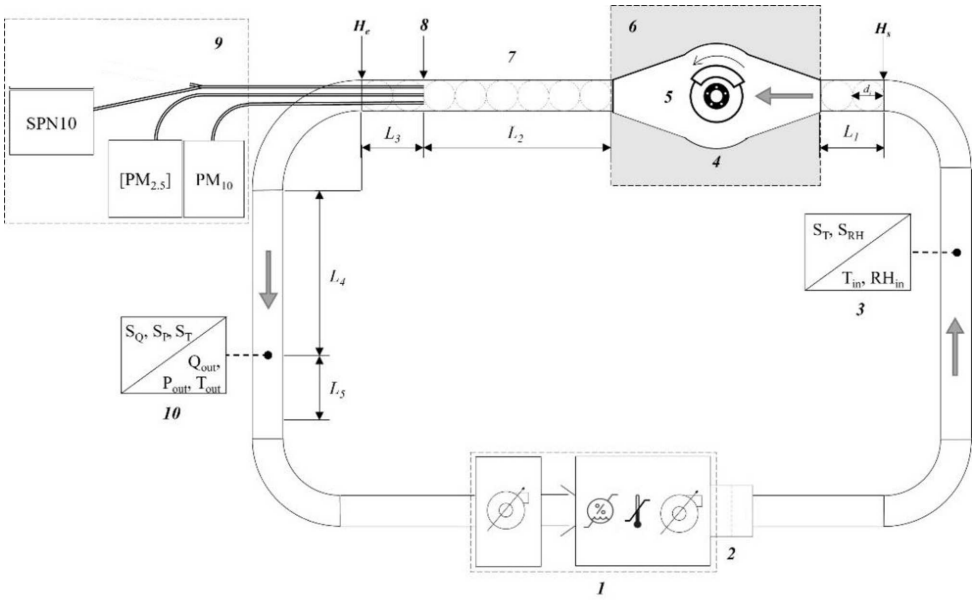
7.1. Allgemeine Prüfanordnung

In dieser Regelung wird ein Standard-Prüfstandverfahren für wiederholbare und reproduzierbare Messungen von Bremspartikelemissionen festgelegt. Das technische System zur Durchführung von Bremsemissionsprüfungen erfordert einen Systemansatz. Die Durchführung einer gültigen Bremsemissionsprüfung erfordert eine robuste Integration mehrerer Teilsysteme, um sicherzustellen, dass der Fahrzyklus, die Kühlluft, die Regelung des Prüfstands, der Bremsenprüfraum, der Probenahmetunnel, die Aerosol-Probenahmesysteme und die Datenerfassung den in dieser Regelung festgelegten Vorschriften entsprechen.

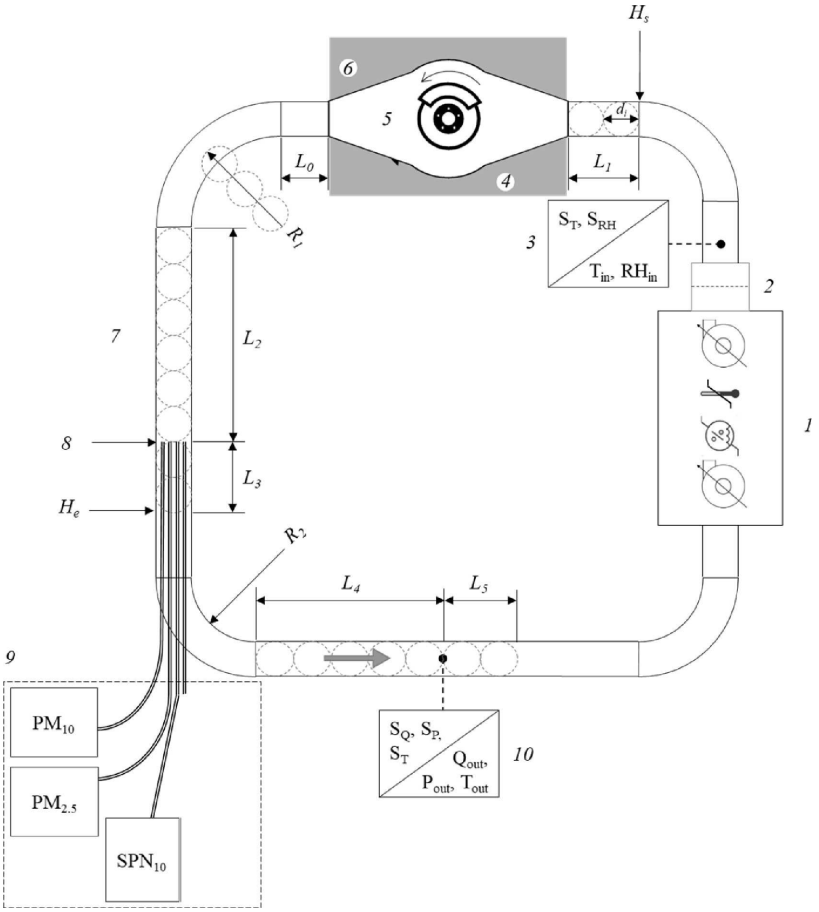
Abbildung A4/1 enthält zwei Beispiele für die Anordnung mit den mindestens erforderlichen Teilsystemen für die Durchführung einer Bremsemissionsprüfung auf einem Bremsenprüfstand. Die Beispielanordnungen enthalten eine Klimatisierungseinheit mit einem oder mehreren Ventilatoren mit variablem Durchsatz, die den Aufbau mit klimatisierter Luft versorgen. Die klimatisierte Luft gelangt in einen Bremsenprüfraum, in dem die gesamte geprüfte Bremsanlage untergebracht ist. Der Bremsenprüfstand ermöglicht und steuert die Prüfung der Bremse. Der Prüfraum ist direkt mit dem Probenahmetunnel verbunden, an dessen Ende drei oder vier Probenahmesonden angebracht sind. Die Probenahmesonden werden verwendet, um das Aerosol aus dem Tunnel in Richtung der PM- und PN-Messanordnung zu entnehmen. Im Tunnel unterhalb der Probenahmeebene wird ein Luftstrom-Messgerät eingebaut. Die Anordnung und die Abmessungen der verschiedenen Komponenten sind beispielhaft und dienen der Veranschaulichung; folglich ist eine genaue Übereinstimmung mit Abbildung A4/1 nicht erforderlich.

Abbildung A4/1

Beispiel für eine Anordnung für die Durchführung einer Bremsemissionsprüfung in der Prüfstelle a) ohne Biegung hinter dem Prüfraum und b) mit einer Biegung von 90° hinter dem Prüfraum



Anmerkung: a) In der Anordnung ist der Probenahmetunnel direkt mit dem Bremsenprüfraum verbunden; angenommen werden vier Probenahmesonden. Der Bremsenprüfstand ist nicht abgebildet, sondern gekennzeichnet (grauer Bereich) – grafische Darstellung des Bremsenprüfstands in Abbildung A4/2



Anmerkung: b) In der Anordnung befindet sich eine Kurve hinter dem Prüfraum und vor der Probenahmeebene; angenommen werden vier Probenahmesonden. Der Bremsenprüfstand ist nicht abgebildet, sondern gekennzeichnet (grauer Bereich) – grafische Darstellung des Bremsenprüfstands in Abbildung A4/2

Für die Anordnung der Teilsysteme Luftaufbereitung und Luftregelung sind mehrere Konfigurationen zulässig. Bei allen Ausführungen können der gleiche (nicht abgebildete) Bremsprüfstand, die gleiche Regelungssoftware, die gleiche Datenerfassung und die gleiche Bremsenaufnahme verwendet werden. Die Prüfeinrichtung muss jedoch sicherstellen, dass alle Konfigurationen mindestens die in Tabelle A4/1 aufgeführten Teilsysteme und Merkmale umfassen. Einzelheiten zu den verschiedenen Komponenten des Aufbaus sind den entsprechenden Absätzen dieser Regelung zu entnehmen (siehe Tabelle A4/1).

Tabelle A4/1

Teilsysteme und Merkmale, die für die Prüfanordnung für Bremsemissionsprüfungen erforderlich sind (siehe Abbildung A4/1)

Komponente	Teilsystem
1	Klimatisierungseinheit mit Gebläse mit variablem Durchsatz sowie Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsregelung gemäß Absatz 7.2.1.
2	Kühlluftfiltermedium gemäß Absatz 7.2.2.1.
3	Vor dem Bremsenprüfraum angebrachte Sensoren für die Temperatur und die Feuchtigkeit der Kühlluft gemäß den Absätzen 7.2.1.1. und 7.2.1.2.
4	Bremsenprüfraum gemäß Absatz 7.4.
5	Mit dem Bremsenprüfstand verbundene Bremseinheit gemäß Absatz 8.4.1.
6	Bremsenprüfstand (nicht abgebildet, aber in grau gekennzeichnet) gemäß Absatz 7.3.
7	Probenahmetunnel gemäß Absatz 7.5.
8	Probenahmeebene mit den entsprechenden PM- und PN-Probenahmesonden gemäß Absatz 7.6.
9	Instrumente zur Bestimmung der PM-Masse und zur Messung der PN-Konzentrationen gemäß Absatz 12.1 bzw. 12.2.
SPN10	Systeme zur Regelung, Messung und Ausgabe des SPN10-Signals gemäß Absatz 12.2.
$PM_{2,5}$, PM_{10}	Systeme zur Regelung des Probendurchsatzes, der zu beprobenden Bremspartikelmasse an den Filtern und der Ausgangssignale gemäß Absatz 12.1.
10	Element zur Messung des Luftstroms hinter der Probenahmeebene gemäß Absatz 7.2.3.
Zeichen	Merkmal
$\mathbf{L}_0$	Länge der geraden Leitung hinter dem Ausgang des Prüfraums. $L_0=L_2$, wenn sich keine Biegung hinter dem Prüfraum und vor der Probenahmeebene befindet
$\mathbf{L}_1$	Mindestlänge der geraden Leitung vor dem Einlass des Bremsenprüfraums gemäß Absatz 7.4.2.
$\mathbf{L}_2$	Mindestlänge der geraden Leitung von der letzten Störung vor der Probenahmeebene bis zur Probenahmeebene gemäß Absatz 7.5.
$\mathbf{L}_3$	Mindestlänge der geraden Leitung von der Probenahmeebene bis zur nächsten Störung hinter der Probenahmeebene gemäß Absatz 7.5.
$\mathbf{L}_4$	Mindestlänge der geraden Leitung von der letzten Störung vor dem Luftstrom-Messelement bis zum Luftstrom-Messelement gemäß Absatz 7.2.3.

Komponente	Teilsystem
$\mathbf{L_5}$	Mindestlänge der geraden Leitung vom Luftstrom-Messelement bis zur nächsten Störung hinter dem Luftstrom-Messelement gemäß Absatz 7.2.3.
$\mathbf{S_Q}$, $\mathbf{S_P}$, $\mathbf{S_T}$, $\mathbf{S_{RH}}$	Elektronische Ausgangssignale für Kühlluftstrom, Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Kühlluft gemäß den Absätzen 7.2.1 und 7.2.3
$\mathbf{d_i}$	Innendurchmesser der Referenzleitung. Entspricht dem Innendurchmesser des Probenahmetunnels.
$\mathbf{H_s}$, $\mathbf{H_e}$	Punkte, die den Anfang (H_s) und das Ende (H_e) des vorgeschriebenen horizontalen Teils in der Anordnung (in Strömungsrichtung) gemäß Absatz 7.4.2 bestimmen.

7.2. Klimatisierungseinheit und Kühlluft

Die klimatisierte Kühlluft a) sorgt für eine saubere und kontinuierliche Kühlung der Bremseinheit und b) befördert das Aerosol aus dem Prüfraum in den Probenahmetunnel und zu den PM/PN-Probenahmesonden. Die Kühlluft muss stabile Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen gemäß den Spezifikationen in Absatz 7.2.1 aufweisen, sauber sein und niedrige Hintergrundkonzentrationen gemäß Absatz 7.2.2 sowie einen konstanten Durchsatz aufweisen, um wiederholbare und reproduzierbare Prüfbedingungen gemäß den Spezifikationen in Absatz 7.2.3 zu gewährleisten.

Die klimatisierte Kühlluft wird dem Prüfaufbau über die Klimatisierungseinheit zugeführt. Eine typische Systemkonfiguration kann Kühleinrichtungen zur Kühlung und Entfeuchtung der Luft, Heizeinrichtungen zur Erhöhung der Lufttemperatur und Dampf- oder Wassernebelgeneratoren zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit umfassen. Fester Bestandteil der Einheit sind die PID-Regelungen, Alarmvorrichtungen und Sensoren zur Überwachung des Zustands aller Einrichtungen und Schnittstellen im geschlossenen Regelkreis. Das System besteht aus einem Gebläse mit variablem Volumenstrom, das die Anordnung über ein breites Spektrum von Luftströmen mit klimatisierter Kühlluft versorgen kann. Das System wird durch seine Mindest- und maximalen Betriebsdurchsätze bestimmt. Die folgenden Spezifikationen gelten für den Mindest- und maximalen Betriebsdurchsatz:

a) Der Mindest-Betriebsdurchsatz wird auf einen Bereich zwischen 100 m^3/h und 300 m^3/h festgelegt.

b) Der maximale Betriebsdurchsatz muss mindestens das Fünffache des Mindest-Betriebsdurchsatzes betragen.

c) Der maximale Betriebsdurchsatz muss mindestens 1 000 m^3/h über dem Mindest-Betriebsdurchsatz liegen.

In dem System können auch zwei Gebläse mit variablem Luftstrom (das eine zum Drücken, das andere zum Ziehen) kombiniert werden, um einen leichten Unterdruck im Inneren des Probenahmetunnels zu erzeugen. Die Regelung der Klimatisierungseinheit muss die erforderlichen Schnittstellen zum Bediener und zum Prüfstand bereitstellen können.

7.2.1. Klimatisierung der Kühlluft

Die Prüfeinrichtung überwacht und kontrolliert kontinuierlich die Temperatur und Feuchtigkeit der klimatisierten Kühlluft. Aus diesem Grund muss die Prüfeinrichtung vor dem Bremsenprüfraum Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren einbauen. Durch die Positionierung der Sensoren vor dem Bremsenprüfraum wird eine Beeinflussung der Rückmeldesignale durch die Wärmebelastung infolge der Bremsvorgänge vermieden. In Abbildung A4/1 ist eine mögliche Position der Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren dargestellt (Komponente 3).

Der Temperatursensor muss eine Genauigkeit von ±1 °C aufweisen. Der Sensor für die Messung der spezifischen und relativen Feuchtigkeit muss eine Genauigkeit von ± 5 °C des Nennwerts (d. h. 50 %) aufweisen. Die Prüfeinrichtung verwendet die Signale dieser Sensoren, um die Stabilität der Temperatur und Feuchtigkeit der Kühlluft zu überprüfen. In Tabelle A4/2 sind die Anforderungen an Temperatur, Feuchtigkeit und Strömung der Kühlluft zusammengefasst.

Tabelle A4/2

Zusammenfassung der Anforderungen an Temperatur, relative Feuchtigkeit und Strömung der Kühlluft

Parameter	Kühlluft-temperatur	Kühlluft, relative Feuchtigkeit	Kühlluft-strom
Nennwert	23 ^{0}C	50 %	Sollwert (Q_{set}) gemäß Absatz 10
Durchschnittswert: Höchstzulässige Toleranz	± 2 ^{0}C (21 ^{0}C ≤ T ≤ 25 ^{0}C)	± 5 % (45 % ≤ RH ≤ 55 %)	± 5 % von Q_{set}
Momentanwerte (1 Hz): Höchstzulässige Toleranz	± 5 ^{0}C (18 ^{0}C ≤ T ≤ 28 ^{0}C)	± 30 % (20 % ≤ RH ≤ 80 %)	± 5 % von Q_{set}
Momentanwerte (1 Hz): Zulässige Abweichung über die höchstzulässige Toleranz hinaus	nicht festgelegt	nicht festgelegt	± 10 % von Q_{set}
Momentanwerte (1 Hz): Überschreitung der maximalen Dauer über die höchstzulässige Toleranz hinaus	10 % der Dauer jedes Prüfabschnitts	10 % der Dauer jedes Prüfabschnitts	5 % der Dauer jedes Prüfabschnitts

7.2.1.1. Temperatur der Kühlluft

Die Temperatur der Kühlluft an der Messstelle muss wie nachstehend festgelegt konstant sein. Die Prüfeinrichtung führt folgende Schritte durch:

a) Einstellung der Temperatur der Kühlluft auf 23 °C. Die durchschnittliche Temperatur der Kühlluft darf nicht mehr als ± 2 °C vom Nennwert abweichen (d. h. 21 ^{0}C ≤ T ≤ 25 ^{0}C). Die Prüfeinrichtungen sollten versuchen, die Temperatur möglichst nahe am Nennwert von 23 °C zu halten.

b) Die Anforderungen an die durchschnittliche Temperatur der Kühlluft gemäß Buchstabe a dieses Absatzes gelten für alle Abschnitte der Bremsemissionsprüfung, einschließlich der Einstellung der Kühlluft, des Einfahrens und der Emissionsmessung (Abkühlabschnitte ausgenommen).

c) Berechnung und Erfassung der durchschnittlichen Temperatur der Kühlluft in allen Abschnitten gemäß Tabelle A4/14.

d) Die momentane Temperatur der Kühlluft darf nicht mehr als ± 5 °C vom Nennwert abweichen (d. h. 18 ^{0}C ≤ T ≤ 28 ^{0}C). Weicht die momentane Temperatur der Kühlluft um mehr als ± 5 °C vom Nennwert ab, so muss die Prüfeinrichtung sicherstellen, dass die unter Buchstabe e dieses Absatzes beschriebenen Bestimmungen eingehalten werden.

e) Die momentane Temperatur der Kühlluft darf nicht mehr als ± 5 °C vom Nennwert abweichen (T < 18 °C oder T > 28 °C), und das nicht länger als 10 % der Dauer der Prüfung (Abkühlabschnitte ausgenommen), wobei die Anforderungen an die Durchschnittstemperatur gemäß Buchstabe a dieses Absatzes erfüllt sein müssen:

   i) Die Gesamtzahl der Messwerte für die momentane Temperatur der Kühlluft (1 Hz) mit einem Wert unter 18 °C oder über 28 °C muss während des Abschnitts „Abkühlung“ weniger als 527 betragen.

   ii) Die Gesamtzahl der Messwerte für die momentanen Temperatur der Kühlluft (1 Hz) mit einem Wert unter 18 °C oder über 28 °C muss bei jedem WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Einfahren“ weniger als 1 583 betragen.

iii) Die Gesamtzahl der Messwerte für die momentane Temperatur der Kühlluft (1 Hz) mit einem Wert unter 18 °C oder über 28 °C muss für den WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“ (Abkühlabschnitte ausgenommen) weniger als 1 583 betragen.

f) Liegt die durchschnittliche oder die momentane Temperatur der Kühlluft außerhalb der in diesem Absatz festgelegten Grenzwerte, so ist die Prüfung ungültig.

7.2.1.2. Feuchtigkeit der Kühlluft

Die relative Feuchtigkeit der Kühlluft muss wie nachstehend festgelegt konstant sein. Die Prüfeinrichtung führt folgende Schritte durch:

a) Einstellung der relativen Feuchtigkeit der Kühlluft auf einen Nennwert von 50 %. Die durchschnittliche Feuchtigkeit der Kühlluft darf nicht mehr als ± 5 % vom Nennwert abweichen (d. h. 45 % ≤ RH ≤ 55 %). Die Prüfeinrichtungen sollten versuchen, die relative Feuchtigkeit möglichst nahe am Zielwert von 50 % zu halten.

b) Die Anforderungen an die relative Feuchtigkeit der Kühlluft gemäß Buchstabe a dieses Absatzes gelten für alle Abschnitte der Bremsemissionsprüfung, einschließlich der Einstellung der Kühlluft, des Einfahrens und der Emissionsmessung (Abkühlabschnitte ausgenommen).

c) Berechnung und Erfassung der durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit der Kühlluft in allen Abschnitten gemäß Tabelle A4/14.

d) Die momentane relative Feuchtigkeit der Kühlluft darf nicht mehr als ± 30 % vom Nennwert abweichen (d. h. 20 % ≤ RH ≤ 80 %). Weicht die momentane relative Feuchtigkeit der Kühlluft um mehr als ± 30 % vom Nennwert ab, so muss die Prüfeinrichtung sicherstellen, dass die unter Buchstabe e dieses Absatzes beschriebenen Vorschriften eingehalten werden.

e) Die momentane relative Feuchtigkeit der Kühlluft darf nicht mehr als ± 30 % vom Nennwert abweichen (RH < 20 % oder RH > 80 %), und das nicht länger als 10 % der Dauer der Prüfung (Abkühlabschnitte ausgenommen), wobei die Anforderungen an die relative Feuchtigkeit gemäß Buchstabe a dieses Absatzes erfüllt sein müssen:

i) Die Gesamtzahl der Messwerte für die momentane relative Feuchtigkeit der Kühlluft (1 Hz) mit einem RH-Wert unter 20 % oder über 80 % muss während des Abschnitts „Abkühlung“ weniger als 527 betragen.

ii) Die Gesamtzahl der Messwerte für die momentanen relative Feuchtigkeit der Kühlluft (1 Hz) mit einem RH-Wert unter 20 % oder über 80 % muss bei jedem WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Einfahren“ weniger als 1 583 betragen.

iii) Die Gesamtzahl der Messwerte für die momentane relative Feuchtigkeit der Kühlluft (1 Hz) mit einem RH-Wert unter 20 % oder über 80 % muss für den WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“ (Abkühlabschnitte ausgenommen) weniger als 1 583 betragen.

f) Liegt die durchschnittliche oder momentane relative Feuchtigkeit außerhalb der in diesem Absatz festgelegten Grenzwerte, so ist die Prüfung ungültig.

g) Zusätzlich zu den für die relative Feuchtigkeit festgelegten Spezifikationen muss die Prüfeinrichtung sicherstellen, dass die durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft während der gesamten Bremsemissionsprüfung zwischen 6 gH2O/kg und 11 gH2O/kg Trockenluft gehalten wird (Abkühlabschnitte ausgenommen).

Liegt die durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit außerhalb der in diesem Absatz festgelegten Grenzwerte, so ist die Prüfung ungültig.

7.2.2. Reinigung der Kühlluft

7.2.2.1. Filterung der Kühlluft

Die in das Prüfsystem eintretende Kühlluft muss durch ein Medium, das die Partikel der am stärksten durchdringenden Partikelgröße im Filtermaterial um mindestens 99,95 % reduzieren kann, oder durch einen Filter mindestens der Klasse H13 gemäß EN 1822 strömen. Jede andere Art von Filter zur Entfernung flüchtiger organischer Stoffe (Holzkohle, Aktivkohle oder Gleichwertiges) muss vor dem H13-Filter (oder Gleichwertigem) angebracht werden. In Abbildung A4/1 ist eine mögliche Position der Luftfiltereinrichtung dargestellt (Komponente 2).

7.2.2.2. Überprüfung des Partikelhintergrunds

Der Partikelhintergrund in der Gesamtanordnung ist auf der Grundlage der PN-Konzentration zu bestimmen. Die Prüfeinrichtung misst den Partikelhintergrund mit denselben Messgeräten, die auch für die PN-Emissionsmessungen verwendet werden. Einzelheiten zum PN-Messsystem sind Absatz 12.2 zu entnehmen. Die Prüfeinrichtung misst und meldet die SPN10-Hintergrundkonzentrationen auf zwei Ebenen: auf Systemebene und auf Ebene der Bremsemissionsprüfung.

7.2.2.2.1. Überprüfung des Partikelhintergrunds auf Systemebene

Die erste Ebene betrifft die Überprüfung des Systemhintergrunds bei der Einrichtung des Prüfstands, nach jeder größeren Wartungsarbeit oder bei Anzeichen einer Systemstörung. Die Prüfeinrichtung führt die folgenden Schritte für eine vollständige Hintergrundüberprüfung auf Systemebene durch:

a) Durchführung der Hintergrundüberprüfung, ohne dass die Bremsenaufnahme oder andere Bremsenbauteile im Bremsenprüfraum eingebaut sind.

b) Durchführung der Hintergrundüberprüfung mit dem SPN10-Messsystem, für das die kalibrierte PCRF-Mindesteinstellung eingestellt ist.

c) Beginn der Hintergrundüberprüfung mindestens fünf Minuten nach Stabilisierung des Kühlluftstroms auf die Durchschnittswerte gemäß Absatz 7.2.3 für die Stabilität des Kühlluftstroms und auf die Durchschnittswerte gemäß Absatz 7.2.1 für die Temperatur und die Feuchtigkeit der Kühlluft.

d) Durchführung der Hintergrundüberprüfung mit zwei verschiedenen Einstellungen für den Kühlluftstrom. Der Mindest- und der maximale Betriebsdurchsatz für das System müssen eingestellt werden. Die Prüfeinrichtung nimmt während der Hintergrundüberprüfung des Systems SPN10-Probenahmen vor. Die Prüfeinrichtung kann für die SPN10-Probenahme während der Hintergrundüberprüfung des Systems eine einzige Düsengröße verwenden, auch wenn unterschiedliche Einstellungen für den Luftstrom verwendet werden.

e) Das Verfahren zur Hintergrundüberprüfung wird so lange durchgeführt, bis sich die Hintergrundkonzentration stabilisiert hat. Die Hintergrundkonzentration gilt als stabil, wenn der gemittelte PCRF-korrigierte PN-Wert, berechnet als gleitender 5-Minuten-Durchschnitt, unter dem zulässigen Höchstwert gemäß Absatz 7.2.2.2.3 bleibt. Der gleitende 5-Minuten-Durchschnitt wird aus Probenahmen im 1-Sekunden-Intervall (1 Hz) errechnet.

7.2.2.2.2. Überprüfung des Partikelhintergrunds auf Prüfebene

Die zweite Ebene betrifft die Hintergrundüberprüfung vor und nach der Durchführung einer Bremsemissionsprüfung. Die Prüfeinrichtung führt die folgenden Schritte für die Überprüfung vor der Prüfung durch:

a) Durchführung der regulären Überprüfung vor der Prüfung vor dem Abschnitt „Einfahren“ mit angebrachter Bremseinheit. Die Scheibe/Trommel darf sich nicht drehen, und die Bremsklötze/Bremsbacken dürfen sich nicht bewegen. Während der Hintergrundüberprüfung darf keine Bremsung durchgeführt werden (kein Bremsdruck).

b) Durchführung der Überprüfung vor der Prüfung mit der Einstellung für den Kühlluftstrom, die für die betreffende Bremsemissionsprüfung festgelegt wurde. Für das SPN10-Messsystem muss die PCRF-Einstellung verwendet werden, die für die Bremsemissionsprüfung der geprüften Bremse gewählt wurde.

c) Einleitung der Hintergrundüberprüfung vor der Prüfung mindestens fünf Minuten nach Stabilisierung des Kühlluftstroms auf die Durchschnittswerte gemäß Absatz 7.2.3 für die Stabilität des Kühlluftstroms und auf die Durchschnittswerte gemäß Absatz 7.2.1 für die Temperatur und die Feuchtigkeit der Kühlluft.

d) Die Hintergrundüberprüfung vor der Prüfung wird so lange durchgeführt, bis sich die Hintergrundkonzentration stabilisiert hat. Die Hintergrundkonzentration gilt als stabil, wenn der PCRF-korrigierte PN-Wert, berechnet als gleitender 5-Minuten-Durchschnitt, unter dem zulässigen Höchstwert gemäß Absatz 7.2.2.2.3 bleibt. Der gleitende 5-Minuten-Durchschnitt wird aus Probenahmen im 1-Sekunden-Intervall (1 Hz) errechnet. Das PN-System darf nach Abschluss der Überprüfung vor der Prüfung und vor Abschluss der Überprüfung nach der Prüfung nicht abgeschaltet werden.

Die Prüfeinrichtung führt die folgenden Schritte für die Überprüfung nach der Prüfung durch:

e) Durchführung der regulären Überprüfung nach der Prüfung vor der Spülung des PN-Systems und mit angebrachter Bremseinheit. Die Scheibe/Trommel darf sich nicht drehen, und die Bremsklötze/Bremsbacken dürfen sich nicht bewegen. Während der Hintergrundüberprüfung darf keine Bremsung durchgeführt werden (kein Bremsdruck).

f) Durchführung der Überprüfung nach der Prüfung mit der Einstellung für den Kühlluftstrom, die für die betreffende Bremsemissionsprüfung verwendet wurde. Für das SPN10-Messsystem muss die PCRF-Einstellung verwendet werden, die für die Bremsemissionsprüfung gewählt wurde.

g) Einleitung der Hintergrundüberprüfung nach der Prüfung direkt nach der Emissionsprüfung und mit auf die Durchschnittswerte stabilisiertem Luftstrom gemäß Absatz 7.2.3 für die Stabilität des Kühlluftstroms und auf die Durchschnittswerte gemäß Absatz 7.2.1 für die Temperatur und die Feuchtigkeit der Kühlluft. Das PN-System darf nach Abschluss des Abschnitts „Emissionsprüfung“ und vor Abschluss der Überprüfung nach der Prüfung nicht abgeschaltet werden.

h) Die Hintergrundüberprüfung nach der Prüfung wird so lange durchgeführt, bis sich die Hintergrundkonzentration stabilisiert hat. Die Hintergrundkonzentration gilt als stabil, wenn der PCRF-korrigierte PN-Wert, berechnet als gleitender 5-Minuten-Durchschnitt, unter dem zulässigen Höchstwert gemäß Absatz 7.2.2.2.3 bleibt. Der gleitende 5-Minuten-Durchschnitt wird aus Probenahmen im 1-Sekunden-Intervall (1 Hz) errechnet.

7.2.2.2.3. Berechnung und Erfassung der Partikelhintergrundkonzentration

Der Hintergrund ist auf Basis der SPN10-Konzentration unter Standardbedingungen zu messen und zu erfassen. Die Prüfeinrichtung wendet folgendes Verfahren an:

a) Durchführung einer Nullzählung des Partikelzählers (PNC). An der Einlassöffnung des Partikelzählers ist ein Filter mit geeigneter Leistungsstärke gemäß den Angaben des Instrumentenherstellers anzubringen und die PN-Konzentration aufzuzeichnen. Der Messwert darf an der Einlassöffnung des Partikelzählers 0,2 Partikel pro cm^3 nicht überschreiten. Nach dem Entfernen des Filters muss der Partikelzähler einen Anstieg der gemessenen Konzentration anzeigen und auf ≤ 0,2 Partikel pro cm^3 zurückgehen, wenn der Filter erneuert wurde. Die PN-Messeinrichtung darf keine Fehler melden.

b) Messung des durchschnittlichen Werts der SPN10 ($SPN10_{b\#}$)-Hintergrundkonzentrationen auf Systemebene und auf Ebene der Prüfung gemäß den Absätzen 7.2.2.2.1. und 7.2.2.2.2. Die Hintergrundwerte sind in normalisierter Partikelzahlkonzentration (#/Ncm^3) gemäß Tabelle A4/14 zu erfassen.

c) Die durchschnittliche Hintergrundkonzentration im Tunnel darf über einen Zeitraum von 5 Minuten den Höchstwert von 20 Partikeln/Ncm^3 für SPN10 nicht überschreiten. Die Obergrenze von 20 Partikeln/Ncm^3 gilt für die Hintergrundkonzentration auf Systemebene und auf Ebene der Prüfung, wie in den Absätzen 7.2.2.2.1. und 7.2.2.2.2. beschrieben.

d) Werden die unter Buchstabe a beschriebene Nullzählung des Partikelzählers und die unter Buchstabe c dieses Absatzes festgelegten Grenzwerte für den Partikelhintergrund nicht eingehalten, so ist die Prüfung ungültig.

e) Bei der Erfassung des Werts für die SPN10-Konzentration im Abschnitt „Messung der Bremsemissionen“ gemäß Absatz 12.2.4 darf die Prüfeinrichtung den Wert für die Hintergrundkonzentration nicht abziehen.

7.2.2.2.4. Berechnung und Erfassung des Partikelhintergrunds pro gefahrener Strecke

Die Prüfeinrichtung muss auch den Hintergrund erfassen, ausgedrückt als Zahl der Partikel pro gefahrener Strecke, um den Änderungen der Einstellungen für die Kühlluft bei der Prüfung verschiedener Bremsen Rechnung zu tragen. Die Berechnung des Hintergrunds pro gefahrener Strecke erfolgt nach den Gleichungen 7.1 und 7.2:

reserviert (Gleichung 7.1)

$$SPN10_bEF = 10^6 \times SPN10_{b\#} \times NQ \div V_{Set} \quad \text{(Gleichung 7.2)}$$

Dabei gilt:

$SPN10_bEF$	ist der SPN10-Hintergrund im Probenahmetunnel in #/km.
$SPN10_{b\#}$	ist die durchschnittliche normalisierte und PCRF-korrigierte SPN10-Hintergrundkonzentration im Probenahmetunnel in #/Ncm³.
NQ	ist der durchschnittliche normalisierte Luftstrom im Probenahmetunnel in Nm³/h.
V_{Set}	ist die durchschnittliche lineare Nenngeschwindigkeit des WLTP-Bremszyklus in km/h.

a) Die PN-Hintergrundkonzentration ($SPN10_{b\#}$) entspricht dem durchschnittlichen normalisierten Wert und dem PCRF-korrigierten SPN10-Wert, der während der Hintergrundüberprüfung anhand der Parameter in Tabelle A4/14 berechnet wurde.

b) Berechnung des normalisierten durchschnittlichen Kühlluftstroms (NQ) während der Hintergrundüberprüfung anhand der Parameter in Tabelle A4/14.

c) Die durchschnittliche lineare Nenngeschwindigkeit des WLTP-Bremszyklus entspricht 43,7 km/h (V_{set} = 43,7 km/h).

d) Berechnung und Erfassung der Werte für die Hintergrundpartikelkonzentration für jede gefahrene Strecke ausschließlich auf Ebene der Prüfung – gemäß Tabelle A4/14.

7.2.3. Kühlluftstrom

Die Prüfeinrichtung misst und erfasst den Kühlluftstrom während der gesamten Bremsemissionsprüfung. Die Messung des Kühlluftstroms muss folgenden Anforderungen entsprechen:

a) Das Verfahren zur Messung des Kühlluftstroms muss unter allen Betriebsbedingungen eine Messgenauigkeit von ± 2 % des Sollwerts aufweisen.

b) Messung des Kühlluftstroms nach der Probenahmeebene. In Abbildung A4/1 ist eine mögliche Position des Luftstrom-Messgeräts dargestellt (Komponente 10).

c) Bei einer Messung an einem einzigen Messpunkt ist das Luftstrom-Messelement in der Mitte der Leitung mindestens fünf Tunneldurchmesser stromabwärts und zwei Tunneldurchmesser stromaufwärts von jeder Strömungsstörung anzubringen. Der Luftstrom-Messbereich kann einen anderen Innendurchmesser haben als der Probenahmetunnel. In diesem Fall bezieht sich der Durchmesser der Leitung auf den Innendurchmesser der Leitung, in der sich das Luftstrom-Element befindet. Durch den Einbau des Luftstrom-Messgeräts dürfen sich keine nennenswerten Druckveränderungen ergeben (d. h. der Druck an dem Luftstrom-Messelement darf um nicht mehr als ± 1 kPa vom Umgebungsdruck abweichen). Der Innendurchmesser der Leitung muss mindestens 35 % des Innendurchmessers des Probenahmetunnels betragen.

d) Bei einer Messung an mehreren Messpunkten ist das Luftstrom-Messelement senkrecht zur Strömungsrichtung mindestens fünf Tunneldurchmesser stromabwärts und zwei Tunneldurchmesser vor jeder Strömungsstörung anzubringen. „Kanaldurchmesser“ bezieht sich auf den Innendurchmesser der Leitung, in der sich die Luftstrom-Messelemente befinden. Die Spezifikationen für den Einbau des Luftstrom-Messgeräts gemäß Buchstabe c dieses Absatzes gelten, wenn der Innendurchmesser der Leitung nicht mit dem Innendurchmesser des Probenahmetunnels übereinstimmt.

e) Es muss ein Luftstrom-Messgerät verwendet werden, das so kalibriert ist, dass es den Luftstrom unter Standardbedingungen anzeigt. Um eine angemessene Umrechnung auf Betriebsbedingungen zu gewährleisten, muss der Temperatursensor eine Genauigkeit von ± 1 °C aufweisen, und Druckmessungen müssen mit einer Präzision und Genauigkeit von ± 0,4 kPa durchgeführt werden.

f) Ist das Luftstrom-Messgerät nicht so kalibriert, dass es Werte unter Standardbedingungen anzeigt, muss es mit einem Temperatursensor ausgestattet sein, der unmittelbar vor der Messeinrichtung eingebaut ist. Der Temperatursensor muss den unter Buchstabe e dieses Absatzes beschriebenen Anforderungen an die Genauigkeit entsprechen. Diese Messung ist zur Normalisierung der Luftstromwerte zu verwenden.

g) Ist das Luftstrom-Messgerät nicht so kalibriert, dass es Werte unter Standardbedingungen anzeigt, muss sichergestellt werden, dass auch der absolute Druck bzw. der Druckunterschied zum atmosphärischen Druck gemessen wird; die Messung muss nach der Messeinrichtung erfolgen. Die Druckmessungen müssen den unter Buchstabe e dieses Absatzes beschriebenen Anforderungen an die Präzision und Genauigkeit entsprechen. Diese Messung ist zur Normalisierung der Luftstromwerte zu verwenden.

h) Bei der Verwendung von Luftfiltern zum Schutz des Luftstrom-Messgeräts vor Verunreinigungen ist der Filter mindestens fünf Kanaldurchmesser vor der Messeinrichtung einzubauen. Kontinuierliche Überwachung auf einen Druckabfall und gegebenenfalls Korrektur des gemessenen Luftstroms. Befolgung der Empfehlungen des Herstellers des Luftstrom-Messgeräts für den Typ und die Spezifikationen des Schutzfilters.

Die Prüfeinrichtung muss sicherstellen, dass der Kühlluftstrom während der gesamten Bremsemissionsprüfung konstant ist:

i) Der Soll- (Nenn-)Wert für den Kühlluftstrom (Q_{set}) muss während aller Abschnitte einer Bremsemissionsprüfung gleich und konstant sein. Für die Abschnitte „Einstellung der Kühlung“, „Einfahren“ und „Emissionsmessung“ (einschließlich der Abkühlabschnitte) ist derselbe Sollwert zu verwenden. Dies gilt nicht für die nicht erfolgreichen Iterationen des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“, bei denen der Sollwert für den Kühlluftstrom abweichen kann.

j) Während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ muss der durchschnittliche gemessene Kühlluftstrom ± 5 % des zu Beginn der Prüfung festgelegten Sollwerts betragen.

k) Während des Abschnitts „Einfahren“ muss der durchschnittliche gemessene Kühlluftstrom ± 5 % des Nennwerts betragen, der während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ für die betreffende Bremse festgelegt wurde.

l) Während des Abschnitts „Emissionsmessung“ muss der durchschnittliche gemessene Kühlluftstrom ± 5 % des Nennwerts betragen, der während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ für die betreffende Bremse festgelegt wurde.

m) Berechnung und Erfassung des zeitgemittelten gemessenen Kühlluftstroms in allen Abschnitten gemäß Tabelle A4/14.

n) Entspricht der durchschnittliche Nenn- oder gemessene Kühlluftstrom nicht den in diesem Absatz festgelegten Anforderungen, so ist die Prüfung ungültig.

o) Der momentane Kühlluftstrom darf während höchstens 5 % der Dauer des Zyklus um mehr als ± 5 % bis ± 10 % des Nennwerts abweichen, wobei die Anforderungen an den durchschnittlichen gemessenen Kühlluftstrom gemäß diesem Absatz erfüllt sein müssen. Dies gilt für die Abschnitte „Einstellung der Kühlung“ und „Emissionsmessung“:

   i) Beim Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ darf der momentane Kühlluftstrom nicht länger als 264 s zwischen ± 5 % und ± 10 % vom Sollwert abweichen.

   ii) Beim Abschnitt „Emissionsmessung“ darf der momentane Kühlluftstrom nicht länger als 792 s zwischen ± 5 % und ± 10 % vom Sollwert abweichen (Abkühlabschnitte ausgenommen).

p) Der Kühlluftstrom muss neben der Einhaltung der in diesem Absatz festgelegten Obergrenzen für die durchschnittlichen und momentanen Werte in Kombination mit dem Probenahmeluftstrom in den PM- und PN-Probenahmeleitungen den isokinetischen Anforderungen gemäß Absatz 12.1.2.3 bzw. 12.2.3.2 entsprechen.

q) Vor der Prüfung ist eine Dichtheitsprüfung des Systems durchzuführen, die die Leitungen und den Prüfraum abdeckt. Der Kühlluftstrom wird auf die für die Prüfung der betreffenden Bremse festgelegte Einstellung für die Kühlung eingestellt und nach Stabilisierung des Luftstroms mindestens 2 Minuten lang gemessen. Beträgt der durchschnittliche gemessene Luftstrom ± 5 % des Sollwerts, kann die Prüfung durchgeführt werden. Schwankt der Luftstrom um mehr als ± 5 % des eingestellten Werts, sind die Prüftätigkeiten einzustellen, das Luftstrom-Messgerät zu überprüfen, mögliche Leckagequellen zu ermitteln und Abhilfemaßnahmen zu ergreifen. Die Prüfung kann erst nach einer erfolgreichen Dichtheitsprüfung fortgesetzt werden. Zur Bestimmung der Leckagerate des Systems können alternative Methoden angewandt werden, die den Spezifikationen des Systemherstellers entsprechen. Die Prüfeinrichtung muss jedoch stets die tatsächliche Höhe der Luftstromschwankungen gegenüber dem Sollwert erfassen.

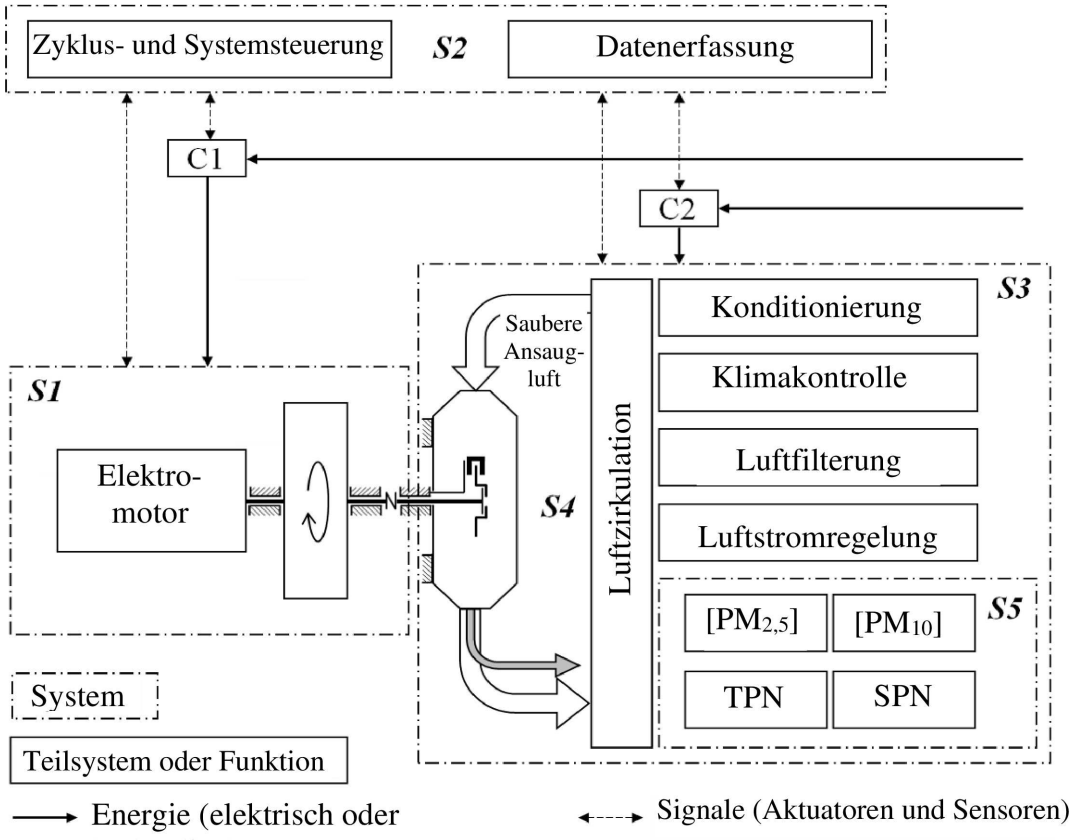
r) Die Prüfeinrichtung muss den Kühlluftstrom in die zeitbasierte Datei der Bremsemissionsprüfung eintragen. Darüber hinaus muss die Prüfeinrichtung sowohl den tatsächlichen als auch den normalisierten Luftstrom gemäß Tabelle A4/14 erfassen.

7.3. Bremsenprüfstand und Automatisierungssysteme

Der Bremsenprüfstand ist ein technisches System, das der geprüften Bremse die geregelte kinetische Energie zuführt. Dabei wird im Wesentlichen kinetische Rotationsenergie in Wärmeenergie umgewandelt (Abbildung A4/2 – S1). Abbildung A4/2 zeigt die Anordnung des Prüfsystems mit dem Bremsenprüfstand und die Interaktionen mit den Teilsystemen, die mindestens für die Durchführung einer Bremsemissionsprüfung nach dieser Regelung erforderlich sind.

Abbildung A4/2

Bremsenprüfstand und Automatisierungssysteme in der allgemeinen Prüfanordnung



Anmerkung: S1: Bremsenprüfstand, S2: Automatisierungs-, Steuerungs- und Datenerfassungssystem, S3: Klimatisierungseinheit, S4: Bremsenprüfraum und Probenahmeebene, S5: Emissionsmesssystem. C1 und C2: Energiesteuerung und Überwachungssystem in der Prüfeinrichtung. Der graue Pfeil stellt die Aerosolprobe der geprüften Bremse dar.

Der Bremsenprüfstand muss mindestens aus folgenden Komponenten bestehen:

a) Elektromotor mit variabler Drehzahl, um die Drehzahl zu erhöhen oder konstant zu halten und das Prüfträgheitsmoment entsprechend den Prüferfordernissen anzupassen.

b) Servo-Regelung (hydraulisch oder elektrisch) zum Betätigen der geprüften Bremse.

c) Mechanische Einheit zur Aufnahme der geprüften Bremse, die die freie Drehung der Bremsscheibe oder -trommel ermöglicht und die Reaktionskräfte beim Bremsen aufnimmt.

d) Starre Struktur zur Aufnahme aller vorgeschriebenen Teilsysteme. Die Struktur muss in der Lage sein, die von der geprüften Bremse erzeugten Kräfte und Drehmomente aufzunehmen.

e) Sensoren und Einrichtungen zur Erhebung von Daten und zur Überwachung des Betriebs des Prüfsystems.

Fester Bestandteil des Prüfsystems ist das Automatisierungs-, Steuerungs- und Datenerfassungssystem (Abbildung A4/2 – S2). Es steuert kontinuierlich die Drehzahl des Motors sowie den Betrieb und die Interaktionen zwischen den verschiedenen Systemen (Abbildung A4/2 – S3, S4, S5). Die Teilsysteme S3, S4 und S5 werden in den Absätzen 7.2., 7.4. bis 7.5. bzw. 12.1. bis 12.2. ausführlich beschrieben. Die verschiedenen Komponenten und Teilsysteme in Abbildung A4/2 dienen lediglich zur Orientierung; daher ist keine genaue Übereinstimmung mit der Abbildung vorgeschrieben.

Das Automatisierungs-, Steuerungs- und Datenerfassungssystem stellt alle Funktionen bereit, die die Bremsemissionsprüfung ermöglichen. Es beschleunigt die Bremse bei Beschleunigungsvorgängen, hält die Fahrgeschwindigkeit konstant und moduliert das Reibungsmoment bei Verzögerungsvorgängen, um die kinetische Energie der umlaufenden Massen zu verringern. Darüber hinaus stellt das Automatisierungs-, Steuerungs- und Datenerfassungssystem eine Schnittstelle zum Bediener bereit, speichert die Daten der Prüfung und koordiniert die Schnittstellen mit anderen Systemen in der Prüfeinrichtung. Das Automatisierungssystem muss in der Lage sein, das Drehmoment des Elektromotors aktiv zu steuern, um das wirksame Gesamt-Prüfträgheitsmoment bei Verzögerungsvorgängen zu erhöhen oder zu verringern. Der Elektromotor muss zudem in der Lage sein, einen Teil der kinetischen Energie aufzunehmen, die den Fahrwiderständen auf der Straße und der Nicht-Reibungsbremsung des Antriebsstrangs des Fahrzeugs entspricht. Die Software, die das Prüfsystem steuert, muss mindestens mit den folgenden Funktionen ausgestattet sein:

f) Automatische Durchführung des Fahrzyklus durch Steuerung aller Regelkreisprozesse (hauptsächlich Bremsregelung, Kühlluftzufuhr und Emissionsmesseinrichtungen).

g) Kontinuierliche Probenahme und Erfassung von Daten von allen relevanten Sensoren, um die in Absatz 13 dieses Anhangs festgelegten Ergebnisse bereitzustellen.

h) Überwachung von Signalen, Meldungen, Alarmen oder Notschaltungen des Bedieners und der verschiedenen an das Prüfsystem angeschlossenen Systeme.

7.4. Auslegung des Bremsenprüfraums

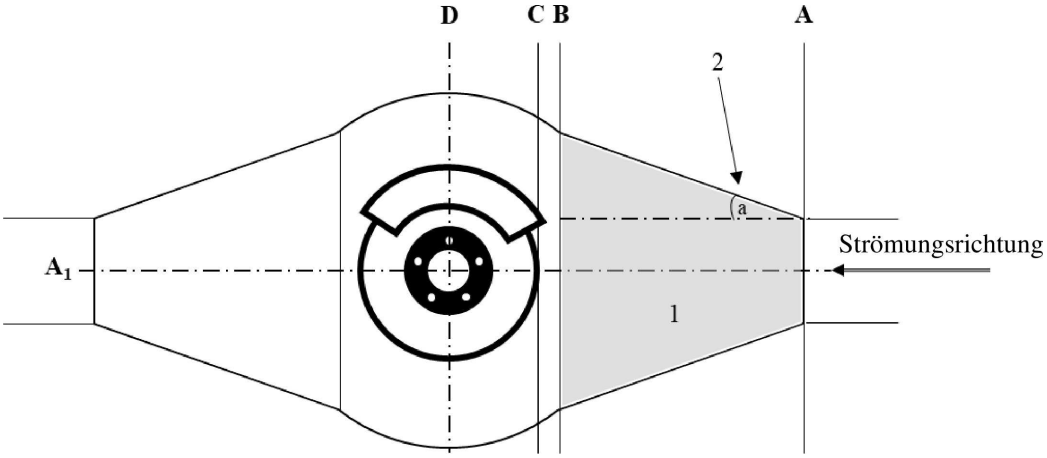
Der Bremsenprüfraum ist die Prüfkammer, in der die Bremseinheit für die Prüfung der Bremsemissionen eingebaut ist. Es handelt sich um eine abgedichtete Kammer, die verhindert, dass nicht aufbereitete Luft in die Bremse gelangt und die um die Bremse strömende Luft verunreinigt. Im Bremsenprüfraum wird gleichmäßig klimatisierte Luft zwecks Kühlung zur Bremse geleitet und Aerosol in den Probenahmetunnel befördert. Die Anforderungen für die Auslegung des Bremsenprüfraums sollen als allgemeine Leitlinien dienen, um die Vergleichbarkeit der Systeme in Bezug auf die Bremsenkühlung und die Wirksamkeit der Partikelbeförderung zu gewährleisten. In Abbildung A4/1 ist eine mögliche Position des Bremsenprüfraums dargestellt (Komponente 4).

7.4.1. Allgemeine Komponenten

Ein Beispiel für die Form des Prüfraums ist in Abbildung A4/3 dargestellt. Der Prüfraum ist durch eine horizontale und vier vertikale Ebenen definiert. Ebene A_1 stellt die horizontale Ebene dar, die an der Bremsendrehachse und der Achse der Ein- und Auslassleitungen ausgerichtet ist. Ebene A stellt die vertikale Ebene dar, die am Einlass des Prüfraums ausgerichtet ist. Ebene B stellt die vertikale Ebene am Ende des Übergangs von der Einlassleitung zum Mittelteil des Prüfraums dar. Ebene C wird durch die größte Bremseinheit bestimmt, die an den in den Anwendungsbereich dieser Regelung fallenden Fahrzeuge angebracht ist, bzw. durch jede Bremse mit ähnlichen Abmessungen (d. h. mit einem Durchmesser von 450 mm). Ebene D stellt die vertikale Ebene dar, die an der Bremsendrehachse ausgerichtet ist.

Abbildung A4/3

Beispielhafte schematische Darstellung des Bremsenprüfraums



Der Einlassübergang (Abbildung A4/3-1) ist definiert als Bereich des Prüfraums zwischen den Ebenen A und B; er ist grau dargestellt. Der Übergangswinkel „a" (Abbildung A4/3-2) gibt an, wie fließend der Übergangsbereich im Prüfraum verläuft. In Abbildung A4/3 strömt die Kühlluft von rechts nach links.

7.4.2. Auslegungsspezifikationen

Die folgenden allgemeinen Spezifikationen für die Auslegung des Bremsenprüfraums und die Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchmischung und der Gleichmäßigkeit des Luftstroms in diesem Raum müssen eingehalten werden:

a) Der Bremsenprüfraum muss aus zwei konischen oder trapezförmigen Abschnitten bestehen, die sich in der Mitte mit einem Zylinder schneiden, der konzentrisch zur Bremsendrehachse liegt.

b) Der Übergang von Ebene A zu Ebene B muss fließend und kontinuierlich sein, ohne abrupte Veränderungen. Die Anforderungen gelten für die vertikale Ebene entlang der Leitungsachse und für die horizontale Ebene A1 entlang des Querschnitts des Prüfraums (sich schneidender Zylinder).

c) Die Querschnitte des Einlasses und des Auslasses sind so auszulegen, dass kleine Übergangswinkel ($15° \leq a \leq 30°$) gewährleistet sind, um plötzliche Veränderungen der Querschnittsform oder -größe zu vermeiden.

d) Die Übergangspunkte zwischen den Segmenten dürfen keine Unebenheiten oder Merkmale aufweisen, an denen sich Bremspartikel ansammeln können, die später während der Prüfung in die Luft gelangen könnten.

e) Werden an den Übergangsstellen Befestigungselemente angebracht, so dürfen sie nicht in den Bereich des Prüfraums hineinragen.

f) Die Kühlluft darf nur in horizontaler Richtung in den Prüfraum ein- und austreten (d. h. die durch Ebene A1 definierte Mittelachse des Prüfraums muss mit der Luftströmungsrichtung übereinstimmen). Der Tunnel muss auf einer Länge von mindestens zwei Leitungsdurchmessern ($2 \bullet d_i$) vor dem Einlass des Prüfraums horizontal und gerade verlaufen. Die Tunnelleitungen müssen auch nach dem Prüfraum auf einer Länge von mindestens zwei Leitungsdurchmessern ($2 \bullet d_i$) hinter der Probenahmeebene gemäß Absatz 7.5 horizontal verlaufen.

g) Die Oberflächen des Bremsenprüfraums, die mit dem Aerosol in Berührung kommen, müssen nahtlos ausgeführt sein. Es ist nichtrostender Stahl mit elektropolierter Endbearbeitung (oder gleichwertiger Art) zu verwenden, um eine ultrareine und ultrafeine Oberfläche zu erhalten und die Korrosionsbeständigkeit zu erhöhen.

h) Alle Materialien (einschließlich Dichtungen) müssen so ausgewählt werden, dass ein ausreichender Schutz gegen die verwendeten Medien (z. B. Bremsflüssigkeit) beim Prüfaufbau gewährleistet ist. Alle Spalten und Schnittstellen des Prüfraums müssen mit Dichtungen oder gleichwertigen Materialien luftdicht verschlossen sein.

i) Der Luftstrom am Einlass des Prüfraums muss bei allen Einstellungen der Luftstromprüfung mit einer Reynolds-Zahl von mindestens 4 000 für alle Luftstrom-Prüfeinstellungen turbulent bleiben, um eine hinreichende Durchmischung zu gewährleisten. Die Reynolds-Zahl R_e für eine bestimmte Bremsemissionsprüfung ist nach Gleichung 7.3 zu berechnen.

$$R_e = (U \times d_i)/(\upsilon \times 3.6 \times 1000) \qquad \text{(Gleichung 7.3)}$$

Dabei gilt:

R_e ist die Reynolds-Zahl für die jeweilige Bremsemissionsprüfung (ohne Einheit).

U ist die durchschnittliche Geschwindigkeit des Kühlluftstroms im Probenahmetunnel in km/h.

d_i ist der Durchmesser des Probenahmetunnels in mm gemäß Tabelle A4/1.

υ ist die kinematische Viskosität der Luft (es ist der Standardwert $1{,}48\times10^{-5}$ m²/s zu verwenden).

Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Kühlluft im Probenahmetunnel kann anhand des gemessenen Luftstroms und des Innendurchmessers des Probenahmetunnels nach Gleichung 7.4 berechnet werden.

$$U = (4 \times 10^3 \times Q)/(\pi \times d_i^2) \qquad \text{(Gleichung 7.4)}$$

Dabei gilt:

Q ist der gemessene Kühlluftstrom in m³/h gemäß Tabelle A4/10.

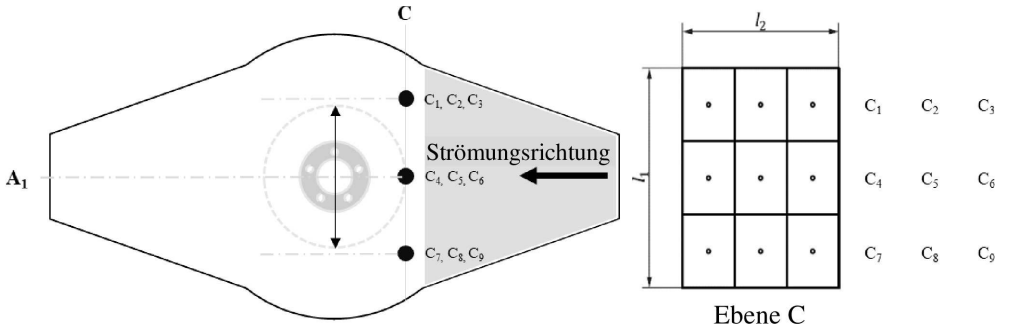
d_i ist der Durchmesser des Probenahmetunnels in mm gemäß Tabelle A4/1.

j) Ebene C verläuft tangential zu einer beliebigen Scheibe mit einem Durchmesser von 450 mm. Die Querschnittsfläche am Einlass des Prüfraums ist so auszulegen, dass die Luftgeschwindigkeit auf Ebene C unter der in Buchstabe l dieses Absatzes festgelegten höchstzulässigen Toleranz für die Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit bleibt. Gegebenenfalls sind Strömungsgleichrichter oder Diffusorplatten auf der Seite des Einlasses vor Ebene B vorzusehen, um eine möglichst gleichmäßige Strömung auf Ebene C zu gewährleisten.

k) Die Werte für die Luftgeschwindigkeit sind an neun Positionen der Ebene C gemäß Abbildung A4/4 zu ermitteln. Ebene C ist durch Geraden, die parallel zu den Seiten der Ebene verlaufen, in neun gleiche Bereiche zu unterteilen (l_1 steht für die Höhe der Ebene C und l_2 für die axiale Tiefe der Ebene C). Punkt C5 ist der Mittelpunkt von Ebene C. Die übrigen 8 Punkte sind gleichmäßig um den Punkt C5 zu verteilen und in der Mitte der gedachten Geraden zwischen Punkt C5 und den Wänden des Prüfraums auf Ebene C zu platzieren (siehe Abbildung A4/4).

Abbildung A4/4

Referenzpositionen für die Überprüfung der Luftgeschwindigkeit



Anmerkung: Linke Seite – Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchmischung und der Gleichmäßigkeit des Luftstroms mithilfe von Ebene C für eine Scheibe mit einem Außendurchmesser von 450 mm. Rechte Seite – Verteilung der Messpositionen auf Ebene C (in Strömungsrichtung).

l) Die Luftgeschwindigkeitswerte sind an den neun Stellen der Ebene C zu ermitteln, ohne dass eine Bremseinheit oder eine Bremsenaufnahme eingebaut ist. Alle für die Bremsemissionsprüfung verwendeten Kühlluftleitungen müssen während dieser Messungen mit dem Prüfraum verbunden bleiben. Messung des Mindest- und des maximalen Betriebsdurchsatzes des Prüfsystems. Vor jeder Messung muss sich der Luftstrom mindestens 2 Minuten lang stabilisieren. Der Luftstrom gilt als stabilisiert, wenn der durchschnittliche gemessene Luftstrom im Probenahmetunnel ± 5 % des Sollwerts beträgt. Die Luftgeschwindigkeit ist nach der Stabilisierung mindestens 2 Minuten lang zu messen. Die Messdauer muss so lang sein, dass jede Instabilität im Geschwindigkeitsmuster, die die Geschwindigkeitswerte beeinflussen könnte, erkannt werden kann. Die Luftgeschwindigkeit darf an keiner Position um mehr als ± 35 % vom arithmetischen Mittel aller Messungen für einen bestimmten Luftstrom abweichen.

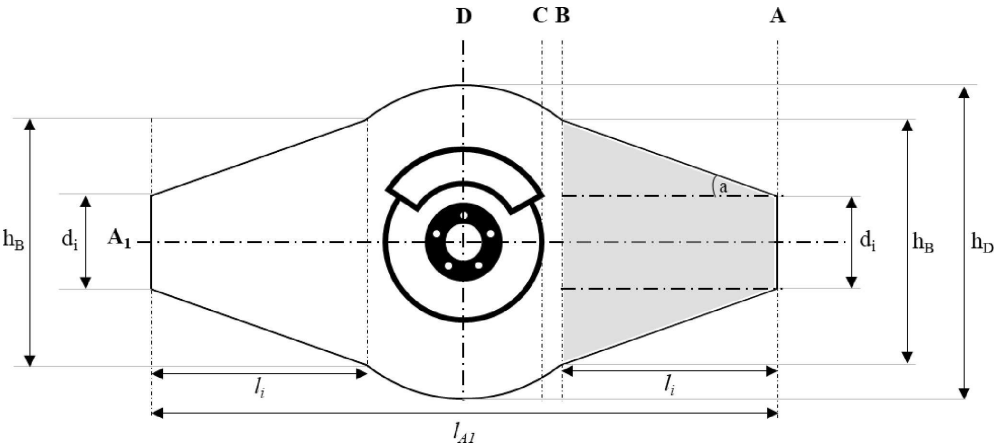
Bei der Reinigung und Wartung des Bremsenprüfraums sind die Angaben des Herstellers zu Häufigkeit und Hilfsmitteln zu beachten. Die Prüfeinrichtung muss vor Beginn der Bremsemissionsprüfung sicherstellen, dass der Prüfraum sauber ist.

7.4.3. Abmessungen

Die Prüfeinrichtung muss den Bremsenprüfraum mit der gebotenen Sorgfalt so auswählen, dass er für die größte Bremseinheit passend ist, die in den in den Anwendungsbereich dieser Regelung fallenden Fahrzeugen verbaut ist. Dies schließt mögliche zusätzliche Teile ein, die zur Verringerung der Partikelemissionen bestimmt sind (z. B. Bremsfilter), sofern ihre Abmessungen den Abmessungen der Räder entsprechen, an denen die Bremse angebracht ist. Darüber hinaus muss die Prüfeinrichtung sicherstellen, dass bei der Auswahl die im Rahmen der Prüfung erwarteten Fähigkeiten in Bezug auf Geschwindigkeit, Prüfträgheitsmoment der Bremse und Bremsmoment berücksichtigt werden. Überdimensionierte Bremsprüfräume können zu Niederdruckbereichen, niedrigen Luftgeschwindigkeiten zur Erreichung der angestrebten Bremstemperaturen und längeren Partikelbeförderungszeiten führen. Abbildung A4/5 enthält ein Beispiel für eine Anordnung mit den Hauptabmessungen für den Prüfraum.

Abbildung A4/5

Beispielhafte schematische Darstellung des Bremsenprüfraums und seiner Hauptabmessungen



Die Mindestanforderungen in Bezug auf die Abmessungen des Bremsenprüfraums sind nachstehend beschrieben. Zusätzlich zu den in diesem Absatz beschriebenen Anforderungen hinsichtlich der Abmessungen muss die Prüfeinrichtung sicherstellen, dass mit den gewählten Abmessungen eine Auslegung gewährleistet ist, die allen in Absatz 7.4.2 festgelegten Anforderungen entspricht.

a) Der Bremsenprüfraum ist symmetrisch zu Ebene A_1 auszulegen. Die Länge von Ebene A_1 (l_{A1}) stellt die größte Länge des Prüfraums in Strömungsrichtung dar. Ebene A_1 muss eine Länge zwischen 1 200 mm und 1 400 mm (1 200 mm l_{A1} ≤ 1 400 mm) haben.

b) Der Bremsenprüfraum ist symmetrisch zu Ebene D auszulegen. Die Länge von Ebene D (h_D) stellt den größten Abstand (Höhe) des Prüfraums senkrecht zur Strömungsrichtung dar. Die Höhe von Ebene D muss zwischen 600 mm und 750 mm (600 mm h_D ≤ 750 mm) liegen.

c) Der Abstand zwischen Ebene C und Ebene D ist so groß wie der Radius der größten auf dem Markt verfügbaren Bremse für Fahrzeuge, die in den Anwendungsbereich dieser Regelung fallen. Die Lage von Ebene C in Abbildung A4/5 dient der Veranschaulichung und entspricht keinen tatsächlichen Spezifikationen für die Abmessungen.

d) Die Höhe auf Ebene B (h_B) ist so auszulegen, dass das h_B/h_D-Verhältnis stets größer als 60 % ist (h_B/h_D > 60 %). Die Übergangstiefe des Querschnitts auf Ebene B ist so auszulegen, dass sie der axialen Tiefe des Prüfraums gemäß Buchstabe g dieses Absatzes entspricht.

e) Die Übergangslänge (l_i) und -höhe (h_B) des Auslasses sind so auszulegen, dass sie der Übergangslänge (l_i) und -höhe (h_B) des Einlasses entsprechen.

f) Der Durchmesser von Einlass und Auslass (d_i) muss dem Durchmesser der Leitung im Probenahmetunnel gemäß Absatz 7.5 entsprechen.

g) Die maximale axiale Tiefe des Bremsenprüfraums auf Ebene D (parallel zur Drehachse der Bremse) muss zwischen 400 mm und 500 mm betragen.

7.4.4. Bremsfiltersysteme

Der Einbau von Bremsfiltersystemen oder anderen Bremsstaubabscheidevorrichtungen darf die Leistung der Anlage nicht beeinträchtigen. Positionierung, Länge und Biegungen der Systemschläuche müssen repräsentativ für reale Anwendungen sein. Teile der Systeme können außerhalb des Prüfraums eingebaut werden, solange sich dadurch nicht der Partikelabscheidegrad des Bremsfiltersystems verschlechtert. Jeder aus dem Prüfraum entnommene Strom muss am Tunneleinlass ungefähr in der Mitte des Querschnitts zurückgeleitet werden. Ist ein aktives System für die Verwendung eines oder mehrerer Filter und eines einzelnen Gebläses für mehr als eine Bremse für Fahrzeuganwendungen ausgelegt, so muss der zusätzliche Volumenstrom, der zum Ausgleich des Volumenstroms der anderen Bremsen erforderlich ist, aus dem Tunnel vor dem Prüfraum (und hinter der Messung des Volumenstroms) entnommen werden. Gegebenenfalls ist ein neuer Filter für das Einfahren und die Emissionsmessung gemäß Abbildung 2 zu verwenden.

Alle Anforderungen dieser GTR müssen erfüllt sein. So ist beispielsweise die Einstellung des Kühlluftstroms bei eingebautem und in Betrieb befindlichem System wie bei den Emissionsmessungen vorzunehmen.

7.5. Auslegung des Probenahmetunnels

Der Probenahmetunnel ist definiert als Bereich zwischen dem Auslass des Bremsenprüfraums und dem Einlass der Probenahmesonden. In Abbildung A4/1 ist eine mögliche Position des Probenahmetunnels in der Gesamtanordnung dargestellt (Komponente 7). Für die Auslegung des Probenahmetunnels gibt es zwei Möglichkeiten: Auslegung ohne Biegung (Abbildung A4/1 (a)) und Auslegung mit Biegung (Abbildung A4/1 (b)). Die Prüfeinrichtung muss sicherstellen, dass die Auslegung des Probenahmetunnels den folgenden Anforderungen entspricht:

a) Die Kühlluft muss durch runde Rohre strömen, deren Querschnitt sich zwischen dem Prüfraumauslass und der Probenahmeebene nicht verändert.

b) Für die Tunneloberflächen, die mit dem Aerosol in Berührung kommen, ist nichtrostender Stahl mit elektropolierter Endbearbeitung (oder gleichwertiger Art) zu verwenden.

c) Übergänge zwischen benachbarten Sektoren dürfen keine Unebenheiten oder Merkmale aufweisen, an denen sich Bremsstaub ansammeln kann. Wenn dies nicht möglich ist, muss sichergestellt werden, dass die Übergänge so konstruiert sind, dass die Ansammlung von Bremspartikeln so gering wie möglich gehalten wird.

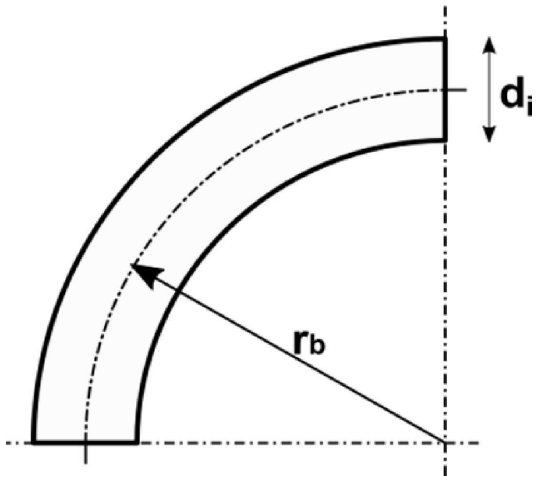
d) Die Leitungen müssen einen konstanten Innendurchmesser d_i von mindestens 190 mm und höchstens 225 mm (190 mm ≤ d_i ≤ 225 mm) aufweisen. Der Innendurchmesser der Leitung d_i ist gemäß Abbildung A4/6 definiert.

e) Im Probenahmetunnel (d. h. hinter dem Bremsenprüfraum und vor der Probenahmeebene) darf höchstens eine Biegung von 90° oder weniger vorgesehen werden; dabei sind die Spezifikationen der Buchstaben f und g zu beachten.

f) Wird im Probenahmetunnel eine Biegung vorgesehen, so muss der Biegeradius r_b mindestens das Zweifache des Innendurchmessers der Leitung betragen ($2 \bullet d_i$). Der Biegeradius ist gemäß Abbildung A4/6 definiert.

Abbildung A4/6

Definition des Leitungsdurchmessers (d_i) und des Biegeradius (r_b)



g) Wird im Probenahmetunnel eine Biegung vorgesehen, so muss eine gerade Leitung mit einer Länge von mindestens dem Sechsfachen des Leitungsdurchmessers ($6 \bullet d_i$) der Biegung folgen, bevor sie auf die Probenahmeebene trifft. Darüber hinaus muss eine gerade Leitung mit einer Länge von mindestens dem Zweifachen des Leitungsdurchmessers ($2 \bullet d_i$) der Probenahmeebene folgen, bevor eine Luftstromstörung (z. B. eine zweite Biegung in der Anordnung) eingebaut wird.

h) Befindet sich im Probenahmetunnel keine Biegung, muss eine gerade Leitung mit einer Länge von mindestens dem Sechsfachen des Leitungsdurchmessers ($6 \bullet d_i$) dem Prüfraumauslass folgen, bevor sie auf die Probenahmeebene trifft. Darüber hinaus muss eine gerade Leitung mit einer Länge von mindestens dem Zweifachen des Leitungsdurchmessers ($2 \bullet d_i$) der Probenahmeebene folgen, bevor eine Luftstromstörung (z. B. eine Biegung in der Anordnung oder ein Filter zum Schutz des Luftstrom-Messgeräts vor Verunreinigung) eingebaut wird.

i) Die Vorschriften für die in den Buchstaben a, c und d dieses Absatzes beschriebenen Leitungen gelten mindestens für die Tunnelleitungen vom Zweifachen des Leitungsinnendurchmesser ($2 \bullet d_i$) vor dem Prüfraumeinlass bis zum Zweifachen des Leitungsinnendurchmessers ($2 \bullet d_i$) hinter der Probenahmeebene.

7.6. Probenahmeebene

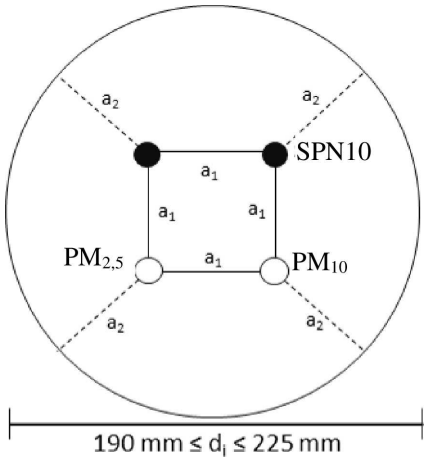
Die Probenahmeebene ist die vertikale Ebene im Probenahmetunnel, in der sich der Einlass der Probenahmesonden befindet. In Abbildung A4/1 ist eine mögliche Position der Probenahmeebene in der Gesamtanordnung dargestellt (Komponente 8). Für die Probenahmeebene gelten folgende Bestimmungen:

a) Die PM- und PN-Probenahme muss im selben Querschnittsbereich des Probenahmetunnels erfolgen. Als Referenz für die PM- und PN-Probenahme dienen die Absätze 12.1.1.1. bzw. 12.2.1.1.

b) Es ist eine Konfiguration mit vier Sonden zu verwenden, die den Anforderungen dieses Absatzes entspricht. In Abbildung A4/7 ist die geeignete Positionierung der PM- und PN-Probenahmesonden dargestellt. Eine alternative Positionierung der Messeinrichtungen in der Anordnung mit vier Sonden ist möglich, wenn eine Stromteilungseinrichtung für PN gemäß Absatz 12.2.1.1 verwendet wird.

Abbildung A4/7

Grafische Darstellung des Abstands zwischen den Sonden im Tunnel



Anmerkung: Darstellung des vertikalen Teils in Strömungsrichtung im Probenahmetunnel, der die Probenahmeebene definiert. Weiße Punkte stellen PM-Probenahmesonden dar ($PM_{2,5}$/PM_{10}). Schwarze Punkte stellen PN-Probenahmesonden dar (SPN10).

c) Die Probenahmesonden sind in gleichem Abstand voneinander um die Längsmittelachse des Probenahmetunnels herum anzuordnen, ausgehend von der Mitte des Sondeneinlasses.

d) Die Probenahmesonden sind so anzuordnen, dass der Abstand zwischen ihnen mindestens 47,5 mm beträgt (Abbildung A4/7 – $a_1 \geq 47{,}5$ mm). Den Abstand zwischen den Probenahmesonden muss anhand ihres Außendurchmessers gemessen werden.

e) Die Probenahmesonden sind so anzuordnen, dass der radiale Mindestabstand von der Tunnelwand (Abstand zwischen Sonde und Leitung) 47,5 mm beträgt (Abbildung A4/7 – $a_2 \geq 47{,}5$ mm). Der Abstand zwischen Sonde und Leitung ist anhand des Außendurchmessers der Probenahmesonden zu messen.

8. Vorschriften für die Vorbereitung der Prüfung

8.1. Eingabeparameter

Die folgenden Parameter in Bezug auf die Bremse – und das Fahrzeug, an dem die geprüfte Bremse angebracht ist – müssen der Prüfeinrichtung für die Durchführung von Bremsemissionsprüfungen gemäß dieser Regelung zur Verfügung stehen.

Tabelle A4/3

Erforderliche Prüfparameter

Nr.	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Zeichen	Einheit	Dezimal-stellen
1	Fabrikmarke und Modell des Fahrzeugs	Fabrikmarke und Modell des Fahrzeugs, an dem die geprüfte Bremse angebracht ist		-	N/A
2	Fahrzeug-Elektrifizierungs-typ	Fahrzeug-Elektrifizierungstyp des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie (PEV, OVC-HEV, NOVC-HEV Kat. 0, NOVC-HEV Kat. 1, NOVC-HEV Kat. 2, ICE), an dem die geprüfte Bremse angebracht ist		-	N/A
3	Fahrzeugspezifi-scher Koeffizient für den Anteil der Reibungsbrem-sung	Fahrzeugspezifischer Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie	c	-	2

Nr.	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Zeichen	Einheit	Dezimal-stellen
4	Fahrzeugachse	Fahrzeugachse vorne und hinten, an der die geprüfte Bremse angebracht ist	Vorder-achse (FA) oder Hinterachse (RA)	-	N/A
5	Position der Bremsenauf-nahme im Fahrzeug	Position der geprüften Bremse am Fahrzeug, rechte Ecke oder linke Ecke	Rechte Ecke (RHC) oder linke Ecke (LHC)	-	N/A
6	Prüfmasse des Fahrzeugs	Die auf dem Bremsenprüfstand gemäß Buchstabe a dieses Absatzes zu simulierende Fahrzeugmasse	M_{veh}	kg	0
7	Bremskraftverteilung	Verhältnis zwischen der Bremskraft jeder Achse und der Gesamtbremskraft des Fahrzeugs gemäß Buchstabe b dieses Absatzes.	Bremskraft Vorder-achse (FAF) oder Bremskraft Hinterachse (RAF)	%	0
8	Art der Aufnahme	Aufnahme für die Bremseinheit gemäß Absatz 8.4.1	L0-U oder L0-P	-	N/A
9	Kenncode der Scheibe oder Trommel	Vom Bremsenhersteller auf der Bremsscheibe/Bremstrommel angebrachter Code		-	N/A
10	Kenncode des Reibmaterials	Vom Reibmaterialhersteller der Bremsklötze/Bremsbacken angebrachter Code		-	N/A
11	Nennradlast	Last an der geprüften Bremsecke (vorne oder hinten) vor Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten gemäß Buchstabe c dieses Absatzes	WL_{n-f} oder WL_{n-r}	kg	1
12	Prüf- (oder aufgebrachte) Radlast	Last an der geprüften Bremsecke (vorne oder hinten) nach Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten gemäß Buchstabe d dieses Absatzes	WL_{t-f} oder WL_{t-r}	kg	1
13	Dynamischer Reifenrollradius	Reifenradius, der den vom Reifenhersteller für die jeweilige Reifengröße angegebenen Umdrehungen pro gefahrener Strecke entspricht	r_R	mm	0
14	Wirksamer Radius der Bremse	Der unter Buchstabe e dieses Absatzes definierte Abstand	r_{eff}	mm	1
15	Nennträgheits-moment der Bremse	Radlast mit einem Trägheitsradius, der dem dynamischen Reifenrollradius entspricht und die gleiche kinetische Energie auf die Betriebsbremse überträgt wie im tatsächlichen Fahrzeug. Wird in Buchstabe f dieses Absatzes definiert.	I_n	$kg \cdot m^2$	1
16	Prüf- (oder aufgebrachtes) Trägheitsmoment der Bremse	Nennträgheitsmoment der Bremse nach Abzug der durch die Fahrwiderstände auf der Straße oder andere Arten von Verlusten gemäß Buchstabe g dieses Absatzes verursachten Verzögerungskräfte	I_t	$kg \cdot m^2$	1
17	Größter Außendurchmes-ser der Scheibe/Trommel	Größter Durchmesser der geprüften Scheibe oder Trommel	OD	mm	1

Nr.	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Zeichen	Einheit	Dezimal-stellen
18	Masse der Scheibe	Masse der Bremsscheibe vor der Prüfung – wird für die Zuordnung der geprüften Bremse zu einer durch Nennvorderradlast und Masse der Scheibe definierte Gruppe gemäß Absatz 10 verwendet.	DM	kg	4
19	Anzahl der Kolben pro Seite	Anzahl der Kolben auf einer Seite des Bremssattels		-	N/A
20	Mittlerer (oder hydraulischer) Kolbendurchmesser	Durchmesser des Kolbens der geprüften Bremse gemäß Buchstabe h dieses Absatzes		mm	2
21	Anzugsdrehmoment für Bremssattel	Empfohlenes Anzugsdrehmoment für die Befestigung des Bremssattels, falls vom Bremsenhersteller angegeben		N·m	1
22	Anzugsdrehmoment für Scheibe oder Trommel	Empfohlenes Anzugsdrehmoment für die Befestigung der Scheibe/Trommel, falls vom Bremsenhersteller angegeben		N·m	1
23	Wirkungsgrad des Bremssattels oder der Bremstrommel	Wirkungsgrad zur Berücksichtigung interner Reibungsverluste zwischen Gleitflächen oder von Kolbenwegen, falls vom Bremsenhersteller angegeben. Sofern nicht anders angegeben, sind 100 % zu verwenden.	H	%	0
24	Schwellendruck	Mindestdruck zur Überwindung des inneren Widerstands vor Einsetzen des Bremsmoments gemäß Absatz 3.1.19 dieser Regelung	$p_{threshold}$	kPa	1
25	Grenzwert für Seitenschlag	Maximal zulässiger Seitenschlag der Scheibe/Trommel bei Befestigung an der Bremsenaufnahme	BRO	µm	0

Bei der Berechnung einiger der vorgeschriebenen Prüfparameter gemäß Tabelle A4/3 sind folgende Erwägungen zu berücksichtigen:

a) Die Prüfmasse des Fahrzeugs (M_{veh}) ist die Masse des Fahrzeugs in fahrbereitem Zustand (MRO) zuzüglich der Masse der an dem Fahrzeug, an dem die geprüfte Bremse montiert ist, angebrachten Zusatzausrüstung (in kg), zuzüglich:

   i) 37,5 kg, was einer zusätzlichen Masse von 0,5 Fahrgästen bei Fahrzeugen der Klasse 1-1 entspricht;

   ii) 25 kg zuzüglich 28 % der Tragfähigkeit des Fahrzeugs (MVL) bei Fahrzeugen der Klasse 2 mit einer Gesamtmasse im beladenen Zustand unter 3 500 kg.

b) Die Bremskraftverteilung (FAF oder RAF) entspricht dem Verhältnis zwischen der Bremskraft jeder Achse und der Gesamtbremskraft des Fahrzeugs. FAF entspricht dem Anteil der Bremskraft, der auf die Vorderachse wirkt. RAF steht für den Anteil der Bremskraft, der auf die Hinterachse wirkt. Die Bremskraftverteilung wird in Prozent angegeben. Die Bremskraftverteilung für jedes Fahrzeug (FAF oder RAF) wird vom Fahrzeughersteller angegeben. Die Bremskraftverteilung nach der Standardmethode gemäß der UN-Regelung Nr. 90 ist nur dann anzuwenden, wenn der spezifische Wert des Fahrzeugherstellers nicht verfügbar ist. Dies entspricht:

   i) 77 % für die Vorderachse und 32 % für die Hinterachse bei Fahrzeugen der Klasse M1;

ii) 66 % für die Vorderachse und 39 % für die Hinterachse bei Fahrzeugen der Klasse 2 mit einer Gesamtmasse im beladenen Zustand unter 3 500 kg.

c) Die Nennradlast (WL_n) entspricht der Last an der geprüften Bremse (vorne oder hinten) vor Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten. Sie ist eine Funktion der Prüfmasse des Fahrzeugs und der Bremskraftverteilung und wird anhand der Gleichungen 8.1a und 8.1b berechnet. Die Nennradlast wird zur Berechnung der Prüfradlast verwendet. Darüber hinaus wird sie verwendet, um die geprüfte Bremse bei der Einstellung der Kühlung gemäß Absatz 10 entsprechend ihrem (WL_{n-f}/DM)-Verhältnis einer durch Nennvorderradlast und Masse der Scheibe definierte Gruppe zuzuordnen.

$$WL_{n-f} = 0.5 \times M_{veh} \times FAF \quad \text{(Gleichung 8.1a)}$$

$$WL_{n-r} = 0.5 \times M_{veh} \times RAF \quad \text{(Gleichung 8.1b)}$$

Dabei gilt:

WL_{n-f}	ist die Nennvorderradlast in kg gemäß Tabelle A4/3.
WL_{n-r}	ist die Nennhinterradlast in kg gemäß Tabelle A4/3.
M_{veh}	ist die Prüfmasse des Fahrzeugs in kg gemäß Tabelle A4/3.
FAF	ist die Verteilung der Bremskraft auf die Vorderachse gemäß Tabelle A4/3.
RAF	ist die Verteilung der Bremskraft auf die Hinterachse gemäß Tabelle A4/3.

d) Die Prüf- (oder aufgebrachte) Radlast (WL_t) entspricht der Last an der geprüften Bremse (vorne oder hinten) nach Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße oder anderer Arten von Verlusten. Sie ist eine Funktion der Nennradlast und wird anhand der Gleichungen 8.2a und 8.2b berechnet. Die WL_t wird um 13 % gegenüber der WL_n verringert, um den Fahrwiderständen auf der Straße im praktischen Fahrbetrieb Rechnung zu tragen. Die WL_t wird während der gesamten Bremsemissionsprüfung aufgebracht, einschließlich der Abschnitte „Einstellung der Kühlung“, „Einfahren“ und „Emissionsmessung“.

$$WL_{t-f} = 0.87 \times WL_{n-f} \quad \text{(Gleichung 8.2a)}$$

$$WL_{t-r} = 0.87 \times WL_{n-r} \quad \text{(Gleichung 8.2b)}$$

e) Der wirksame Radius der Bremse (r_{eff}) ist bei Scheibenbremsen der Abstand zwischen dem Drehpunkt und der Mittellinie des an der Aufnahme angebrachten Bremssattelkolbens. Bei einer Trommelbremse entspricht der wirksame Radius der Hälfte des Innendurchmessers der Trommel.

f) Das Nennträgheitsmoment der Bremse (I_n) entspricht der Radlast mit einem Trägheitsradius, der dem dynamischen Reifenrollradius entspricht und die gleiche kinetische Energie auf die Betriebsbremse überträgt wie beim tatsächlichen Fahrzeug. Es ist eine Funktion der Nennradlast und des dynamischen Reifenrollradius und wird nach Gleichung 8.3 berechnet:

$$I_n = WL_n \times {r_R}^2 \quad \text{(Gleichung 8.3)}$$

Dabei gilt:

I_n	ist das Nennträgheitsmoment der Bremse in kg·m² gemäß Tabelle A4/3.
WL_n	ist die Nennradlast in kg gemäß Tabelle A4/3.
${r_R}^2$	ist der dynamische Reifenrollradius in m gemäß Tabelle A4/3.

g) Das Prüf- (oder aufgebrachte) Trägheitsmoment (I_t) der Bremse entspricht dem Nennträgheitsmoment der Bremse nach Abzug der Verzögerungskräfte, die durch die Fahrwiderstände auf der Straße oder andere Arten von Verlusten erzeugt werden. Das Prüfträgheitsmoment der Bremse ist die Hauptquelle der kinetischen Energie beim Bremsen. Es ist eine Funktion der des Nennträgheitsmoments der Bremse und wird nach Gleichung 8.4 berechnet. Das Prüfträgheitsmoment der Bremse wird gegenüber dem Nennträgheitsmoment der Bremse um 13 % verringert, um den Verlusten durch die Fahrwiderstände auf der Straße im praktischen Fahrbetrieb Rechnung zu tragen. Das Prüfträgheitsmoment der Bremse wird während der gesamten Bremsemissionsprüfung, einschließlich der Abschnitte „Einstellung der Kühlung", „Einfahren" und „Emissionsmessung", aufgebracht.

$$I_t = 0,87 \times I_n \qquad \text{(Gleichung 8.4)}$$

h) Der mittlere (oder hydraulische) Kolbendurchmesser (d_{piston}) ist bei Trommelbremsen der Kolbendurchmesser des Radbremszylinders. Der d_{piston} entspricht bei Scheibenbremsen dem äquivalenten Kolbendurchmesser der geprüften Bremse. Enthält der Bremssattel mehrere (n) Kolben, so muss die Prüfeinrichtung den hydraulischen Kolbendurchmesser anhand des äquivalenten Kolbendurchmessers der einzelnen Kolben, die auf eine Seite des Bremssattels wirken, anhand der Gleichung 8.5 bestimmen:

$$d_{piston} = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \ldots + d_n^2} \qquad \text{(Gleichung 8.5)}$$

8.2. Vorbereitung der Prüfanordnung

Die Prüfeinrichtung führt vor Beginn einer Bremsemissionsprüfung folgende Schritte durch:

a) Überprüfung der Verfügbarkeit aller Prüfunterlagen, der Informationen über die Bremsen, des Steuerungsprogramms, der Leistungsmerkmale des Prüfstands und der Prüfbedingungen.

b) Aktualisierung oder Hochladen des entsprechenden Steuerungsprogramms, der Prüfparameter und -bedingungen sowie der Informationen über die Bremsen in das Steuerungssystem für den Bremsenprüfstand.

c) Anbringung der Bremsscheibe/-trommel an der Prüfvorrichtung und dem Reitstock des Prüfstands gemäß den Spezifikationen in Absatz 8.4.1. Der Anschluss an die Haupt-Prüfstandrolle erfolgt mithilfe Adapter.

d) Messung des Seitenschlags (BRO), indem die Spitze des Messgeräts in einem Abstand von 10 mm zur Außenkante (OD) an der Außen- oder Innenfläche (Scheibenbremsen) aufgesetzt wird. Bei Trommelbremsen wird der Seitenschlag gemessen, indem das Messgerät radial nach außen und in einem Abstand von 10 mm zur Mittellinie der Innenfläche der Trommel aufgesetzt wird. Während dieser Messung dürfen keine Bremsklötze oder -backen eingebaut sein. Es muss kontrolliert werden, dass der BRO weniger als 50 µm beträgt, indem die am Prüfstand angebrachte Scheibe oder Trommel von Hand gedreht wird. Nach der BRO-Messung wird der Trommeleinbau abgeschlossen. Müssen für den Abschluss des Trommeleinbaus Bremsenteile entfernt werden, ist eine Überprüfungsmessung durchzuführen, um den korrekten Seitenschlag bei der Endmontage nachzuweisen. Liegt der BRO über 50 µm, sind Anpassungen der Bremsenaufnahme und/oder eine Inspektion der Bremsenteile vorzunehmen, um den BRO auf einen Wert unter 50 µm zu senken. Liegt der BRO vor Beginn der Prüfung weiterhin über dem in diesem Absatz festgelegten Grenzwert, so ist die Prüfung ungültig. Der gemessene (Ist-)Seitenschlag ist in Tabelle A4/14 zu erfassen.

e) Überprüfung der Nullwerte für Drehmoment und Druck vor Beginn der Bremsemissionsprüfung. Die Überprüfung ist bei vollständig zurückgezogenem Bremssattelkolben und Bremsklötzen durchzuführen. Die Bremsenteile dürfen die Scheibe nicht berühren, und das hydraulische Betätigungssystem des Prüfstands muss sich in gelöstem Zustand befinden. In dieser Stellung sind die Drehmoment- und Drucksensoren nach den Angaben des Geräteherstellers jeweils auf 0 oder einen Wert innerhalb der Toleranzwerte gemäß Tabelle A4/18 einzustellen. Der Messwert muss zwecks Stabilitätsnachweis mindestens 30 Sekunden lang bei stillstehender Bremse beobachtet werden. Bei einer Trommelbremse ist die Einstellung mit eingebauter Grundplatte (mit Bremsbacken), aber ohne eingebauten rotierenden Teil (Trommel) vorzunehmen.

f) Einbau der Bremsklötze oder Bremsbacken und Durchführung einer gründlichen Entlüftung der Bremse, um Luftblasen aus den vom Hauptzylinder zur Bremse verlaufenden Bremsleitungen zu entfernen.

g) Durchführung einer Sichtprüfung der geprüften Bremse, der Bremsenaufnahme, der Drähte der Thermoelemente und der hydraulischen Bremsleitungen, um eine ordnungsgemäße Verlegung und Verbindung zu gewährleisten.

h) Gewährleistung, dass alle Instrumente gemäß den von den Instrumentenherstellern festgelegten Standardarbeitsanweisungen für die Verwendung und Reinigung zur Verfügung stehen. Es muss sichergestellt werden, dass alle Filtermedien gemäß den vom Filterhersteller festgelegten Standardarbeitsanweisungen für die Konditionierung, Handhabung und Lagerung der Filter zur Verfügung stehen.

i) Das Entlüften der Bremsen ist wichtig, um sicherzustellen, dass sich keine Luftblasen mehr im Bremsschlauch befinden. Es sind statische Bremsungen bei einem Bremsdruck zwischen 300 kPA und 3 000 kPa durchzuführen, um die Flüssigkeitsverdrängungskurve für die Entlüftungsprüfung zu überprüfen. Im Inneren des Prüfraums ist eine Sichtprüfung auf Flüssigkeitsaustritte durchzuführen. Für diesen Vorgang kann ein Sensor für Verdrängung der Bremsflüssigkeit oder eine alternative Bewertungsmethode verwendet werden.

Bremssattel und Bremsklötze sind zurückzustellen, um zu gewährleisten, dass kein Kontakt zwischen den Bremsklötzen und der Bremsscheibe besteht (bei einer Trommelbremse ist sicherzustellen, dass das Spiel zwischen Bremsbacke und Bremstrommel auf den vom Hersteller empfohlenen Nennwert eingestellt ist).

j) Verschließen des Bremsenprüfraums, Einschalten des Klimatisierungssystems und Kontrolle der ordnungsgemäßen Funktionsweise des Kühlluftsystems gemäß den Spezifikationen in Absatz 7.2.

k) Dreimaliges Aufbringen eines Drucks von 2 000 kPa zum Zurücksetzen der Bremse (der Druck ist für jeweils 2 Sekunden zu halten) (bei Trommelbremsen kann auf diesen Schritt verzichtet werden). Es sind Messungen bei drei verschiedenen linearen Geschwindigkeiten (5 km/h, 50 km/h und 135 km/h) durchzuführen. Dazu ist auf die Zielgeschwindigkeit zu beschleunigen, die Geschwindigkeit 120 Sekunden lang zu halten (null Bremsdruck), damit sie sich stabilisiert, und dann das Drehmomentsignal weitere 30 Sekunden lang zu messen. Die Widerstandsmessung entspricht dem zeitbasierten Durchschnitt dieses Drehmomentsignals für den Zeitraum von 30 Sekunden. Die Beschleunigung muss 1 m/s^2 für 5 km/h und 2 m/s^2 für die beiden anderen Zielgeschwindigkeiten betragen. Es muss kontrolliert werden, dass das gemessene Schleppmoment der Bremse (gemäß Absatz 3.3.26 dieser Regelung) während der letzten 30 Sekunden jedes Fahrvorgangs 10 N·m nicht überschreitet (ausgenommen das von den Prüfstandslagern aufgenommene Drehmoment, das gegebenenfalls bei nicht eingebauter Bremse separat gemessen werden kann). Überschreitet das gemessene Schleppdrehmoment diesen Wert, so ist das Verfahren nach erneuter Überprüfung des BRO, des Spiels zwischen beweglichen und unbeweglichen Bauteilen (einschließlich der Drähte der Thermoelemente), der Bremsenentlüftung und der Ausrichtung des Prüfgestells zu wiederholen. Überschreitet das bei der Prüfung gemessene Schleppmoment für die Bremseinheit 10 N·m, so ist die Prüfung ungültig.

l) Zehnmalige Wiederholung des ersten Bremsvorgangs des WLTP-Bremszyklus, um die Datenerfassung, die Prüfparameter, das Prüfträgheitsmoment der Bremse und die Funktionsweise des Gesamtsystems zu überprüfen.

m) Ist der Kühlluftstrom für die geprüfte Achse und den geprüften Bremsentyp nicht bekannt, so ist ein bekannter Wert zu verwenden, der für ähnliche Bremsen verwendet wird (siehe Absatz 10.1.4). Es ist zu kontrollieren, dass der gewählte Kühlluftstrom den Spezifikationen gemäß Absatz 10 entspricht. Ist dies nicht der Fall, so ist der Wert gemäß den Anweisungen in Absatz 10.1.4 auf den Nennwert anzupassen.

n) Kontrolle, dass die Hintergrundemissionen vor der Prüfung innerhalb der zulässigen Grenzwerte gemäß Absatz 7.2.2.2.2 liegen; hier ist der Nenn-Kühlluftstrom zu verwenden.

o) Kontrolle, dass alle Instrumente und Einrichtungen für die Messung der Bremsemissionen aktiviert sind und ohne Fehler oder Warnungen funktionieren.

p) Sofern keine Probleme auftreten, sind die Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsmessung“ nach den in den Absätzen 11 bzw. 12 festgelegten Verfahren durchzuführen.

Ist der Kühlluftstrom für die geprüfte Achse und den geprüften Bremsentyp bekannt, so muss die Prüfeinrichtung das Einfahren und die Emissionsmessung mit neuen Bremsteilen und nicht mit den für die Einstellung der Kühlung verwendeten Teilen durchführen. In diesem Fall gelten alle Schritte dieses Absatzes mit Ausnahme von Buchstabe m für den Abschnitt „Einfahren“ und „Emissionsmessung“.

Ist der Kühlluftstrom für die geprüfte Achse und den geprüften Bremstyp nicht bekannt, so führt die Prüfeinrichtung den Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ durch und befolgt dabei alle Schritte dieses Absatzes mit Ausnahme der Buchstaben h, n, o und p. Sobald der Kühlluftstrom eingestellt ist, führt die Prüfeinrichtung das Einfahren und die Emissionsmessung mit neuen Bremsenteilen durch und befolgt dabei alle Schritte dieses Absatzes mit Ausnahme von Buchstabe m.

8.3. Messung der Bremsentemperatur

Die Prüfeinrichtung muss zur Messung der Temperatur der Bremsscheibe oder -trommel eingebettete Thermoelemente verwenden. Es gelten die folgenden Spezifikationen:

a) Verwendung handelsüblicher Temperatursensoren mit Nickel-Chrom- (Chromel-) und Nickel-Aluminium-(Alumel-)Leitern (Thermoelemente Typ K).

b) Verwendung eingebetteter Thermoelemente mit einem Messtemperaturbereich zwischen 0 °C und mindestens 800 °C und einer Fehlergrenze (Toleranz) von ± 2,2 °C bzw. ± 0,75 % des gemessenen Werts.

c) Verwendung eingebetteter Thermoelemente mit einer fest angebrachten Spitze, damit sie in die Bremsenbauteile eingebettet werden können.

Darüber hinaus gelten die folgenden Vorschriften für die Anbringung der eingebetteten Thermoelemente an den Bremsenbauteilen:

d) Scheibenbremsen: Das eingebettete Thermoelement ist an der äußeren Reibfläche der Scheibe – radial 10 mm nach außen ausgehend von der Mitte des Reibungswegs – zu positionieren und muss um (0,5 ± 0,1) mm gegenüber der Oberfläche der Scheibe versenkt werden. Bei belüfteten Scheiben muss das Thermoelement in der Mitte zwischen zwei Rippen des Scheibentellers angebracht werden. In Abbildung A4/8 ist eine mögliche Anbringung der eingebetteten Thermoelemente an den Bremsscheiben dargestellt. Das Zeichen „X“ kennzeichnet den Berührungsradius der Oberfläche der Bremsscheibe und der Bremsbeläge.

e) Trommelbremsen: Das eingebettete Thermoelement ist in der Mitte des um (0,5 ± 0,1) mm gegenüber der Innenfläche der Bremstrommel versenkten Reibungswegs anzubringen. In Abbildung A4/9 ist eine mögliche Anbringung der eingebetteten Thermoelemente an den Bremstrommeln dargestellt.

f) Vom Einbau eingebetteter oder anderer Arten von Thermoelementen zur Messung der Temperatur von Bremsklötzen oder -backen bei der Prüfung von Bremspartikelemissionen im Rahmen dieser Regelung wird dringend abgeraten.

Abbildung A4/8

Schematische Darstellung des Einbaus eingebetteter Thermoelemente bei Bremsscheiben

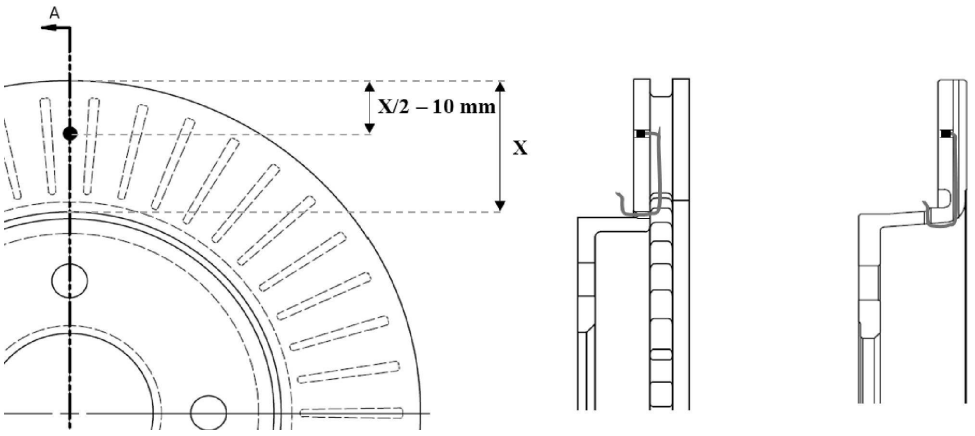
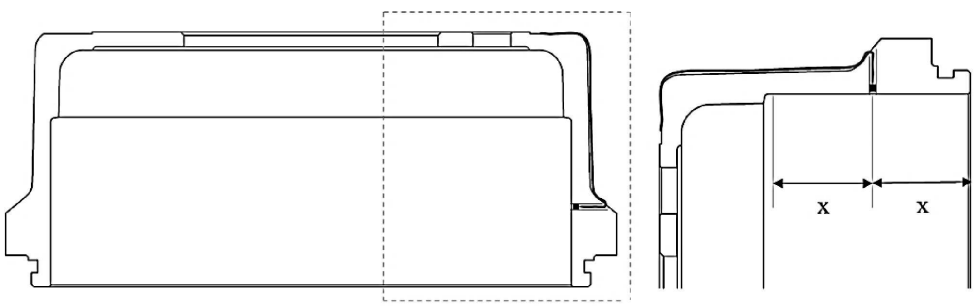


Abbildung A4/9

Schematische Darstellung des Einbaus eingebetteter Thermoelemente bei Bremstrommeln



Die Bremstemperatur ist in der zeitbasierten Datei gemäß Tabelle A4/14 zu erfassen. Die Prüfeinrichtung muss diese Messwerte des Thermoelements für die Erfassung der Bremsentemperatur während aller Prüfabschnitte verwenden. Beispielsweise muss die Prüfeinrichtung die Temperaturmesswerte der eingebetteten Thermoelemente in der zeitbasierten Datei (T_{brake}) verwenden, um die korrekte Einstellung der Anfangstemperatur bei der jeweiligen Fahrt des WLTP-Bremszyklus gemäß den in Absatz 9.2 beschriebenen Spezifikationen zu überprüfen.

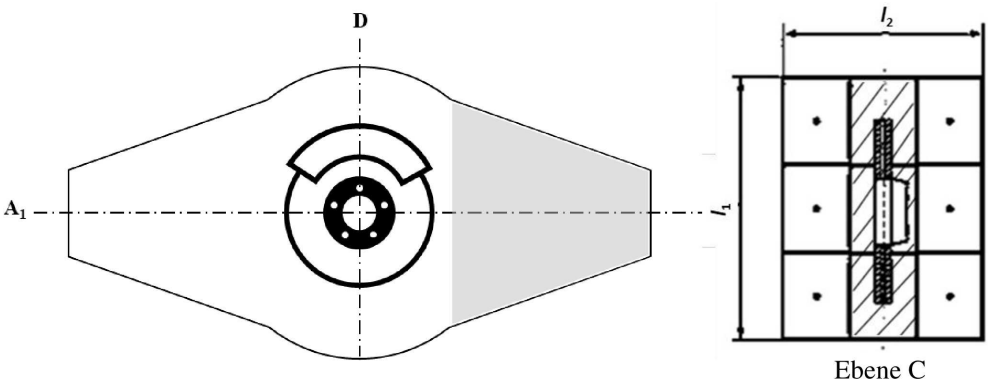
8.4. Positionierung der Bremse

8.4.1. Bremseinheit

Die Einbauposition der Bremseinheit bestimmt die Drehachse der Bremseinheit und gleichzeitig die Position der Ebenen A1 und D des Prüfraums. Die richtige Einbauposition ist in Abbildung A4/10 (a) dargestellt, wobei A1 und D die Drehachse so weit wie möglich senkrecht schneiden. Die Bremseinheit ist nach bestem technischem Ermessen einzubauen, wobei so weit wie möglich sicherzustellen ist, dass die Scheibendicke in den mittleren Bereich von Ebene C (schraffiert) passt, wie in Abbildung A4/10 (b) dargestellt. Bei Trommelbremsen muss der Trommelreibring so weit wie möglich in diesem mittleren Bereich von Ebene C liegen.

Abbildung A4/10

Einbauposition der Bremseinheit und des Bremssattels (a) in Bezug auf die Ebenen A_1 und D, (b) in Bezug auf Ebene C



Die Prüfeinrichtung muss eine geeignete Bremsenaufnahme zur Anbringung der Bremseinheit durch Verbindung des Reitstocks (nicht drehende Seite) mit der Prüfstandrolle (drehende Seite) verwenden. Die Bremsenaufnahme des Prüfstands muss mindestens folgende Teilsysteme umfassen:

a) Befestigungsbauteile zur Anbringung der Bremsenaufnahme am (nicht drehenden) Reitstock,

b) Strukturbauteile zur Übertragung des Bremsmoments und der Bremskräfte auf den Reitstock,

c) Befestigungsbauteile zur Aufnahme des Bremssattels oder der Grundplatte bei Trommelbremsen,

d) rotierende Teile zur Aufnahme der Bremsscheibe oder -trommel,

e) rotierende Bauteile zum Anschluss der Prüfstandrolle an die Bremsscheibe oder Bremstrommel.

Die Aufnahme für die Bremseinheit muss eine freie Drehung der Bremse um 360° mit geringer Reibung ermöglichen, ohne dass es während der Prüfung zu Vibrationen oder Schwingungen kommt. Die Prüfeinrichtung muss die Bremseinheit auf dem Prüfstand mit einer universellen Aufnahme (L0-U) oder Postmount-Bremsenaufnahme (L0-P) anbringen.

L0-U ermöglicht die direkte Anbringung der Bremseinheit an der Prüfstandrolle ohne Radnabe. L0-P ermöglicht den Einbau eines fahrzeugspezifischen Lagers. Die Abbildungen A4/11 und A4/12 enthalten Beispiele für Aufnahmearten für Scheiben- und Trommelbremsen.

Abbildung A4/11

Beispiel für zulässige Aufnahmearten für Scheibenbremsen

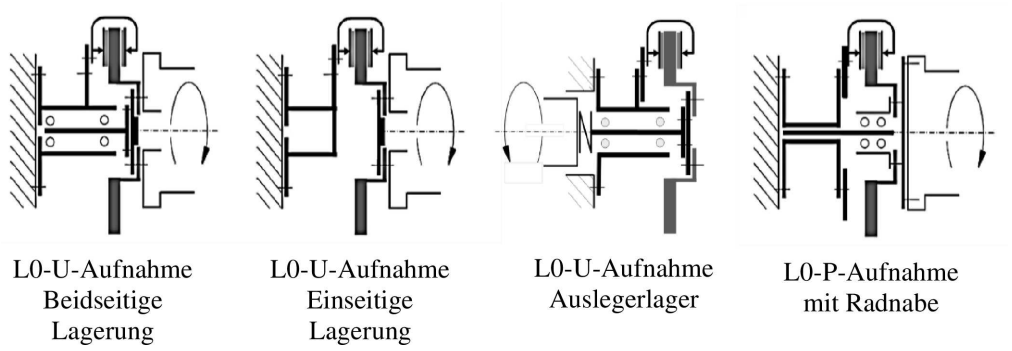
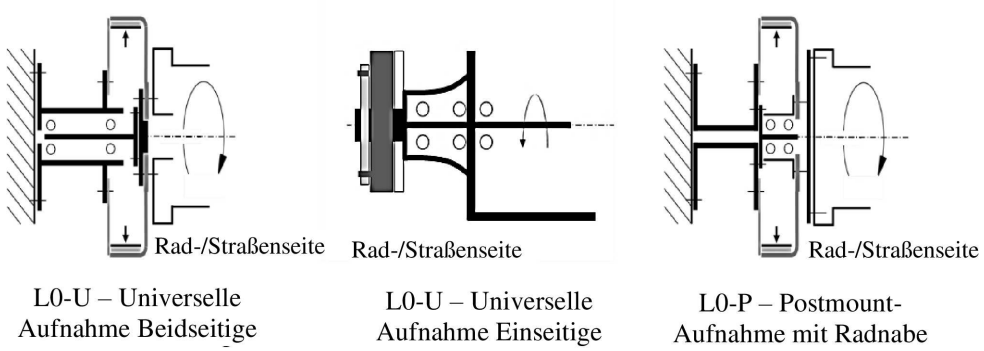


Abbildung A4/12

Beispiel für zulässige Aufnahmearten für Trommelbremsen



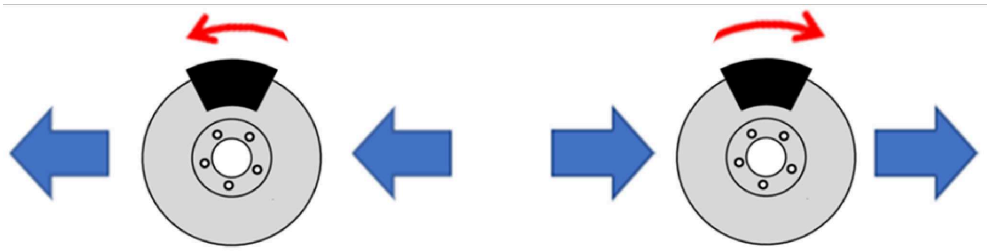
Jede Variante dieser Aufnahmen (einseitige Lagerung rechts oder links oder beidseitige Lagerung) kann verwendet werden, sofern eine L0-Aufnahme als Referenz verwendet wird (d. h. eine zylindrische und symmetrische Basis ohne zusätzliche Erweiterungen oder Überstände, bei denen es sich nicht um diejenigen handelt, die für den Einbau der Bremssattelanlage erforderlich sind). In Abbildung A4/11 sind beispielhaft drei verschiedene Versionen einer L0-U-Aufnahme dargestellt: Mit beidseitiger Lagerung, mit einseitiger Lagerung und mit Auslegerlager.

Bei speziellen Bremsenaufnahmesystemen für Bremstechnologien, die nicht mit einer L0-U- oder L0-P-Aufnahme kompatibel sind, kann von dieser Anforderung abgewichen werden. In diesem Fall muss die Prüfeinrichtung entsprechende Unterlagen vorlegen, aus denen die Notwendigkeit der Verwendung hervorgeht.

Die Prüfeinrichtung muss die Bremskonfiguration (Bremsscheibe und Bremssattel oder Trommelbaugruppe) so einbauen, dass sie sich beim Vorwärtsfahren stets in Richtung der ausströmenden Luft dreht (siehe Abbildung A4/13).

Abbildung A4/13

Schematische Darstellung der Scheibenrotation von der Radseite (Straßenseite) aus gesehen



Luftstrom von rechts nach links
Scheibe dreht sich entgegen dem Uhrzeigersinn

Luftstrom von links nach rechts
Scheibe dreht sich im Uhrzeigersinn

Strömt die Kühlluft von rechts nach links (Abbildung A4/13 links), so muss sich die Scheibe gegen den Uhrzeigersinn (CCW) drehen. Strömt die Kühlluft von links nach rechts (Abbildung A4/13 rechts), so muss sich die Scheibe im Uhrzeigersinn (CW) drehen. Andere Drehrichtungen sind nicht zulässig und machen die Prüfung ungültig.

8.4.2. Ausrichtung des Bremssattels

Die Prüfeinrichtung muss den Bremssattel so positionieren, dass mögliche Interferenzen mit der einströmenden Kühlluft so gering wie möglich gehalten werden. Der Bremssattel muss so über der Scheibe eingebaut werden, dass sich die Mitte des Bremssattels in 12-Uhr-Position befindet (siehe Abbildung A4/13), unabhängig von der Einbauposition am Fahrzeug. Andere Ausrichtungen des Bremssattels (z. B. Einbauposition des Fahrzeugs) oder andere Konfigurationen sind nicht zulässig und machen die Prüfung ungültig. Die Feststellbremse darf für die Durchführung einer Bremsemissionsprüfung nicht entfernt werden. Die Motor-Getriebe-Einheit darf für die Durchführung einer Bremsemissionsprüfung nicht vom Bremssattel mit elektrischer Feststellbremse oder von der elektrischen Trommelbremse entfernt werden.

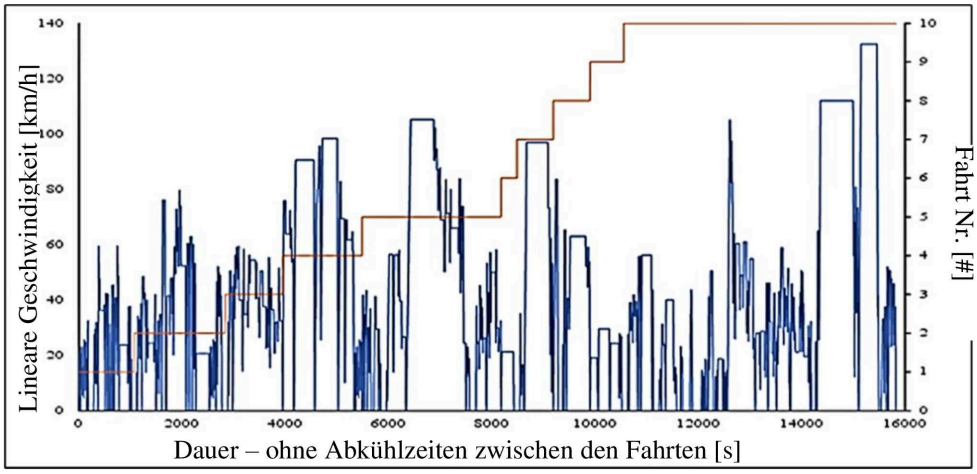
9. WLTP-Bremszyklus

9.1. Allgemeine Informationen

Der Prüfzyklus muss für alle Typen von Bremen dem zeitbasierten WLTP-Bremszyklus entsprechen. Der WLTP-Bremszyklus erfordert die kontinuierliche Kontrolle der äquivalenten linearen Geschwindigkeit auf dem Bremsenprüfstand. In Abbildung A4/14 ist die zeitaufgelöste Geschwindigkeitskurve des WLTP-Bremszyklus dargestellt.

Abbildung A4/14

Zeitaufgelöste Fahrzeuggeschwindigkeit für den WLTP-Bremszyklus und Klassifizierung der Nummern der Fahrten.



Insgesamt umfasst der WLTP-Bremszyklus Folgendes:

a) Zehn (10) Einzelfahrten (Fahrten 1 bis 10), die unterschiedliche Fahr- und Bremsbedingungen abbilden. Zwischen den Fahrten liegen Abkühlabschnitte. Die Nummern der Fahrten sind auf der Y-Achse rechts in Abbildung A4/14 angegeben.

b) 15 826 Sekunden aktive Geschwindigkeitsregelung, ohne Berücksichtigung der Abkühlabschnitte zwischen den einzelnen Fahrten des Zyklus. Die Geschwindigkeitskurve des WLTP-Bremszyklus ist in Anlage 1 dargestellt.

c) 303 Bremsverzögerungsvorgänge. Die Haupteigenschaften der einzelnen Verzögerungsvorgänge sind in Anlage 2 beschrieben.

d) 192 km gefahrene Gesamtstrecke mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 43,7 km/h und einer Höchstgeschwindigkeit von 132,5 km/h.

e) Durchschnittliche Bremsverzögerung von 0,97 m/s^2. Maximale Bremsverzögerung von 2,18 m/s^2.

f) Durchschnittliche Bremsverzögerungsdauer von 5,7 s. Maximale Bremsverzögerungsdauer von 15 s.

9.2. Befolgung des WLTP-Bremszyklus

9.2.1. Abschnitt „Einstellung der Kühlung“

Die Einstellung der Kühlluft für die Prüfung verschiedener Bremsen ist mit Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus gemäß Absatz 10 dieses Anhangs durchzuführen. Für den Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ gelten besondere Vorschriften für die Temperatur der Bremse zu Beginn von Fahrt 10. Die Prüfeinrichtung führt folgende Schritte durch:

a) Einstellung des Kühlluftstroms auf den Nennwert gemäß Absatz 10.

b) Erwärmung der Bremse auf (40 ± 1) °C nach einer Abfolge der Bremsvorgänge 1 bis 7 von Fahrt 10 (Bremsvorgänge 190 bis 196 unter Berücksichtigung des gesamten WLTP-Bremszyklus) mit anschließender Abkühlphase auf (40 ± 1) °C.

c) Falls die Zieltemperatur mit der in Buchstabe b beschriebenen Abfolge nicht erreicht werden kann, ist einer der Bremsvorgänge 1 bis 7 von Fahrt 10 auszuwählen und mehrfach zu wiederholen, bis die Bremstemperatur (40 ± 1) °C erreicht.

d) Einleitung von Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus bei einer Bremsentemperatur von (40 ± 1) °C.

e) Durchführung von Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus ohne Unterbrechung. In Abschnitt 9.3.1 sind die erforderlichen Maßnahmen im Falle von Unterbrechungen beschrieben.

Die Nichteinhaltung der beschriebenen Vorschriften für die Bremsentemperatur führt dazu, dass der Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ ungültig ist. In diesem Fall muss die Prüfeinrichtung den Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ mit einem anderen Luftstrom wiederholen. Für die Wiederholung des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ dürfen dieselben Bremsenteile verwendet werden.

9.2.2. Abschnitt „Einfahren“

Das Einfahren und die anschließende Emissionsmessung sind mit neuen Teilen durchzuführen. Das Einfahrverfahren besteht aus fünf aufeinanderfolgenden Durchläufen des WLTP-Bremszyklus, wie in Absatz 11 dieses Anhangs beschrieben. Für die ordnungsgemäße Durchführung jedes WLTP-Bremszyklus müssen alle zehn Fahrten nacheinander durchgeführt werden. Für das Einfahrverfahren gelten besondere Vorschriften in Bezug auf die Bremsentemperatur zu Beginn jedes WLTP-Bremszyklus. Die Prüfeinrichtung führt folgende Schritte durch:

a) Einstellung des Kühlluftstroms nach dem in Absatz 10 beschriebenen Verfahren auf den Nennwert der geprüften Bremse.

b) Einleitung des ersten Durchlaufs des WLTP-Bremszyklus bei einer Bremsentemperatur von (25 ± 5) °C.

c) Während des Einfahrverfahrens dürfen keine Abkühlabschnitte zwischen den einzelnen Fahrten des WLTP-Bremszyklus durchgeführt werden.

d) Durchführung der Abkühlabschnitte zwischen den fünf Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus. Einleitung der aufeinanderfolgenden vier WLTP-Bremszyklen, wenn die Bremsentemperatur auf 40 °C sinkt.

e) Liegt die Bremsentemperatur am Ende des vorangegangenen WLTP-Bremszyklus zwischen 30 °C und 40 °C, so muss der nachfolgende WLTP-Bremszyklus sofort beginnen, ohne dass die Bremse erwärmt wird.

f) Liegt die Bremsentemperatur am Ende des vorangegangenen WLTP-Bremszyklus unter 30 °C, ist der Abschnitt „Einfahren“ zu beenden. Entweder müssen Abweichungen bei der Durchführung der Prüfung ermittelt werden oder die Einstellung der Kühlung muss wiederholt werden. Nach der Behebung des Problems muss der Abschnitt „Einfahren“ von Anfang an wiederholt werden.

g) Durchführung der fünf einzelnen WLTP-Bremszyklen nacheinander ohne Unterbrechung. In Abschnitt 9.3.2. sind die erforderlichen Maßnahmen im Falle von Unterbrechungen beschrieben.

Die in diesem Absatz angegebene Mindesttemperatur von 30 °C gilt für alle geprüften Bremsen. Die Nichteinhaltung der beschriebenen Vorschriften für die Bremsentemperatur führt dazu, dass die Prüfung des Abschnitts „Einfahren“ ungültig ist und die Prüfeinrichtung diesen Abschnitt wiederholen muss. Im Falle einer Wiederholung des Einfahrverfahrens ist ein neuer Satz Bremsenteile zu verwenden.

9.2.3. Abschnitt „Emissionsmessung“

Für die ordnungsgemäße Durchführung des WLTP-Bremszyklus müssen alle zehn Fahrten nacheinander durchgeführt werden. Die Abkühlabschnitte zwischen den einzelnen Fahrten des WLTP-Bremszyklus während der Durchführung des Abschnitts „Emissionsmessung“ sind verpflichtend. Für die Emissionsmessung gelten besondere Vorschriften in Bezug auf die Bremsentemperatur zu Beginn jeder Fahrt des WLTP-Bremszyklus. Die Prüfeinrichtung führt folgende Schritte durch:

a) Einstellung des Kühlluftstroms nach dem in Absatz 10 beschriebenen Verfahren auf den Nennwert der geprüften Bremse.

b) Einleitung von Fahrt 1 des WLTP-Bremszyklus bei einer Bremsentemperatur von (25 ± 5) °C ohne Brems- oder Abbremsmanöver zum Erwärmen der Bremse.

c) Durchführung der Abschnitte „Abkühlung“ zwischen den zehn Fahrten des WLTP-Bremszyklus. Einleitung der Fahrten 2 bis 10, sobald die Bremsentemperatur auf 40 °C sinkt.

d) Liegt die Bremsentemperatur bei den Fahrten 2 bis 10 am Ende der vorangegangenen Fahrt zwischen 30 °C und 40 °C, so muss die nachfolgende Fahrt sofort zu beginnen, ohne dass die Bremsscheibe erwärmt wird. Bei den hinteren Bremsen wird der Wert von 30 °C auf 20 °C herabgesetzt.

e) Liegt die Bremsentemperatur bei den Fahrten 2 bis 10 am Ende der vorangegangenen Fahrt unter 30 °C (20 °C bei den hinteren Bremsen), so ist die Emissionsprüfung zu beenden. Entweder müssen Abweichungen bei der Durchführung der Prüfung ermittelt werden oder die Einstellung der Kühlung muss wiederholt werden. Nach der Behebung des Problems muss der Abschnitt „Einfahren“ mit einem neuen Satz Bremsenteilen von Anfang an wiederholt werden.

f) Durchführung des WLTP-Bremszyklus ohne Unterbrechung. In Abschnitt 9.3.3. sind die erforderlichen Maßnahmen im Falle von Unterbrechungen beschrieben.

g) Im Falle aktiver Bremsfiltereinrichtungen muss die Prüfeinrichtung die Signale „Bremsdruck“ und „lineare Geschwindigkeit“ verwenden, um die Filterfunktion bei Beginn des Bremsvorgangs gemäß Absatz 13.1 zu aktivieren. In diesem Fall kann die aktive Filterfunktion bis zu 5 Sekunden nach dem in Absatz 13.1 festgelegten Ende des Bremsvorgangs deaktiviert werden.

Die in diesem Absatz angegebene Mindesttemperatur von 30 °C gilt für alle Bremsen. Die Nichteinhaltung der beschriebenen Vorschriften für die Bremsentemperatur führt dazu, dass der Abschnitt „Emissionsmessung“ ungültig ist.

9.3. Unterbrechungen des WLTP-Bremszyklus

9.3.1. Abschnitt „Einstellung der Kühlung“

Wird während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ die Prüfung unterbrochen (oder tritt am Prüfstand eine Störung auf), muss die Prüfeinrichtung die Prüfung abbrechen und das Verfahren zur Einstellung der Kühlung von vorn beginnen. In diesem Fall kann die Prüfeinrichtung nach einer Überprüfung der Daten und einer Sichtprüfung ohne Störung der Bremseinheit dieselbe Bremseinheit verwenden, um mit der nächsten Iteration von Fahrt 10 fortzufahren und den Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ abzuschließen. Ergeben sich bei der Inspektion Hinweise auf eine Beeinträchtigung der Prüfung (lose Bauteile, Austritt von Bremsflüssigkeit, falscher Einbau, übermäßige Vibrationen usw.), so muss die Prüfeinrichtung eine neue Bremseinheit einbauen und das Verfahren nach den Vorschriften von Absatz 8.2 wiederholen.

9.3.2. Abschnitt „Einfahren“

Wird während des Abschnitts „Einfahren“ die Prüfung unterbrochen (oder tritt am Prüfstand eine Störung auf), muss die Prüfeinrichtung das Einfahren ab dem letzten Unterbrechungspunkt unter Berücksichtigung des letzten aufgezeichneten Zeitstempels in der zeitbasierten Datei mit Werten ungleich Null für die Bremsparameter fortsetzen. Die Prüfeinrichtung darf keine Brems- oder Abbremsmanöver zum Erwärmen der Bremse durchführen, um eine Temperatur von 30 °C zu erreichen, wenn die tatsächliche Bremsentemperatur niedriger ist. Die Prüfeinrichtung darf die Teile nicht zerlegen. Werden die Bremsenteile nach Beginn des Abschnitts „Einfahren“ zerlegt, sind sie nicht mehr für den Abschluss des Einfahrens und die anschließende Emissionsmessung geeignet. In diesem Fall muss die Prüfeinrichtung diese Teile durch neue Bremsenteile ersetzen und das Einfahrverfahren von Anfang an wiederholen.

Wird der Abschnitt „Einfahren“ ein zweites Mal unterbrochen, erklärt die Prüfeinrichtung die Prüfung für ungültig, entsorgt die verwendeten Teile und führt mit neuen Teilen eine neue Prüfung durch, einschließlich der Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsmessung“.

9.3.3. Abschnitt „Emissionsmessung“

Wird die Prüfung während des Abschnitts „Emissionsmessung“ (einschließlich Abkühlen) unterbrochen, so beendet die Prüfeinrichtung den Abschnitt „Emissionsmessung“, erklärt die Prüfung für ungültig, verwirft die verwendeten Teile und verwendet neue Teile, um eine neue Prüfung einschließlich der Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionen“ durch.

9.4. Qualitätskontrollen in Bezug auf den WLTP-Bremszyklus

Die folgenden Qualitätskontrollen sind durchzuführen, um die ordnungsgemäße Durchführung des WLTP-Bremszyklus zu überprüfen. Eine gültige Emissionsprüfung muss alle nachstehend beschriebenen Kriterien erfüllen.

9.4.1. Kontrolle in Bezug auf geschwindigkeitsbezogene Abweichungen

Die Qualitätskontrolle in Bezug auf geschwindigkeitsbezogene Abweichungen ist notwendig, um sicherzustellen, dass der Bremsenprüfstand die Geschwindigkeitskurve des WLTP-Bremszyklus ordnungsgemäß ausgeführt hat. Eine geschwindigkeitsbezogene Abweichung liegt immer dann vor, wenn die tatsächliche Geschwindigkeit des Prüfstands außerhalb der durch die vorgeschriebene (Nenn-)Geschwindigkeit definierten Toleranzen der Geschwindigkeitskurve liegt.

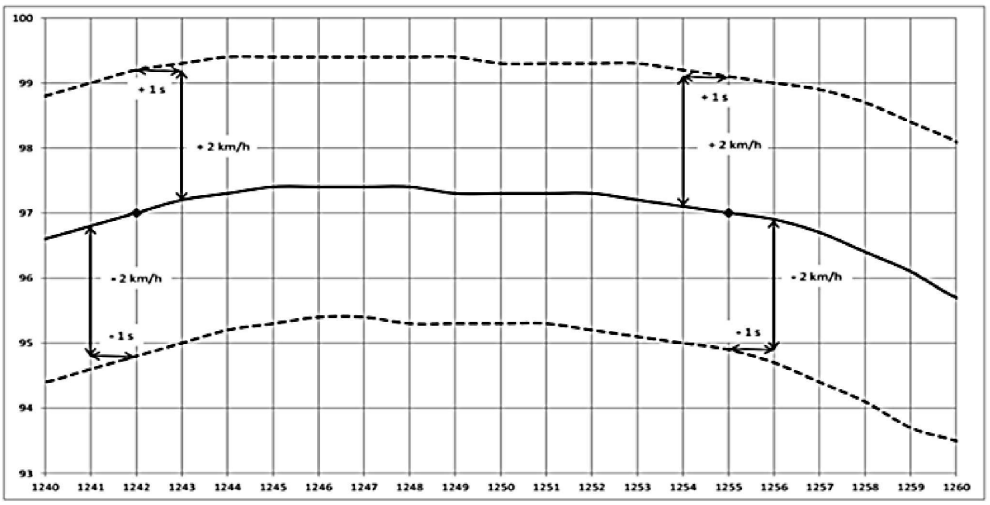
a) Obere Geschwindigkeitstoleranz: 2,0 km/h über der linearen Nenngeschwindigkeit innerhalb ± 1,0 Sekunden der gegebenen Zeitspanne.

b) Untere Geschwindigkeitstoleranz: 2,0 km/h unter der linearen Nenngeschwindigkeit innerhalb ± 1,0 Sekunden der gegebenen Zeitspanne.

In Abbildung A4/15 sind die unteren und oberen Geschwindigkeitstoleranzen für den WLTP-Bremszyklus dargestellt.

Abbildung A4/15

Toleranzen für geschwindigkeitsbezogene Abweichungen während des WLTP-Bremszyklus



c) Während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ darf die Zahl der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen bei jeder vollständigen Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus 158 nicht überschreiten. Dies entspricht 3 % der Dauer von Fahrt 10.

d) Während des Abschnitts „Einfahren“ darf die Zahl der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen je vollständigem WLTP-Bremszyklus 475 nicht überschreiten. Dies entspricht 3 % der Dauer des WLTP-Bremszyklus und gilt für alle fünf Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus.

e) Während des Abschnitts „Emissionsmessung“ darf die Zahl der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen je vollständigem WLTP-Bremszyklus 475 nicht überschreiten. Dies entspricht 3 % der Dauer des WLTP-Bremszyklus. Abkühlabschnitte werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

f) Berechnung und Erfassung der Anzahl der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen in allen Abschnitten gemäß Tabelle A4/14. Die Berechnung der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen umfasst alle Vorgangstypen (Stillstand, Beschleunigung, konstante Fahrt und Verzögerung), nicht jedoch die Abkühlabschnitte.

g) Wird Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ oder der gesamte WLTP-Bremszyklus während der Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsmessung“ innerhalb der in diesem Absatz festgelegten Geschwindigkeitstoleranzen nicht durchgeführt, so ist die Bremsemissionsprüfung ungültig.

9.4.2. Anzahl der Verzögerungsvorgänge

Bei dieser Qualitätskontrolle wird die Zahl der durchgeführten Bremsvorgänge untersucht. Es muss sichergestellt werden, dass alle 303 Bremsvorgänge des WLTP-Bremszyklus während des Abschnitts „Emissionsmessung“ durchgeführt wurden. Ein Verstoß gegen dieses Kriterium liegt immer dann vor, wenn die tatsächliche Zahl der durchgeführten Bremsvorgänge nicht dem Nennwert (d. h. 303) entspricht.

Die Prüfeinrichtung muss die Zahl der durchgeführten Bremsvorgänge gemäß Tabelle A4/14 überprüfen. Die Parameter „Haltezeit“ und „Verzögerung – streckengemittelt“ müssen abgeglichen werden und es muss sichergestellt werden, dass beide Parameter 303 numerische Werte ungleich Null enthalten, die den entsprechenden 303 Bremsvorgängen des WLTP-Bremszyklus entsprechen.

Diese Qualitätskontrolle gilt nur für den Abschnitt „Emissionsmessung“. Werden die 303 Bremsvorgänge des WLTP-Bremszyklus während des in diesem Absatz festgelegten Abschnitts „Emissionsmessung“ nicht durchgeführt, so ist die Prüfung ungültig.

9.4.3. Ableitung der kinetischen Energie

Die Qualitätskontrolle in Bezug auf die Ableitung der kinetischen Energie ist notwendig, um sicherzustellen, dass bei der Durchführung des WLTP-Bremszyklus die richtige Menge an spezifischer Reibungsarbeit (w_f) aufgebracht wird. Es handelt sich auch um eine zusätzliche Qualitätskontrolle, ob andere Eingabeparameter (z. B. das Prüfträgheitsmoment der Bremse) ordnungsgemäß berechnet und angewandt wurden. Diese Qualitätskontrolle gilt für alle Bremsen, die an Fahrzeugen angebracht sind, welche in den Anwendungsbereich dieser Regelung fallen. Für die Berechnungen im Rahmen der Prüfung der Nicht-Reibungsbremsung sind die Parameter des Stammfahrzeugs der Bremsecken-Emissionsfamilie zu verwenden.

Eine bei der Qualitätskontrolle festgestellte Abweichung bei der Ableitung der kinetischen Energie liegt immer dann vor, wenn die Summe der berechneten spezifischen Reibungsarbeit aller Bremsvorgänge während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus (für den Abschnitt „Einstellung der Kühlung“) und des gesamten WLTP-Bremszyklus (für die Abschnitte „Einfahren“ oder „Emissionsmessung“) außerhalb der festgelegten Toleranzen liegt:

a) Fahrt 10, obere Toleranz der spezifischen Reibungsarbeit: 278 J/kg über dem Nennwert für die spezifische Reibungsarbeit von 5 557 J/kg. Somit beträgt die obere Toleranz der spezifischen Reibungsarbeit 5 835 J/kg.

b) Fahrt 10, untere Toleranz der spezifischen Reibungsarbeit: 278 J/kg unter dem Nennwert für die spezifische Reibungsarbeit von 5 557 J/kg. Somit beträgt die untere Toleranz der spezifischen Reibungsarbeit 5 279 J/kg.

c) WLTP-Bremszyklus, obere Toleranz der spezifischen Reibungsarbeit: 799 J/kg über dem Nennwert für die spezifische Reibungsarbeit von 15 986 J/kg. Somit beträgt die obere Toleranz der spezifischen Reibungsarbeit 16 785 J/kg.

d) WLTP-Bremszyklus, untere Toleranz der spezifischen Reibungsarbeit: 799 J/kg unter dem Nennwert für die spezifische Reibungsarbeit von 15 986 J/kg. Somit beträgt die untere Toleranz der spezifischen Reibungsarbeit 15 187 J/kg.

e) Während des Abschnitts „Einstellung der Abkühlung“ muss die berechnete spezifische Reibungsarbeit während Fahrt 10 zwischen 5 279 J/kg und 5 835 J/kg liegen. Dies entspricht ± 5 % des Nennwerts.

f) Während des Abschnitts „Einfahren“ muss die berechnete spezifische Reibungsarbeit während des WLTP-Bremszyklus zwischen 15 187 J/kg und 16 785 J/kg liegen. Dies entspricht ± 5 % des Nennwerts und gilt für alle fünf Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus.

g) Während des Abschnitts „Emissionsmessung“ muss die berechnete spezifische Reibungsarbeit während des WLTP-Bremszyklus zwischen 15 187 J/kg und 16 785 J/kg liegen. Dies entspricht ± 5 % des Nennwerts. Abkühlabschnitte werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

h) Die Prüfeinrichtung muss die spezifische Reibungsarbeit für jeden Bremsvorgang anhand des Signals des hohen tatsächlichen Drehmoments und des Signals der hohen Drehzahl des Prüfsystems berechnen. Die Integration beginnt 1,0 s vor Beginn der Bremsverzögerung und endet 1,0 s nach Ende der Bremsverzögerung gemäß Gleichung 9.1:

$$w_{f,n} = \frac{2 \times \pi}{60} \cdot \frac{1}{WL_t} \cdot \int_{t = t_{start,nom,n} - 1.0s}^{t_{end,nom,n} + 1.0s} f(t) \cdot \tau(t) \cdot dt \qquad \text{(Gleichung 9.1)}$$

Dabei gilt:

$w_{f,n}$	ist die spezifische Reibungsarbeit bei der n-ten Bremsverzögerung in J/kg.
WL_t	ist die Prüf- (oder aufgebrachte) Radlast in kg gemäß Tabelle A4/3.
$t_{start,nom,n}$	ist die Anfangszeit des n-ten Vorgangs „Nennbremsverzögerung“ in s.
$t_{end,nom,\ n}$	ist das Ende des n-ten Vorgangs „Nennbremsverzögerung“ in s.
f(t)	ist das Signal der hohen Drehzahl in 1/min.
τ_{brake}	ist das Signal des hohen Bremsmoments in N·m.

Sowohl der Beginn als auch das Ende der Bremsverzögerung bei jedem Vorgang werden auf der Grundlage der hohen linearen Nenngeschwindigkeit ermittelt. Die Beschleunigung wird auf der Grundlage der hohen Nenngeschwindigkeit berechnet. Ein spezifischer Bremsvorgang beginnt, wenn dieser Beschleunigungswert erstmals 0,25 m/s² überschreitet, und endet, wenn dieser Beschleunigungswert erstmals unter 0,25 m/s² fällt.

i) Gleichung 9.1 ergibt die spezifische Reibungsarbeit für jeden der 114 bzw. 303 Bremsvorgänge von Fahrt 10 bzw. des WLTP-Bremszyklus. Die Prüfeinrichtung berechnet die gesamte spezifische Reibungsarbeit, indem sie die berechnete spezifische Reibungsarbeit der einzelnen Bremsvorgänge addiert. Die Summe der spezifischen Reibungsarbeit ist mit dem vorgeschriebenen spezifischen (Nenn-) Reibungswert gemäß den Buchstaben a bis c dieses Absatzes zu vergleichen.

j) Wird einer der Abschnitte der Bremsemissionsprüfung nicht mit einer spezifischen Gesamtreibungsarbeit innerhalb der in diesem Absatz festgelegten Toleranzen abgeschlossen, so ist die Prüfung ungültig.

10. Einstellung des Kühlluftstroms

Verschiedene Prüfsysteme können unterschiedliche Kombinationen von Auslegung und Größe des Bremsenprüfraums, Luftstrom oder Luftgeschwindigkeit sowie Auslegung und Geometrie des Leistungssystems umfassen. In diesem Absatz wird die geeignete Methode zur Einstellung der Geschwindigkeit des Luftstroms festgelegt, um in allen Prüfeinrichtungen vergleichbare thermische Bedingungen für die Bremsen zu schaffen.

10.1. Beschreibung der Methode

10.1.1. Festlegung der Bremseinheitengruppen und Überprüfungsparameter

Um den geeigneten Kühlluftstrom für die geprüfte Bremse zu bestimmen, muss die Prüfeinrichtung die Bremse zunächst entsprechend ihrem Verhältnis von Nennvorderradlast ($WL_{n\text{-}f}$) zur Masse der Scheibe oder Trommel (bei Verwendung einer Trommelbremse als Vorderradbremse) einer bestimmten ($WL_{n\text{-}f}$/DM)-Gruppe zuordnen.

Das $WL_{n\text{-}f}$/DM-Verhältnis wird berechnet, indem $WL_{n\text{-}f}$ (kg) durch die Masse (kg) der Scheibe oder Trommel (bei Verwendung einer Trommelbremse als Vorderradbremse) vor der Prüfung dividiert wird. Die Prüfeinrichtung bestimmt $WL_{n\text{-}f}$ gemäß den Spezifikationen in Absatz 8.1 Buchstabe c.

Auf der Grundlage des $WL_{n\text{-}f}$/DM-Verhältnisses werden vier verschiedene Gruppen festgelegt: Gruppe 1 mit $WL_{n\text{-}f}$/DM ≤ 45, Gruppe 2 mit 45 < $WL_{n\text{-}f}$/DM ≤ 65, Gruppe 3 mit 65 < $WL_{n\text{-}f}$/DM ≤ 85, Gruppe 4 mit $WL_{n\text{-}f}$/DM > 85.

Die Prüfeinrichtung muss die in Absatz 8.1 Buchstabe d beschriebene Prüfradlast (WL_t) – nicht die Nennradlast (WL_n) – während der Durchführung aller Abschnitte der Bremsemissionsprüfung aufbringen.

Für die Einstellung der Kühlluft der geprüften Bremse wurden drei Prüfparameter festgelegt. Die Zielwerte und zulässigen Toleranzen für diese Parameter sind für jede WL_{n-f}/DM-Gruppe unterschiedlich. Die Prüfeinrichtung verwendet die folgenden Parameter als Referenz, mit der die Prüfergebnisse der Einstellung der Kühlung verglichen werden:

a) Durchschnittstemperatur der Bremse während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus (ABT).

b) Durchschnittliche Anfangstemperatur der Bremse für sechs ausgewählte Bremsvorgänge während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus (IBT).

c) Durchschnittliche Endtemperatur der Bremsen für sechs ausgewählte Bremsvorgänge während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus (FBT).

Die unter den Buchstaben b und c dieses Absatzes genannten Bremsvorgänge sind die Vorgänge Nr. 46, 101, 102, 103, 104 und 106 von Fahrt 10. Einzelheiten der Zielbremsvorgänge sind in Tabelle A4/4 angegeben. Unter Berücksichtigung des gesamte WLTP-Bremszyklus so sind die entsprechenden Folgenummern der Bremsvorgänge die Nummern 235, 290, 291, 292, 293 und 295.

Tabelle A4/4

Spezifische Bremsvorgänge während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus

Parameter	Einheit	Verzögerungsvorgang					
		#46	#101	#102	#103	#104	#106
Beginn	s	2 088	4 438	4 459	4 494	4 522	4 903
Ende	s	2 092	4 447	4 467	4 503	4 529	4 918
Bremsdauer	s	4,0	9,0	8,0	9,0	7,0	15,0
Anfangsgeschwindigkeit	km/h	97,4	112,0	68,2	80,9	73,4	132,5
Endgeschwindigkeit	km/h	82,7	56,1	12,0	35,3	39,3	34,0

10.1.2. Überprüfung der Parameter und Toleranzen für die Bremstemperatur

Die Zielwerte und die entsprechenden Toleranzen für die drei Prüfparameter sind in Tabelle A4/5 angegeben.

Tabelle A4/5

Standardparameter und -toleranzen für die Bremsentemperatur während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus

Gruppe	ABT [A_1]	IBT [A_2] ± Toleranz	FBT [A_3] ± Toleranz
WL_{n-f}/DM ≤ 45	≥ 50 °C	65 ± 25 °C	95 ± 35 °C
45 < WL_{n-f}/DM ≤ 65	≥ 55 °C	75 ± 25 °C	115 ± 35 °C
65 < WL_{n-f}/DM ≤ 85	≥ 60 °C	85 ± 25 °C	130 ± 35 °C
WL_{n-f}/DM > 85	≥ 65 °C	95 ± 25 °C	150 ± 35 °C

a) Die Zielwerte und die entsprechenden Toleranzen für die drei Prüfparameter gelten für alle Typen von Vorderradbremsen, die in allen in den Anwendungsbereich dieser Regelung fallenden Fahrzeugtypen verbaut sind, mit Ausnahme von Kohlenstoff-Keramik-Scheibenbremsen. Für Kohlenstoff-Keramik-Scheibenbremsen gelten die Standardtemperaturparameter. Die Temperaturparameter für ABT [A_1] werden jedoch um 15 °C gesenkt, und die Toleranzen für das untere Ende des Temperaturbereichs werden auf -40 °C für IBT [A2] und auf -50 °C für FBT [A3] erhöht.

b) Bei Hinterrad-Scheibenbremsen ist der für die entsprechende Vorderrad-Bremsanlage (d. h. gleiche Fahrzeugdaten) festgelegte Nenn- (oder Soll-)Kühlluftstrom zu verwenden. In diesem Fall muss die Zuordnung der Bremse zu einer $WL_{n\text{-}f}$/DM-Kategorie gemäß Absatz 10.1.1 anhand der Daten der Vorderradbremse erfolgen.

c) Bei Hinterrad-Trommelbremsen ist der für die entsprechende Vorderrad-Bremsanlage (d. h. gleiche Fahrzeugdaten) festgelegte Nenn- (oder Soll-)Kühlluftstrom zu verwenden. In diesem Fall muss die Zuordnung der Bremse zu einer $WL_{n\text{-}f}$/DM-Kategorie gemäß Absatz 10.1.1 anhand der Daten der Vorderradbremse erfolgen.

10.1.3. Berechnung der Überprüfungsparameter und Akzeptanzkriterien

Sobald die Bremse gemäß Absatz 10.1.1 in ihre $WL_{n\text{-}f}$/DM-Gruppe eingestuft ist, muss die Prüfeinrichtung Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus mit neuen Bremsenteilen durchführen, um die Werte der Prüfparameter zu erhalten, mit denen die Zellen in Tabelle A4/6 gefüllt werden. Die Prüfeinrichtung muss zur Durchführung der Einstellung der Kühlluft gemäß Absatz 10.1.4 den Wert $WL_{t\text{-}f}$ gemäß Absatz 8.1 Buchstabe d verwenden. Die gemessenen Werte für die Prüfparameter sind anhand der erstellten Prüfberichtdateien wie folgt zu berechnen:

a) Durchschnittstemperatur der Bremse während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus (ABT):

i) Der Zielwert (A_1) hängt von der $WL_{n\text{-}f}$/DM-Gruppe ab und ist in Tabelle A4/5 festgelegt.

ii) Der gemessene Wert (B_1) wird aus der zeitbasierten Datei der Bremsemissionsprüfung gemäß Tabelle A4/14 berechnet.

iii) B_1 ist der Durchschnitt aller Bremstemperaturwerte während der gesamten Dauer von Fahrt 10 (5 272 s).

b) Durchschnittliche Anfangstemperatur der Bremse für ausgewählte Bremsvorgänge während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus (IBT):

i) Der Zielwert (A_2) und die Toleranzen hängen von der $WL_{n\text{-}f}$/DM-Gruppe ab und sind in Tabelle A4/5 festgelegt.

ii) Der gemessene Wert (B_2) wird anhand der ereignisbasierten Datei der Bremsemissionsprüfung gemäß Tabelle A4/14 berechnet.

iii) B2 ist der durchschnittliche Temperaturwert der IBT-Einzelwerte, die für jeden der sechs ausgewählten und in Tabelle A4/4 beschriebenen Bremsvorgänge aufgezeichnet wurden. Die Prüfeinrichtung berechnet B2 nach Gleichung 10.1.

$$B_2 = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6)/6 \qquad \text{(Gleichung 10.1)}$$

Dabei gilt:

B_2 ist die durchschnittliche IBT bei ausgewählten Bremsvorgängen während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Y_1 ist die IBT bei Bremsvorgang 46 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Y_2 ist die IBT bei Bremsvorgang 101 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Y_3 ist die IBT bei Bremsvorgang 102 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Y_4 ist die IBT bei Bremsvorgang 103 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Y_5 ist die IBT bei Bremsvorgang 104 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Y_6 ist die IBT bei Bremsvorgang 106 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

c) Durchschnittliche Bremsenendtemperatur (FBT) bei ausgewählten Bremsvorgängen während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus:

i) Der Zielwert (A_3) und die Toleranzen hängen von der $WL_{n\text{-}f}$/DM-Gruppe ab und sind in Tabelle A4/5 festgelegt.

ii) Der gemessene Wert (B_3) wird anhand der ereignisbasierten Datei der Bremsemissionsprüfung gemäß Tabelle A4/14 berechnet.

iii) B_3 ist der durchschnittliche Temperaturwert der FBT-Einzelwerte, die für jeden der sechs ausgewählten und in Tabelle A4/4 beschriebenen Bremsvorgänge aufgezeichnet wurden. Die Prüfeinrichtung berechnet B_3 nach Gleichung 10.2.

$$B_3 = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6)/6 \qquad \text{(Gleichung 10.2)}$$

Dabei gilt:

B_3 ist die durchschnittliche FBT bei ausgewählten Bremsvorgängen während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Z_1 ist die FBT bei Bremsvorgang 46 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Z_2 ist die FBT bei Bremsvorgang 101 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Z_3 ist die FBT bei Bremsvorgang 102 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Z_4 ist die FBT bei Bremsvorgang 103 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Z_5 ist die FBT bei Bremsvorgang 104 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Z_6 ist die FBT bei Bremsvorgang 106 während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

Nach Durchführung der Prüfung der Einstellung der Kühlung mit dem gewählten Luftstrom vergleicht die Prüfeinrichtung die aufgezeichneten Temperaturwerte der Prüfparameter mit den entsprechenden in Tabelle A4/5 festgelegten Zielwerten. Die Differenz zwischen Zielwert und Prüfergebnis für die Prüftemperaturparameter ist nach den Gleichungen 10.3, 10.4 und 10.5 zu berechnen:

$$C_1 = B_1 - A_1 \qquad \text{(Gleichung 10.3)}$$

Dabei gilt:

C_1 ist die Differenz der Durchschnittstemperaturen der Bremse während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

B_1 ist die gemessene ABT während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

A_1 ist die Ziel-ABT während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C gemäß Tabelle A4/5.

$$C_2 = |B_2 - A_2| \qquad \text{(Gleichung 10.4)}$$

Dabei gilt:

C_2 ist die absolute Differenz der durchschnittlichen IBT der ausgewählten Vorgänge in °C.

B_2 ist die durchschnittliche IBT bei ausgewählten Bremsvorgängen während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

A_2 ist die Ziel-IBT bei den ausgewählten Bremsvorgängen während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C gemäß Tabelle A4/5.

$$C_3 = |B_3 - A_3| \qquad \text{(Gleichung 10.5)}$$

Dabei gilt:

C_3 ist die absolute Differenz der durchschnittlichen FBT der ausgewählten Vorgänge in °C.

B_3 ist die durchschnittliche FBT bei ausgewählten Bremsvorgängen während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus in °C.

A_3 ist die Soll-FBT der ausgewählten Bremsvorgänge während Fahrt 10 in °C gemäß Tabelle A4/5

Die Prüfeinrichtung vergleicht die erlangten Ergebnisse mit den Akzeptanzkriterien gemäß Tabelle A4/6.

Tabelle A4/6

Berechnung der Bremstemperaturparameter und Akzeptanzkriterien während Fahrt 10

Vorgang während Fahrt 10	Parameter	Zieltemperatur	Prüftemperatur für Einstellung der Kühlung	Differenz	Akzeptanzkriterien
–	*ABT*	A_1	B_1	C_1 *nach Gleichung 10.3*	$C_1 \geq 0$ °C
–	*Durchschnittliche IBT*	A_2	B_2 *nach Gleichung 10.1*	C_2 *nach Gleichung 10.4*	$C_2 \leq 25$ °C
#46			Y_1	N/A	N/A
#101			Y_2		
#102			Y_3		
#103			Y_4		
#104			Y_5		
#106			Y_6		
–	*Durchschnittliche FBT*	A_3	B_3 *nach Gleichung 10.2*	C_3 *nach Gleichung 10.5*	$C_3 \leq 35$ °C
#46			Z_1	N/A	N/A
#101			Z_2		
#102			Z_3		
#103			Z_4		
#104			Z_5		
#106			Z_6		

d) Alle drei Kriterien müssen für den erfolgreichen Abschluss des Abschnitts „Einstellung des Kühlluftstroms“ erfüllt sein. Falls bei der Prüfung der Einstellung der Kühlung nicht alle Messgrößen der Tabelle A4/5 erreicht werden, muss die Prüfeinrichtung das Verfahren wiederholen und den Kühlluftstrom entsprechend anpassen. Erfüllen mehrere Kühlluftströme die Anforderungen für alle Messgrößen in Tabelle A4/5, so wählt die Prüfeinrichtung den Kühlluftstrom aus, der näher bei 950 Nm^3/h liegt und alle in Absatz 12 für die isokinetische Probenahme festgelegten Anforderungen erfüllt.

e) Gibt es keinen geeigneten Kühlluftstrom, der alle drei in Tabelle A4/5 angegebenen Messgrößen erreicht, wählt die Prüfeinrichtung einen geeigneten Kühlluftstrom aus, der die Akzeptanzkriterien für mindestens zwei Parameter erfüllt; einer davon muss stets die Durchschnittstemperatur (ABT) während Fahrt 10 sein. Liegt in einem solchen Fall die gemessene Bremsentemperatur für die nicht erreichte Messgröße (IBT oder FBT) unter dem in Tabelle A4/5 angegebenen unteren Schwellenwert, so muss die Prüfeinrichtung nachweisen, dass eine Prüfung mit dem Mindest-Betriebsdurchsatz des Systems durchgeführt wurde. Liegt die gemessene Bremsentemperatur für die nicht erreichte Messgröße (IBT oder FBT) über dem in Tabelle A4/5 angegebenen oberen Schwellenwert, so muss die Prüfeinrichtung nachweisen, dass eine Prüfung mit dem maximalen Betriebsdurchsatz des Systems durchgeführt wurde. Die entsprechenden ereignis- und zeitbasierten Dateien für die nicht erfolgreichen Prüfungen der Einstellung der Kühlung sind in die Arbeitsergebnisse der Prüfung aufzunehmen.

f) Wird der maximale Betriebsdurchsatz verwendet und liegen sowohl die IBT als auch die FBT über den in Tabelle A4/5 festgelegten oberen Schwellenwerten, so führt die Prüfeinrichtung die Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsmessung“ mit dem maximalen Betriebsdurchsatz des Systems durch. In diesem Fall müssen die erfassten Daten die ABT-, IBT- und FBT-Werte enthalten, die sich aus dem Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ mit dem maximalen Betriebsdurchsatz ergeben. Die entsprechenden ereignis- und zeitbasierten Dateien sind in die Arbeitsergebnisse der Prüfung aufzunehmen. Wird der Mindest-Betriebsdurchsatz verwendet und liegen sowohl die IBT als auch die FBT unter den in Tabelle A4/5 festgelegten unteren Schwellenwerten, so führt die Prüfeinrichtung die Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsmessung“ mit dem Mindest-Betriebsdurchsatz des Systems durch. In diesem Fall müssen die erfassten Daten die ABT-, IBT- und FBT-Werte enthalten, die sich aus dem Abschnitt „Einstellung der Kühlung“ mit Mindest-Betriebsdurchsatz ergeben. Die entsprechenden ereignis- und zeitbasierten Dateien sind in das Prüfergebnis aufzunehmen.

g) Wird der Mindest-Betriebsdurchsatz verwendet und liegen alle drei Temperaturmessgrößen unter den in Tabelle A4/5 festgelegten unteren Schwellenwerten, so ist die Einstellung der Kühlluft als ungültig zu betrachten.

10.1.4. Prüfung auf dem Bremsenprüfstand zur Einstellung des Kühlluftstroms

Die Prüfeinrichtung muss die Vorderachse für die Bestimmung des Kühlluftstroms für beide Achsen verwenden, unabhängig von Typ oder Größe der an der Hinterachse angebrachten Bremse. Die Prüfeinrichtung muss die folgenden Schritte zur Einstellung des Kühlluftstroms durchführen, wenn eine Bremse erstmals auf einem bestimmten Prüfstand für ein bestimmtes Fahrzeug geprüft wird:

a) Befolgung der Spezifikationen für die Vorbereitung der Prüfanordnung gemäß Absatz 8.2.

b) Einstellung des Kühlluftstroms auf einen bekannten Wert, der für ähnliche Bremsen verwendet wird. Liegt kein brauchbarer Bezugswert vor, ist die Prüfung mit 950 Nm^3/h zu beginnen.

c) Durchführung eines Prüflaufs von Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus bei einer Bremsentemperatur von 40 °C. Die Bremse ist gemäß den Anweisungen in Absatz 9.2.1 auf 40 °C zu erwärmen.

d) Durchführung der Berechnungen nach Absatz 10.1.3 und Prüfung der Ergebnisse und Abweichungen bei den Zielparametern.

e) Erreicht der Prüflauf alle Messgrößen der Tabelle A4/5, ist der Prozess abzuschließen und der Prüfbericht gemäß den Spezifikationen in Absatz 13 zu erstellen. In diesem Fall ist der unter Buchstabe b verwendete Kühlluftstrom definiert als der Nennluftstrom für die betreffende Bremse (Q_{set}).

f) Bei Vorderradbremsen ist mit den folgenden Abschnitten der Bremsemissionsprüfung fortzufahren. Dabei sind die gleichen Prüfstandeinstellungen wie bei der Einstellung der Kühlung zu verwenden. Die Prüfeinrichtung muss einen neuen Satz Bremsenteile für das Einfahren und die Emissionsprüfung verwenden; sie kann für die Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsprüfung“ denselben Bremssattel wie in Abschnitt „Einstellung der Kühlluft“ verwenden.

g) Bei Hinterradbremsen ist mit den folgenden Abschnitten der Bremsemissionsprüfung fortzufahren. Dabei sind die entsprechenden Prüfstandeinstellungen für die Hinterachse zu verwenden. Der erforderliche Kühlluftstrom muss dem Wert entsprechen, der für die Vorderachsbremse des entsprechenden Fahrzeugs ermittelt wurde. Erfüllen mehrere Kühlluftströme für die Vorderachse die Anforderungen für alle Messgrößen in Tabelle A4/5, so wählt die Prüfeinrichtung den Kühlluftstrom aus, der näher bei 950 Nm^3/h liegt, sofern dieser die in Absatz 12 für die isokinetische Probenahme festgelegten Anforderungen erfüllt.

h) Erreicht der Prüflauf nicht alle Messgrößen der Tabelle A4/5, so ist nach bestem technischem Ermessen ein neuer Kühlluftstrom zu bestimmen und der Prozess aus Schritt a zu wiederholen. Für die Wiederholung des Abschnitts „Einstellung des Kühlluftstroms“ kann derselbe Bremsensatz verwendet werden. Für die Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsmessung“ ist er jedoch stets durch neue Teile zu ersetzen.

11. Abschnitt „Einfahren“

Das Einfahrverfahren ist notwendig, um die Bremseinheit angemessen vorzukonditionieren und ihr Emissionsverhalten zu stabilisieren, bevor die Emissionsmessung durchgeführt wird. Das Einfahrverfahren ist mit neuen Bremsteilen durchzuführen.

11.1. Vorderradbremsen

Die Prüfeinrichtung muss das Einfahrverfahren für alle Typen von Bremsen, die an der Vorderachse der in den Anwendungsbereich dieser Regelung fallenden Fahrzeuge angebracht sind, gemäß den folgenden Spezifikationen durchführen:

a) Einstellen des Kühlluftstroms entsprechend den Einstellungen für die Kühlung für die geprüfte Bremse gemäß Absatz 10.1.

b) Festlegung aller relevanten Prüfparameter und Einstellungen für den Prüfstand (Prüfradlast, Prüfträgheitsmoment der Bremse usw.) wie in den Abschnitten „Einstellung der Kühlung“ und „Emissionsmessung“.

c) Durchführung von fünf Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus, um die geprüfte Vorderradbremse vollständig einzufahren.

d) Die fünf WLTP-Bremszyklen müssen ohne Unterbrechung nacheinander ablaufen. Wird die Prüfung während des Abschnitts „Einfahren“ unterbrochen, muss die Prüfeinrichtung die Anweisungen in Absatz 9.3.2 befolgen.

e) Durchführung jeder Wiederholung des WLTP-Bremszyklus ohne Abkühlabschnitte zwischen den einzelnen Fahrten des WLTP-Bremszyklus. Abkühlabschnitte werden nur zwischen den fünf Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus durchgeführt (d. h. zwischen Fahrt 10 eines bestimmten WLTP-Bremszyklus und Fahrt 1 des folgenden WLTP-Bremszyklus).

f) Einleitung des ersten WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Einfahren“ bei einer Bremsentemperatur von (23 ± 5) °C. Einleitung der anschließenden vier Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus gemäß den Vorschriften für die Temperatur in Absatz 9.2.2.

g) Durchführung des Abschnitts „Einfahren“ auf demselben Prüfstand wie im Abschnitt „Emissionsmessung“. Die Bremsenteile dürfen zwischen den beiden Abschnitten der Prüfung nicht zerlegt werden, um eine Veränderung der Kontaktpunkte zu vermeiden. Werden die Bremsenteile nach Beginn des Einfahrverfahrens zerlegt, sind sie nicht mehr für den Abschluss des Einfahrens und die Emissionsmessung geeignet. In diesem Fall muss die Prüfeinrichtung sie durch neue Bremsenteile ersetzen und das Einfahrverfahren von Anfang an wiederholen.

Die Nichteinhaltung von Vorschriften in diesem Absatz führt dazu, dass das Einfahrverfahren ungültig ist. In diesem Fall kann nicht mit dem Abschnitt „Emissionsmessung“ fortgefahren werden. Die Prüfeinrichtung muss das Einfahrverfahren von Anfang an mit neuen Bremsenteilen durchführen.

11.2. Hinterradbremsen

Die Prüfeinrichtung muss das Einfahrverfahren für alle Typen von Bremsen, die an der Hinterachse der in den Anwendungsbereich dieser Regelung fallenden Fahrzeuge angebracht sind, gemäß den folgenden Spezifikationen durchführen:

a) Verwendung des Kühlluftstroms entsprechend den Einstellungen für die Kühlung für die entsprechende Vorderradbremse gemäß Absatz 10.1 Bei mehreren konformen Luftströmen ist nach Absatz 10.1.4 Buchstabe g der Luftstrom auszuwählen, der näher bei 950 Nm^3/h liegt.

b) Festlegung aller relevanten Prüfparameter und Einstellungen für den Prüfstand (Prüfradlast, Prüfträgheitsmoment der Bremse usw.) für die Hinterachse und deren Verwendung im Abschnitt „Emissionsmessung“.

c) Durchführung von fünf Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus, um die geprüfte Hinterradbremse vollständig einzufahren.

d) Die fünf WLTP-Bremszyklen müssen ohne Unterbrechung nacheinander ablaufen. Wird die Prüfung während des Abschnitts „Einfahren“ unterbrochen, muss die Prüfeinrichtung die Anweisungen in Absatz 9.3.2. befolgen.

e) Durchführung jeder Wiederholung des WLTP-Bremszyklus ohne Abkühlabschnitte zwischen den einzelnen Fahrten des WLTP-Bremszyklus. Abkühlabschnitte werden nur zwischen den fünf Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus durchgeführt (d. h. zwischen Fahrt 10 eines bestimmten WLTP-Bremszyklus und Fahrt 1 des folgenden WLTP-Bremszyklus).

f) Einleitung des ersten WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Einfahren“ bei einer Bremsentemperatur von (23 ± 5) °C. Einleitung der anschließenden vier Wiederholungen des WLTP-Bremszyklus gemäß den Vorschriften für die Temperatur in Absatz 9.2.2.

g) Durchführung des Abschnitts „Einfahren“ auf demselben Prüfstand wie im Abschnitt „Emissionsmessung“. Die Bremsenteile dürfen zwischen den beiden Abschnitten der Prüfung nicht zerlegt werden, um eine Veränderung der Kontaktpunkte zu vermeiden. Werden die Bremsenteile nach Beginn des Einfahrverfahrens zerlegt, sind sie nicht mehr für den Abschluss des Einfahrens und die Emissionsmessung geeignet. In diesem Fall muss die Prüfeinrichtung sie durch neue Bremsenteile ersetzen und das Einfahrverfahren von Anfang an wiederholen.

Die Nichteinhaltung von Vorschriften in diesem Absatz führt dazu, dass das Einfahrverfahren ungültig ist. In diesem Fall kann nicht mit dem Abschnitt „Emissionsmessung“ fortgefahren werden. Die Prüfeinrichtung muss das Einfahrverfahren von Anfang an mit neuen Bremsenteilen durchführen.

12. Abschnitt „Emissionsmessungen“

12.1. Messung der Partikelmasse

In diesem Absatz werden die Spezifikationen für die Messung der Partikelmasse- (PM-)Emissionen bei einer Bremsemissionsprüfung beschrieben. Das PM-Probenahmesystem ermöglicht die Quantifizierung der von der Bremse während der Prüfung erzeugten Partikelmasse. Aus den PM-Emissionen und den Prüfparametern ergeben sich die Emissionsfaktoren für die geprüfte Bremse als Masse pro zurückgelegter Streckeneinheit. Das Prüfsystem misst die PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Bremsemissionen gravimetrisch mit einem separaten Probenahmesystem für jeden Cut-off-Durchmesser (2,5 µm und 10 µm)]. Jedes PM-Probenahmesystem besteht aus folgenden Komponenten:

a) PM-Probenahmesonde im Tunnel. Die Spezifikationen für die Auslegung der PM-Probenahmesonde sind in Absatz 12.1.1.2 beschrieben.

b) Geeignete Probenahmedüse, die an der Spitze der PM-Probenahmesonde angebracht ist. Die Spezifikationen für die Auslegung der Düse sind in Absatz 12.1.1.3 beschrieben.

c) Zyklonabscheider als PM-Abscheidevorrichtung. Die Spezifikationen für den Zyklonabscheider sind in Absatz 12.1.2.1 beschrieben.

d) Partikel-Probenahmeleitung, um das Aerosol von der PM-Abscheidevorrichtung zum Filterhalter zu leiten. Die Spezifikationen für die Auslegung der Probenahmeleitung sind in Absatz 12.1.2.2 beschrieben.

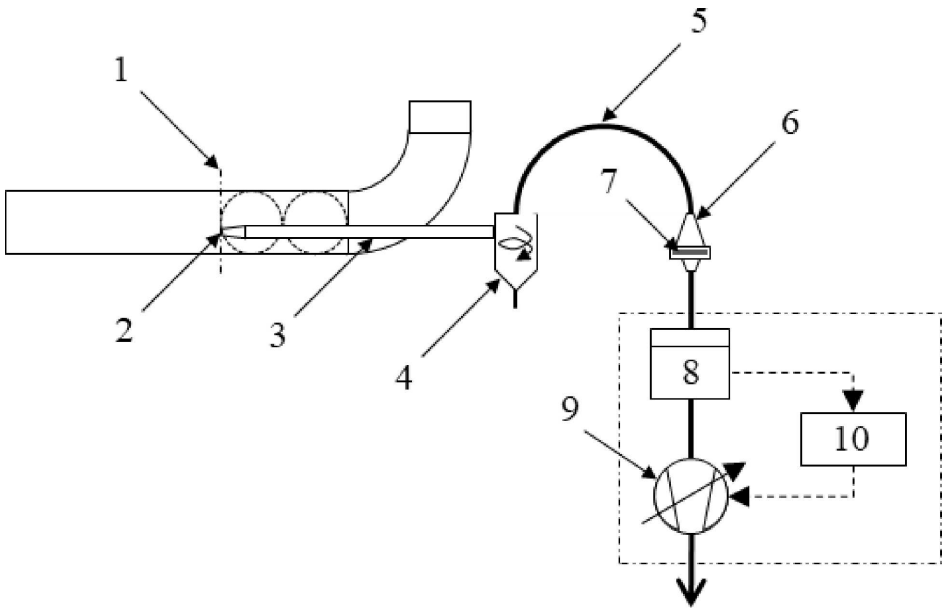
e) Filter, der in den Filterhalter eingesetzt wird, um die Partikel aufzufangen. Die Spezifikationen für den Filterhalter sind in Absatz 12.1.3.1 beschrieben.

f) Eine oder mehrere Pumpen mit Vorrichtungen zur Echtzeitregelung der Luftstrommenge und den entsprechenden Sensoren. Die Spezifikationen für den Probendurchsatz sind in Absatz 12.1.2.3 beschrieben.

Grundsätzlich muss die Anordnung (Einzelteile und Verbindungen) aus elektrisch leitendem Material bestehen, das nicht mit den Bremspartikeln reagiert, und zur Vermeidung elektrischer/elektrostatischer Effekte geerdet sein. In Abbildung A4/16 ist ein möglicher Aufbau der PM-Probenahmeeinheit dargestellt. Die Anordnung und die Abmessungen der verschiedenen Komponenten sind beispielhaft und dienen der Veranschaulichung; daher ist eine genaue Übereinstimmung mit der Abbildung nicht erforderlich.

Abbildung A4/16

Möglicher Aufbau des PM-Probenahmesystems



1 – Probenahmeebene 2 – Probenahmedüse 3 – PM-Probenahmesonde 4 – PM-Zyklonabscheider 5 – PM-Probenahmeleitung 6 – PM-(Mehrfach-)Filterhalter 7 – PM-Probenahmefilter 8 – Messgerät für Masse oder Volumenstrom 9 – Pumpe 10 – Luftstromregler

12.1.1. Partikelentnahme

12.1.1.1. Probenahmeebene

Die Auslegung der Probenahmeebene muss den Spezifikationen in Absatz 7.6 entsprechen. Für die Probenahmeebene gelten die folgenden zusätzlichen Vorschriften für den Einbau der PM-Probenahmesonden:

a) Es sind zwei Probenahmesonden mit den entsprechenden Probenahmedüsen für die PM-Messungen zu verwenden, eine für $PM_{2,5}$ und eine für PM_{10}. Weiße Punkte in Abbildung A4/7 stellen PM-Probenahmesonden dar.

b) Die beiden PM-Probenahmesonden ($PM_{2,5}$ und PM_{10}) sind, wie in Abbildung A4/7 dargestellt, auf derselben horizontalen Ebene im unteren Teil des Tunnels zu positionieren.

c) Für PM-Messungen dürfen an keiner Stelle des Probenahme- und Messsystems Stromteilungseinrichtungen verwendet werden.

12.1.1.2. PM-Probenahmesonden

Um das Aerosol vom Tunnel zur Abscheidevorrichtung zu leiten, sind geeignete Probenahmesonden zu verwenden. Die Probenahmesonden müssen folgenden Auslegungsanforderungen entsprechen:

a) Die Sonden müssen so ausgelegt sein, dass Partikelverluste auf dem Weg von der Düsenspitze zur Abscheidevorrichtung so gering wie möglich gehalten werden.

b) Die Sonden müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die nicht mit den Bremspartikeln reagieren. Die Sonden müssen zur Vermeidung elektrischer/elektrostatischer Effekte geerdet sein. Die Sonden müssen innen aus nichtrostendem Stahl mit elektropolierter Endbearbeitung (oder gleichwertiger Art) bestehen, um eine ultrareine und ultrafeine Oberfläche zu erhalten.

c) Die Sonden müssen einen konstanten Innendurchmesser (d_p) von mindestens 10 mm und höchstens 18 mm ($10\ mm \leq d_p \leq 18\ mm$) aufweisen, um einen laminaren Luftstrom zu gewährleisten.

d) Die Probenahmesonden müssen so kurz wie möglich sein, um Verluste und mögliche Verunreinigungen der Rohre so gering wie möglich zu halten. Die Gesamtlänge der Sonden von der Spitze der Probenahmedüse bis zum Einlass der PM-Abscheidevorrichtung darf 1 m nicht überschreiten.

e) An den Sonden darf höchstens eine einzige Biegung von 90° vorgesehen werden; dabei sind die unter Buchstabe f dieses Absatzes beschriebenen Spezifikationen für die Auslegung der Biegung zu beachten.

f) Wird an den Sonden eine Biegung vorgesehen, so muss der Biegeradius r_b mindestens dem Vierfachen des Innendurchmessers ($4 \bullet d_p$) der Sonden entsprechen.

Die Innenwände der Probenahmesonden sind häufig zu überprüfen und zu reinigen; dabei sind die Angaben des Herstellers zu Methode und Häufigkeit zu beachten. Andernfalls sind die Sonden mindestens alle zwei Monate zu reinigen, wenn sie aktiv benutzt werden.

12.1.1.3. PM-Probenahmedüsen

Es sind geeignete Düsen für die isokinetische Probenahme für PM_{10} und $PM_{2,5}$ zu verwenden. Die Probenahmedüsen müssen folgenden Anforderungen entsprechen:

a) Die Düsen müssen mit den PM-Probenahmesonden kompatibel sein, die von der Prüfeinrichtung für Bremsemissionsprüfungen verwendet werden.

b) Die Düsen müssen innen aus nichtrostendem Stahl mit elektropolierter Endbearbeitung (oder gleichwertiger Art) bestehen, um eine ultrareine und ultrafeine Oberfläche zu erhalten.

c) Es sind geeignete Düsen zu verwenden, um ein isokinetisches Verhältnis (*IR*) von 1,0 gemäß den Spezifikationen in Absatz 12.1.2.4 zu erreichen. Das durchschnittliche isokinetische Verhältnis bei einer Bremsemissionsprüfung muss zwischen 0,90 und 1,15 liegen ($0{,}90 \leq IR \leq 1{,}15$).

d) Die Düsengröße ist in Abhängigkeit vom verwendeten Probendurchsatz zu wählen. Die Düsen müssen einen Innendurchmesser (d_n) von mindestens 4 mm haben.

e) Die Düsen müssen einen konstanten Innendurchmesser über eine Länge haben, die mindestens einem Innendurchmesser oder einer Entfernung von mindestens 10 mm von der Düsenspitze entspricht, je nachdem, welcher Wert größer ist.

f) Die Düsen müssen an der Spitze eine dünne Wand haben, um eine etwaige Durchsatzverzerrung so gering wie möglich zu halten. Das Verhältnis Außen- zu Innendurchmesser muss an der Düsenspitze kleiner als 1,1 sein.

g) Jeder abweichende Durchmesser der Bohrung an den Düsen muss sich mit einem konischen Winkel von weniger als 30° verjüngen.

h) Die Düsen sind so anzuordnen, dass ihre Achse parallel zur Achse des Probenahmetunnels verläuft; dabei ist sicherzustellen, dass der Ansaugwinkel kleiner oder gleich 15° ist.

Die Prüfeinrichtung muss die Düsen häufig reinigen; dabei sind die Angaben des Herstellers zu Methode und Häufigkeit zu beachten. Andernfalls sind die Sonden vor jeder Bremsemissionsprüfung nach den Angaben des Herstellers zu den Hilfsmitteln für die Reinigung zu reinigen.

12.1.2. PM-Probenahme

12.1.2.1. PM-Abscheidevorrichtung

Für PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Probenahmen sind einteilige Zyklonabscheider, an die sich gravimetrische Filterhalter anschließen, zu verwenden. Die Prüfeinrichtung wählt Zyklonabscheider gemäß den folgenden Vorschriften aus:

a) Für PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Probenahmen sind handelsübliche Zyklonabscheider mit Cut-off-Größen von 10 µm bzw. 2,5 µm zu verwenden.

b) Die Zyklonabscheider für PM_{10} und $PM_{2,5}$ müssen den in Tabelle A4/7 bzw. A4/8 beschriebenen Spezifikationen für den Abscheidegrad entsprechen.

c) Der Zyklonabscheider muss aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die nicht mit den Bremspartikeln reagieren. Er muss zur Vermeidung elektrischer/elektrostatischer Effekte geerdet sein.

d) Die Zyklonabscheider werden am Auslass der Probenahmesonde angebracht. Der Zyklonabscheider muss mit geeigneten Verbindungsteilen direkt an den Auslass der Probenahmesonde angeschlossen werden. Zwischen Sonde und Zyklonabscheider dürfen keine Probenahmeschläuche verwendet werden.

Die Prüfeinrichtung muss die Innenwände der Zyklonabscheider häufig kontrollieren und reinigen; dabei sind die Angaben des Instrumentenherstellers zu Methode und Häufigkeit zu beachten.

Tabelle A4/7

Spezifikationen für den Abscheidegrad des PM_{10}-Zyklonabscheiders

PM_{10}	4 µm	8 µm	12,5 µm	20 µm
Abscheidegrad	< 20 %	< 50 %	> 60 %	> 90 %

Tabelle A4/8

Spezifikationen für den Abscheidegrad des $PM_{2,5}$-Zyklonabscheiders

$PM_{2,5}$	1,5 µm	2 µm	3 µm	4 µm
Abscheidegrad	< 20 %	< 50 %	> 60 %	> 90 %

12.1.2.2. PM-Probenahmeleitung

Die Prüfeinrichtung muss sicherstellen, dass die Probenahmeleitung, die das Aerosol vom Zyklonabscheider zum Filterhalter leitet, den folgenden Spezifikationen entspricht:

a) Die Probenahmeleitung muss so ausgelegt sein, dass Verluste bei der Partikelbeförderung zwischen dem Auslass des Zyklonabscheiders und dem Einlass des Filterhalters so gering wie möglich gehalten werden.

b) Die Probenahmeleitung muss aus leitfähigem nichtrostendem Stahl mit entsprechenden Verbindungsteilen bestehen. Alternativ können flexible antistatische Probenahmeleitungen aus Polytetrafluorethylen (PTFE) verwendet werden.

c) Die Probenahmeleitung muss einen konstanten Innendurchmesser (d_s) von mindestens 10 mm und höchstens 20 mm (10 mm ≤ d_s ≤ 20 mm) haben.

d) Die Gesamtlänge der Probenahmeleitung vom Auslass des Zyklonabscheiders bis zur Spitze des Filterhalters darf insgesamt 1 m nicht überschreiten.

e) Der außerhalb des Tunnels befindliche Teil des PM-Probenahmesystems (d. h. der Teil des PM-Probenahmesystems, der den Zyklonabscheider und die PM-Probenahmeleitung umfasst) ist so auszulegen, dass sich kein Kondenswasser bildet. Die Temperatur in der Kombination der Probenahmegeräte muss stets über 15 °C liegen.

f) An der Probenahmeleitung kann eine Biegung vorgesehen werden, sofern der Biegeradius r_b mindestens dem Fünfundzwanzigfachen des Innendurchmessers ($25 \cdot d_s$) der Probenahmeleitung entspricht.

12.1.2.3. PM-Probendurchsatz

Die Prüfeinrichtung befolgt für die Regelung und Messung des Probendurchsatzes folgende Vorschriften:

a) Bei der Methode zur Messung des Durchsatzes des Probenahmesystems ($Q_{PM2,5}$ und Q_{PM10}) muss die Fehlergrenze unter allen Betriebsbedingungen bei ± 2,5 % des Ablesewerts oder ± 1,5 % des Skalenendwerts, je nachdem, welcher Wert geringer ist, liegen.

b) Es muss ein Luftstrom-Messgerät verwendet werden, das so kalibriert ist, dass es den Luftstrom unter Standardbedingungen anzeigt. Ist das Luftstrom-Messgerät nicht so kalibriert, dass es Werte unter Standardbedingungen anzeigt, muss es mit einem Temperatursensor ausgestattet sein, der vor der Messeinrichtung einzubauen ist. Um eine angemessene Umrechnung zu gewährleisten, muss der Temperatursensor eine Genauigkeit von ± 1,0 °C aufweisen, und Druckmessungen müssen mit einer Genauigkeit von ± 1,0 kPa durchgeführt werden. Diese Messung ist für die Umrechnung der Luftstromwerte durchzuführen.

c) Die Soll- (Nenn-)Werte für die Probenahme-Volumenströme ($Q_{PM2,5\text{-}set}$ und $Q_{PM10\text{-}set}$) müssen während des Abschnitts „Emissionsmessung“ der geprüften Bremse konstant sein.

d) Der durchschnittliche Probenahme-Volumenstrom muss ± 2 % des Sollwerts für die betreffende Bremsemissionsprüfung betragen. Um einen stabilen Luftstrom durch das Filtermedium zu gewährleisten, ist eine Einrichtung mit Luftstromregelungsfunktion (z. B. Messblende für kritische Strömung, Druckregler, Rückkopplungskontrolle usw.) zu verwenden.

e) Berechnung und Erfassung der Abweichung des durchschnittlichen gemessenen Probenahme-Volumenstroms vom Sollwert für PM_{10} und $PM_{2,5}$ unter Verwendung der Daten der vorgegebenen Parameter in der zeitbasierten Datei gemäß Tabelle A4/14.

f) Der Probendurchsatz ist so einzustellen, dass das isokinetische Verhältnis möglichst nahe bei 1,0 liegt. Das durchschnittliche isokinetische Verhältnis während des Abschnitts „Emissionsmessung“ für eine bestimmte Bremse muss zwischen 0,90 und 1,15 liegen (Absatz 12.1.2.4). Das durchschnittliche isokinetische Verhältnis für $PM_{2,5}$ und PM_{10} wird nach dem in Absatz 12.1.2.4 beschriebenen Verfahren berechnet und erfasst.

g) Es sind Kontrollen auf mögliche Leckagen durch Abdichtung der Düse und Ingangsetzen der Ansaugvorrichtung durchzuführen. Der Durchsatz darf bei dem höchsten während der Probenahme erreichten Unterdruck höchstens 2 % des normalen Durchsatzes betragen. Die Dichtheitsprüfung ist nach dem Aufbau des Systems und nach jeder Wartung oder Aktualisierung gemäß den Herstellerangaben durchführen.

h) Werden die in diesem Absatz festgelegten Anforderungen an den Probenahme-Volumenstrom und/oder das isokinetische Verhältnis nicht erfüllt, ist die Prüfung ungültig.

i) Die PM-Probenahmeeinrichtung muss während des Abschnitts „Messung der Bremsemissionen“ im Dauerbetrieb geschaltet sein. Dies betrifft auch die Abkühlabschnitte zwischen den einzelnen Fahrten des WLTP-Bremszyklus, während der der PM-Probendurchsatz nicht unterbrochen und die Hauptprobenahmeleitung nicht umgangen werden darf. Die PM-Probenahmeeinrichtung muss nach Ende des Abschnitts „Messung der Bremsemissionen“ noch mindestens 10 s in Betrieb sein.

12.1.2.4. Isokinetisches Verhältnis

Die Probenahme ist als isokinetisch definiert, wenn die Luftgeschwindigkeit im Probenahmetunnel und in der Probenahmedüse gleich ist. Die Luftgeschwindigkeit wird aus den Luftdurchsatzwerten im Tunnel und in der Düse unter Berücksichtigung ihres Innendurchmessers (d_i bzw. d_n) berechnet. Die Berechnung der Luftgeschwindigkeit im Probenahmetunnel und in der Probenahmedüse erfolgt nach den Gleichungen 12.1 und 12.2:

$$U = (4 \times 1000 \times Q)/(\pi \times d_i^2) \qquad \text{(Gleichung 12.1)}$$

$$U_S = (4 \times 1000 \times Q_S)/(\pi \times d_n^2) \qquad \text{(Gleichung 12.2)}$$

Dabei gilt:

U ist die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit im Tunnel in km/h.

U_S ist die durchschnittliche Geschwindigkeit der in die Düse eintretenden Probenahmeluft in km/h.

Q ist der durchschnittliche Luftdurchsatz im Tunnel in m^3/h gemäß Tabelle A4/10.

Q_S ist der durchschnittliche Luftdurchsatz in der Probenahmedüse in m^3/h.

d_n ist der Innendurchmesser an der Düsenspitze in mm.

d_i ist der Innendurchmesser des Probenahmetunnels in mm gemäß Tabelle A4/1.

Das isokinetische Verhältnis bezeichnet das Verhältnis der Geschwindigkeit des Luftstroms in der PM- oder PN-Probenahmedüse zur Geschwindigkeit des Luftstroms im Probenahmetunnel. Es wird nach Gleichung 12.3. berechnet, in der die Gleichungen 12.1. und 12.2. kombiniert werden. Die Luftdurchsatzwerte im Probenahmetunnel und in der Düse müssen sich auf die gleichen Temperatur- und Druckbedingungen beziehen; daher sind normalisierte Werte zu verwenden, um auch die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Prüfeinrichtungen zu gewährleisten:

$$IR = \left(NQ_S/d_n^2\right)/\left(NQ/d_i^2\right) \qquad \text{(Gleichung 12.3)}$$

Dabei gilt:

IR ist das isokinetische Verhältnis.

NQ_S ist der durchschnittliche normalisierte Luftstrom in der Probenahmedüse in Nm³/h.

NQ ist der durchschnittliche normalisierte Luftstrom im Probenahmetunnel in Nm³/h gemäß Tabelle A4/10.

d_n ist der Innendurchmesser an der Düsenspitze in mm.

d_i ist der Innendurchmesser des Probenahmetunnels in mm gemäß Tabelle A4/1.

Durch die Umrechnung der Maßeinheiten für den Probendurchsatz von [Nm³/h] in [Nl/min] und der Maßeinheiten für den Innendurchmesser von [m] in [mm], um konventionellen Maßeinheiten Rechnung zu tragen, wird Gleichung 12.3 zu Gleichung 12.4.

$$IR = 0.06 \times \left(NQ_S/d_n^2\right)/\left(NQ/d_i^2\right) \qquad \text{(Gleichung 12.4)}$$

Dabei gilt:

IR ist das isokinetische Verhältnis.

NQ_S ist der durchschnittliche normalisierte Luftstrom in der Probenahmedüse in Nl/min.

NQ ist der durchschnittliche normalisierte Luftstrom im Probenahmetunnel in Nm³/h gemäß Tabelle A4/10.

d_n ist der Innendurchmesser an der Düsenspitze in mm.

d_i ist der Innendurchmesser des Probenahmetunnels in mm gemäß Tabelle A4/1.

Die Prüfeinrichtung berechnet das durchschnittliche isokinetische Verhältnis während des Abschnitts „Emissionsmessung“ einer Bremsemissionsprüfung für $PM_{2,5}$ und PM_{10} getrennt nach Gleichung 12.4:

a) Für die $PM_{2,5}$ ($d_{n\text{-}PM2,5}$)- und PM_{10} ($d_{n\text{-}PM10}$)-Probenahme sind die entsprechenden Werte für den Innendurchmesser der isokinetischen Düsen zu verwenden.

b) Zu verwenden sind die Werte für den durchschnittlichen normalisierten Tunneldurchsatz (NQ) und den durchschnittlichen normalisierten Probendurchsatz ($NQ_{PM2,5}$ und NQ_{PM10}) in der zeitbasierten Datei.

c) Die berechneten Werte sind gemäß Tabelle A4/14 zu erfassen.

12.1.3. Probenahmemedien

12.1.3.1. Filterhalter

Die PM-Proben werden pro Prüfung an 47 mm großen Einzelfiltern entnommen, die an einem speziellen Halter angebracht sind. Der Filterhalter muss sich so nahe wie möglich am Auslass des Zyklonabscheiders befinden. Die Prüfeinrichtung muss die folgenden Spezifikationen für den Filterhalter beachten:

a) Auswahl eines Filterhalters aus inertem und korrosionsfestem Material wie nichtrostendem Stahl oder eloxiertem Aluminium. Alle Teile des Filterhalters, die mit dem Aerosol und den Filtern in Berührung kommen, müssen elektrisch leitend und geerdet sein.

b) Verwendung eines Filterhalters, in den Rundfilter eingesetzt werden können. Der Durchmesser des exponierten Bereichs, den die beprobte Luft passiert (die Filterfläche), muss zwischen 34 mm und 44 mm betragen.

c) Verwendung eines Filterhalters, der eine gleichmäßige Luftstromverteilung über die Filterfläche gewährleistet.

d) Der Filterhalter muss so konstruiert werden, dass sich kein Kondenswasser bildet. Die Temperatur am Filterhalter muss den Spezifikationen für den gesamten Probenweg nach Absatz 12.1.2.2 entsprechen und während der gesamten Bremsemissionsprüfung über 15 °C liegen.

Für die PM-Probenahme können Mehrfachfilterhalter verwendet werden. Mehrfachfilterhalter müssen zusätzlich zu den unter den Buchstaben a bis d dieses Absatzes festgelegten Anforderungen den folgenden Anforderungen entsprechen:

e) Alle Filter müssen in denselben Mehrfachfilterhalter unter den gleichen Bedingungen in einem geschlossenen Gehäuse eingesetzt werden, um Verunreinigungen zu vermeiden.

f) Für die PM-Probenahme darf in den einzelnen Abschnitten einer Bremsemissionsprüfung jeweils nur ein Filter verwendet werden.

g) Die Verwendung eines Mehrfachfilterhalters darf keine Änderung der Strömungsrichtung vor oder innerhalb des Mehrfachfilterhalters bewirken.

Ein Mehrfachfilterhalter, der eine Änderung der Strömungsrichtung bewirkt, ist zulässig, wenn er nachweislich einem (Mehrfach- oder Einzelfilter-)Halter ohne Änderung der Strömungsrichtung gleichwertig ist. Die bestehenden Auslegungskriterien dieser Regelung für das Probenahmesystem in Bezug auf elektropolierte Oberflächen (falls zutreffend), glatte Übergänge und Beschränkungen hinsichtlich Biegungen in der Probenahmeleitung müssen erfüllt sein. Die Gleichwertigkeit ist durch mindestens drei Wiederholungen mit mindestens zwei Tunneldurchsätzen bei gleichzeitiger Messung der beiden Filterhalter nachzuweisen. Bei der Prüfung sind die Probenahmestellen der beiden Filterhalter mehrmals zu tauschen. Der Durchschnitt der Differenz zwischen den beiden Filterhaltern muss ± 2 % betragen und eine Standardabweichung der Differenzen ± 3 %. Die Kriterien müssen für $PM_{2,5}$ und für PM_{10} erfüllt sein. Es wird empfohlen, die Mehrfachfilterhalter bei einer Filterbeladung im Bereich von 0,3-1,0 mg zu prüfen.

12.1.3.2. Probenahmefilter

Für die PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Messungen sind fluorkohlenstoffbeschichtete Glasfaserfilter oder Fluorkohlenstoff-Membranfilter zu verwenden. Alle Filtertypen müssen für 0,3 µm DOP (Dioctylphthalat) oder PAO (Polyalphaolefin) (CS 68649-12-7 oder CS 68037-01-4) einen Abscheidegrad von mindestens 99 % bei einer Filteranströmgeschwindigkeit von 5,33 cm/s haben, gemessen nach einem der folgenden Standards:

a) U.S. Department of Defense Test Method Standard, MIL-STD-282 Methode 102.8: DOP-Rauchdurchlässigkeit des Aerosol-Filtereinsatzes

b) U.S. Department of Defense Test Method Standard, MIL-STD-282 Methode 502.1.1: DOP-Rauchdurchlässigkeit von Gasmaskenfiltern

c) Institute of Environmental Sciences and Technology, IEST-RP-CC021: Testing HEPA and ULPA Filter Media (Überprüfung von HEPA- und ULPA-Filtermedien)

Die Anforderungen an den Wirkungsgrad der diesem Absatz beschriebenen Probenahmemedien sind vom Filterlieferanten zu bescheinigen.

12.1.4. Wägung

Zu wiegen ist nur der Filter, kein anderer Teil der Messeinrichtung. Die Prüfeinrichtung stellt sicher, dass die verschiedenen Schritte der Wägung gemäß den folgenden Vorschriften durchgeführt werden:

a) Wägeraum – Die Umgebungsluft muss frei von jeglichen Schmutzstoffen (wie Staub, Aerosolen oder halbflüchtigen Stoffen) sein, welche die Partikelfilter kontaminieren könnten. Die Temperatur ist auf 22 ± 2 °C und die relative Feuchtigkeit auf 45 ± 8 % einzustellen. Es muss sichergestellt sein, dass der Luftstrom für den Luftaustausch die Wägestabilität nicht beeinflusst.

b) Waage – Für die Wägung vor und nach der Probenahme im Rahmen einer bestimmten Bremsemissionsprüfung ist dieselbe Mikrowaage zu verwenden. Die Waage ist von Vibrationen, elektrostatischen Kräften und Luftströmen zu isolieren. Die Waage muss in einer kontrollierten Umgebung – Wägekammer oder Wägeraum – gemäß den unter Buchstabe a dieses Absatzes beschriebenen Spezifikationen aufgestellt werden. Die Waage muss eine Auflösung von mindestens 1 µg haben. Für die Überprüfung der Stabilität und der ordnungsgemäßen Funktionsweise der Mikrowaage sind zertifizierte Kalibriergewichte zu verwenden. Die Mikrowaage muss den Kalibrierungsanforderungen gemäß Absatz 14.4 entsprechen.

c) Auswirkungen statischer Elektrizität – Die Einflüsse statischer Elektrizität müssen ausgeschaltet werden, indem die Waage zum Erden auf eine antistatische Matte gestellt wird und die Partikelprobenahmefilter vor der Wägung mit einem Polonium-Neutralisator oder einem Gerät mit ähnlicher Wirkung neutralisiert werden. Alternativ dazu können die statischen Einflüsse auch durch Kompensierung der statischen Aufladung ausgeschaltet werden.

d) Konditionierung und Wägung vor der Probenahme – Die Filter sind mindestens zwei Stunden vor der Wägung auf eine Temperatur von (22 ± 2) °C und eine relative Feuchtigkeit von (45 ± 8) % zu stabilisieren. Nach der Stabilisierungsphase ist der Filter nach dem unter Buchstabe g beschriebenen Verfahren zu wägen und sein Gewicht in allen einschlägigen Prüfblättern einzutragen. Während der Wägung darf nicht von den in diesem Absatz vorgegebenen Bedingungen abgewichen werden. Der Filter muss bis zur Prüfung in einer verschlossenen Petrischale (oder Gleichwertigem) oder einem abgedichteten Filterhalter aufbewahrt werden. Der Filter ist binnen einer Stunde nach seiner Entnahme aus der Wägekammer (bzw. dem Wägeraum) in den Filterhalter einzusetzen. Um den Filter zum Prüfstand zu bringen, ist die verschlossene Petrischale (oder Gleichwertiges) bzw. der abgedichtete Filterhalter zu verwenden. Alternativ dazu kann der Filter bereits in der Wägekammer in den Filterhalter eingesetzt werden.

e) Konditionierung und Wägung nach der Probenahme – Die Filter müssen binnen acht Stunden nach Abschluss der Prüfung in den Konditionierungsraum gebracht werden. Die Filter können länger im Prüfraum (d. h. dem Raum, in dem sich der Filterhalter befindet) verbleiben, sofern sie im Filterhalter verschlossen bleiben und die Temperatur im Prüfraum weiterhin bei 15-30 °C liegt. Um den Filter in den Konditionierungsraum zu bringen, ist eine verschlossene Petrischale (oder Gleichwertiges) oder ein abgedichteter Filterhalter zu verwenden. Alternativ dazu kann der Filter auch in diesen Raum gebracht werden, ohne ihn vom Filterhalter abzunehmen. Dabei dürfen die Filterhalter nicht schräg gehalten werden. Die Filter sind mindestens zwei Stunden auf eine Temperatur von (22 ± 2) °C und eine relative Feuchtigkeit von (45 ± 8) % zu konditionieren/stabilisieren. Nach der Stabilisierungsphase ist der Filter nach dem unter Buchstabe g beschriebenen Verfahren zu wägen und sein Gewicht in allen einschlägigen Prüfblättern einzutragen. Während der Wägung darf nicht von den in diesem Absatz vorgegebenen Bedingungen abgewichen werden. Der Filter muss in einer verschlossenen Petrischale (oder Gleichwertigem) oder einem abgedichteten Filterhalter aufbewahrt werden.

f) Wägung des Bezugsfilters – Für die Validierung der PM-Wägung nach dem in Abbildung A4/17 dargestellten und nachstehend beschriebenen Verfahren sind Bezugsfilter zu verwenden.

i) Mindestens zwei unbenutzte fluorkohlenstoffbeschichtete Glasfaser- oder Fluorkohlenstoff-Membranbezugsfilter, die für das jeweils beprobte Filtermedium geeignet sind, sind binnen zwölf Stunden nach der Wägung des Probenahmefilters zu wägen.

ii) Werden die Bezugsfilter nicht regelmäßig (mindestens täglich) gewogen, so sind sie zu Beginn und am Ende einer Probenahme (vor und nach der Probenahme) zu wägen.

iii) Der Vergleich der Bezugsfilterwägungen erfolgt zwischen den in Schritt i oder ii ermittelten spezifischen Gewichte der Bezugsfilter und dem fortlaufenden Durchschnitt der spezifischen Gewichte dieser Bezugsfilter. Der fortlaufende Durchschnitt wird aus den spezifischen Gewichten berechnet, die in dem Zeitraum festgestellt wurden, nachdem die Bezugsfilter in den Wägeraum gebracht wurden; dabei sind die in Schritt i oder ii ermittelten Gewichte einzubeziehen.

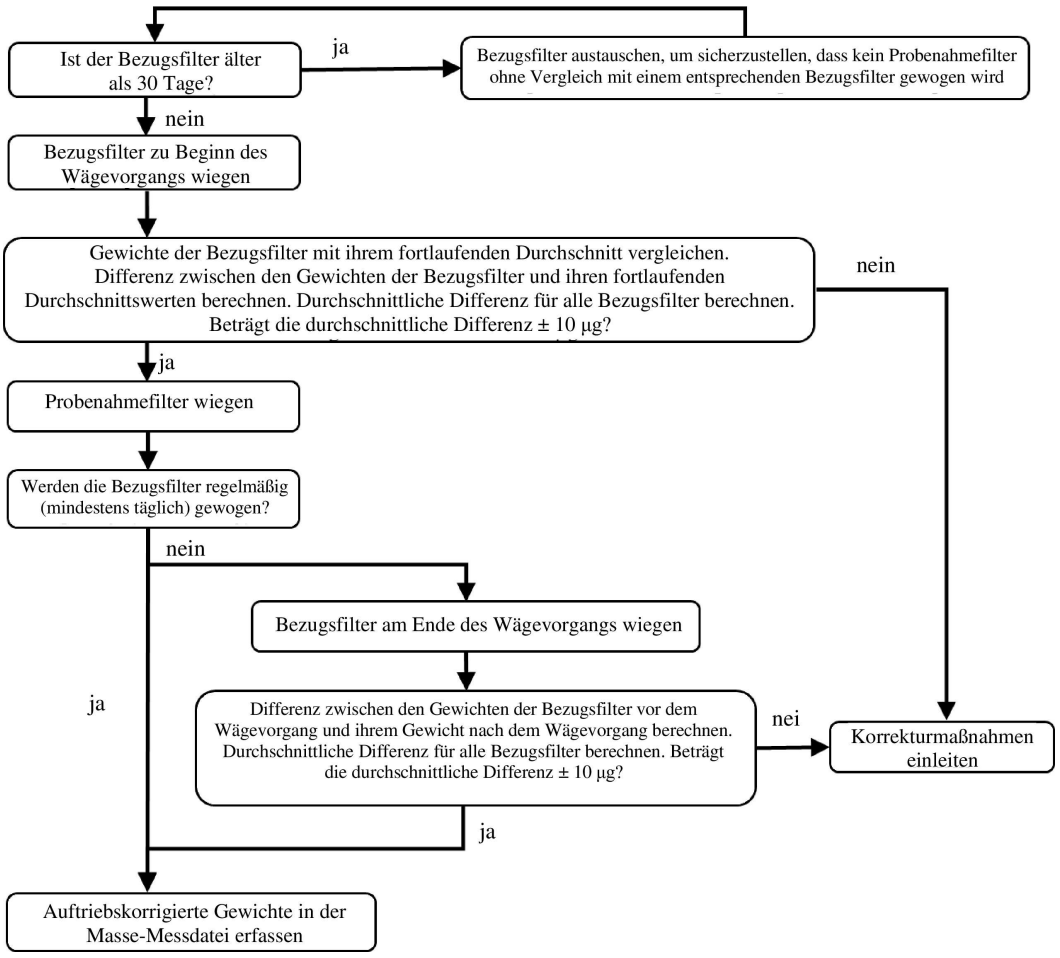
iv) Der Durchschnitt der absoluten Werte der Differenz zwischen den Gewichten der Bezugsfilter und ihrem fortlaufenden Durchschnitt muss weniger als 10 µg betragen. Bei Bezugsfiltern, die nicht regelmäßig gewogen werden, muss außerdem die durchschnittliche Differenz zwischen erster und letzter Messung des Bezugsfilters weniger als 10 µg betragen.

v) Die Bezugsfilter sind mindestens alle 30 Tage auszutauschen, wobei kein Probenahmefilter ohne Vergleich mit einem Bezugsfilter, der mindestens zwei Tage im Wägeraum war, gewogen wird.

vi) In der Masse-Messdatei gemäß Absatz 13.3.2 sind nur die auftriebskorrigierten Gewichte zu erfassen.

Abbildung A4/17

Flussdiagramm zur Beschreibung des Verfahrens für die Wägung der Bezugsfilter



g) Wägung des Probenahmefilters – Bei der Wägung des Filters vor und nach der Probenahme ist wie folgt vorzugehen:

i) Der Filter wird zweimal gewogen, und die auftriebskorrigierten Gewichte werden in die Masse-Messdatei eingetragen.

ii) Beträgt die Differenz zwischen der ersten und der zweiten Messung 10 µg oder weniger, ist das arithmetische Mittel zur Berechnung der $Pe_{(Uncorrected)}$-und $Pe_{(Corrected)}$-Gewichte gemäß Buchstabe h dieses Absatzes zu verwenden.

iii) Beträgt die Differenz zwischen der ersten und der zweiten Messung mehr als 10 µg, sind zwei zusätzliche Wägungen durchzuführen und die auftriebskorrigierten Gewichte in die Masse-Messdatei einzutragen.

iv) Beträgt die Differenz zwischen den Mindest- und Höchstgewichten der vier Messungen 13 µg oder weniger, so ist das arithmetische Mittel der vier Gewichte zur Berechnung der $Pe_{(Uncorrected)}$- und $Pe_{(Corrected)}$-Gewichte gemäß Buchstabe h dieses Absatzes zu verwenden.

v) Beträgt die Differenz zwischen den Mindest- und Höchstgewichten der vier Messungen mehr als 13 µg und weniger oder gleich 15 µg, so ist das arithmetische Mittel der vier Werte zur Berechnung der $Pe_{(Uncorrected)}$- und $Pe_{(Corrected)}$-Gewichte gemäß Buchstabe h dieses Absatzes zu verwenden. Der Medianwert entspricht dem arithmetischen Mittel des zweit- und des drittniedrigsten Werts der vier Gewichte.

vi) Beträgt die Differenz zwischen den Mindest- und Höchstgewichten der vier Messungen mehr als 15 µg, so ist der Wägevorgang ungültig und der Filter muss im Konditionierungsraum unter Quarantäne gestellt werden. Die Prüfeinrichtung kann entscheiden, den Filter für ungültig zu erklären und durch einen neuen Filter für eine Wägung vor der Probenahme zu ersetzen oder den Filter zu entfernen und die Bremsemissionsprüfung für eine Wägung nach der Probenahme zu wiederholen.

vii) Nach mindestens 24 Stunden wird der Filter aus der Quarantäne geholt und zweimal gemäß den Ziffern i und ii dieses Absatzes gewogen.

viii) Beträgt die Differenz zwischen der ersten und der zweiten neuen Messung mehr als 10 µg, ist der Filter für ungültig zu erklären und der Wägevorgang abzubrechen. Entweder ist ein neuer Filter für einen Wägevorgang vor der Probenahme zu verwenden oder der Filter ist zu entfernen und die Bremsemissionsprüfung für einen Wägevorgang nach der Probenahme zu wiederholen.

h) Auftriebskorrektur – Die Gewichte der Probenahmefilter und der Bezugsfilter sind um ihren Luftauftrieb zu korrigieren. Die Auftriebskorrektur hängt von der Dichte des Probenahmefilters, der Luftdichte und der Dichte des zum Kalibrieren der Waage verwendeten Gewichts ab. Die Auftriebskraft der Partikelmasse selbst bleibt jedoch unberücksichtigt.

Ist die Dichte des Filtermaterials (p_f) nicht bekannt, sind folgende Werte zu verwenden: a) Fluorkohlenstoff-beschichteter Glasfaserfilter: 2 300 kg/m³; b) Fluorkohlenstoff-Membranfilter: 2 144 kg/m³,

Zu verwenden ist eine Dichte (p_w) von 8 000 kg/m³ für Kalibriergewichte aus nichtrostendem Stahl oder die bekannte Dichte für andere zum Kalibrieren der Waage verwendete Gewichte. Es ist die Internationale Empfehlung OIML R 111-1 Edition 2004(E) (oder gleichwertig) der International Organization of Legal Metrology zu Kalibriergewichten zu beachten.

Für die Berechnung der auftriebskorrigierten durchschnittlichen Filtermasse für $PM_{2,5}$- und PM_{10}-Filter (vor und nach der Probenahme) nach Gleichung 12.5 ist die gemessene nicht korrigierte durchschnittliche Filtermasse zu verwenden. Die korrigierten Messwerte sind in die Masse-Messdatei einzutragen:

$$Pe_{(Corrected)} = Pe_{(Uncorrected)} \times \left[1 - \left(p_a / p_w\right)\right] / \left[1 - \left(p_a / p_f\right)\right] \qquad \text{(Gleichung 12.5)}$$

Dabei gilt:

$Pe_{(Corrected)}$	ist die korrigierte Masse jedes Filters in mg.
$Pe_{(Uncorrected)}$	ist die nicht korrigierte Masse jedes Filters in mg.
p_a	ist die Luftdichte im Wägeraum gemäß Gleichung 12.6 in kg/m³.
p_w	ist die Dichte des zum Kalibrieren der Waage verwendeten Gewichts gemäß Buchstabe e.
p_f	ist die Dichte des (unbenutzten) Probenahmefilters gemäß Buchstabe e.

Zur Berechnung der Luftdichte nach Gleichung 12.6 sind die Bedingungen im Wägeraum zum Zeitpunkt der Wägung zu verwenden.

$$p_a = \left(p_b \times M_{mix}\right) / \left(R \times T_a\right) \qquad \text{(Gleichung 12.6)}$$

Dabei gilt:

p_a	ist die Luftdichte im Wägeraum in kg/m³.
p_b	ist der atmosphärische Druck im Wägeraum in kPa.
M_{mix}	ist die Molmasse der Luft im Wägeraum (28 836 g mol^{-1}).
R	ist die molare Massekonstante (8,3144 J mol^{-1} K^{-1}).
T_a	ist die Lufttemperatur im Wägeraum in K.

i) Filterbeladung – Der durchschnittliche Messwert für die Masse des Filters vor der Probenahme wird vom Messwert für die Masse des Filters nach der Probenahme abgezogen. Zu verwenden sind die nach Buchstabe h dieses Absatzes berechneten Messwerte für die auftriebskorrigierte durchschnittliche Masse des Filters. Die Filterbeladung ist für $PM_{2,5}$ ($Pe_{(2,5)}$) und PM_{10} ($Pe_{(10)}$) zu berechnen und in die Masse-Messdatei einzutragen. Die Filterbeladungen für $PM_{2,5}$ und PM_{10} sind gemäß Tabelle A4/14 einzutragen.

j) Bedingungen für Aufbewahrung und Verbringung – Die gewogenen Filter sind in geeigneten Filterboxen, die für die jeweilige Filtergröße ausgelegt sind, aufbewahren. Für die Handhabung der Filter sind Pinzetten oder Zangen aus nichtrostendem Stahl zu verwenden. Filterbewegungen innerhalb der Petrischale/des Beutels sind möglichst gering zu halten, ebenso wie eine Verbringung der Filter. Der Partikelprobenahmefilter ist vorsichtig in den Filterhalter einzusetzen. Eine grobe Handhabung des Filters resultiert in einer fehlerhaften Gewichtsbestimmung.

12.1.5. Berechnung des PM-Emissionsfaktors

Die Prüfeinrichtung erfasst die PM-Emissionen pro gefahrener Strecke. Die Bezugs- (oder Ausgangs-)$PM_{2,5}$- und PM_{10}-Emissionsfaktoren der geprüften Bremse (EF_{ref}) sind nach den Gleichungen 12.7 bzw. 12.8 zu berechnen.

$$PM_{2.5}\ EF_{ref} = \left[Pe_{(2.5)} \times 1000 \times (NQ/60)/NQ_{PM2.5}\right]/d \qquad \text{(Gleichung 12.7)}$$

$$PM_{10}\ EF_{ref} = \left[Pe_{(10)} \times 1000 \times (NQ/60)/NQ_{PM10}\right]/d \qquad \text{(Gleichung 12.8)}$$

Dabei gilt:

$PM_{2,5}\ EF_{ref}$	ist der $PM_{2,5}$-Bezugsemissionsfaktor der geprüften Bremse in Masse pro gefahrener Strecke in mg/km.
$PM_{10}\ EF_{ref}$	ist der PM_{10}-Bezugsemissionsfaktor der geprüften Bremse in Masse pro gefahrener Strecke in mg/km.
$Pe_{(2,5)}$	ist die $PM_{2,5}$-Filterbeladung in mg gemäß Tabelle A4/11.
$Pe_{(10)}$	ist die PM_{10}-Filterbeladung in mg gemäß Tabelle A4/11.
NQ	ist der durchschnittliche normalisierte Luftstrom im Probenahmetunnel in Nm^3/h gemäß Tabelle A4/10.
$NQ_{PM2,5}$	ist der durchschnittliche normalisierte Luftstrom in der $PM_{2,5}$-Probenahmedüse in Nl/min gemäß Tabelle A4/10.
NQ_{PM10}	ist der durchschnittliche normalisierte Luftstrom in der PM_{10}-Probenahmedüse in Nl/min gemäß Tabelle A4/10.
d	ist die während des WLTP-Bremszyklus gefahrene Gesamtstrecke in km gemäß Tabelle A4/10.

a) Die PM-Massen ($Pe_{(10)}$ und $Pe_{(2,5)}$) sind nach den Angaben in Abschnitt 12.1.4. Buchstabe i nach Korrektur der Werte um den Auftrieb gemäß Abschnitt 12.1.4. Buchstabe h zu berechnen.

b) Der durchschnittliche normalisierte Tunneldurchsatz (NQ), der durchschnittliche normalisierte Probendurchsatz ($NQ_{PM2,5}$ und NQ_{PM10}) und die Gesamtstrecke des WLTP-Bremszyklus (d) während des Abschnitts „Emissionsmessung“ sind anhand der vorgegebenen Parameter in der zeitbasierten Datei zu berechnen.

c) $PM_{2,5}$ und PM_{10} EF_{ref} der geprüften Bremse sind nach den Gleichungen 12.7 bzw. 12.8 zu berechnen. Anschließend sind die endgültigen Werte für $PM_{2,5}$ und PM_{10} EF der geprüften Bremse anhand des Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung gemäß Tabelle 4 oder des nach Anhang 5 dieser Regelung gemessenen Koeffizienten zu berechnen. Wird der Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung Tabelle 4 entnommen, so ist derjenige Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung zu verwenden, der dem Fahrzeug-Elektrifizierungstyp entspricht, dessen Parameter für die Prüfung der Bremse verwendet wurden. Für die Berechnung der $PM_{2,5}$- und PM_{10}-Endwerte sind die Gleichungen 12.9 und 12.10 zu verwenden:

$$PM_{2,5}\ EF = PM_{2,5}\ EF_{ref} * c \qquad \text{(Gleichung 12.9)}$$

$$PM_{10}\ EF = PM_{10}\ EF_{ref} * c \qquad \text{(Gleichung 12.10)}$$

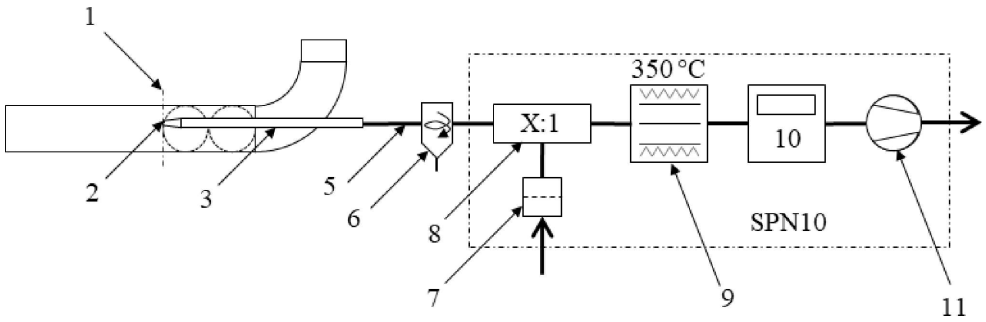
d) Die Endwerte für $PM_{2,5}$ und PM_{10} EF sind gemäß Tabelle A4/14 zu erfassen.

12.2. Messung der Partikelzahl- (PN-)Konzentration

In diesem Absatz werden die Spezifikationen für die Messung der PN-Emissionen bei einer Bremsemissionsprüfung beschrieben. Die PN-Probenahme- und Messsysteme ermöglichen die Quantifizierung der von der Bremse während der Prüfung erzeugten Zahl der Partikel. Aus den gemessenen PN-Emissionen und den Prüfparametern ergeben sich die Emissionsfaktoren für die geprüfte Bremse als ausgestoßene Zahl der Partikel pro zurückgelegter Streckeneinheit.

Abbildung A4/18

Möglicher Aufbau des PN-Probenahme- und Messsystems



1 – Probenahmeebene 2 – Probenahmedüse 3 – PN-Probenahmesonde 4 – Reserviert 5 – PN-Partikelübertragungsrohr 6 – PN-Zyklonabscheider 7 – HEPA-gefilterter Einlass für Verdünnungsluft 8 – Verdünnungsstufe 9 – Entferner flüchtiger Partikel 10 – Partikelzähler mit internem Luftstromregler und Messgerät für Masse oder Volumenstrom 11 – Pumpe

Grundsätzlich muss die Anordnung (Einzelteile und Verbindungen) aus elektrisch leitendem Material bestehen, das nicht mit den Bremspartikeln reagiert, und zur Vermeidung elektrischer/elektrostatischer Effekte geerdet sein. In Abbildung A4/18 ist ein möglicher Aufbau des PN-Probenahme- und -Messsystems dargestellt. Das Prüfsystem muss in der Lage sein, Feststoffe (SPN10) in Nennpartikelgröße mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von etwa 10 nm und größer zu messen. Die Anordnung und die Abmessungen der verschiedenen Komponenten sind beispielhaft und dienen der Veranschaulichung; daher ist eine genaue Übereinstimmung mit der Abbildung nicht erforderlich.

Die SPN10-Probenahme- und Messsysteme müssen aus folgenden Komponenten bestehen:

h) PN-Probenahmesonde, die eine Probe aus dem Probenahmetunnel entnimmt. Die Spezifikationen für die Auslegung der PN-Probenahmesonde sind in Absatz 12.2.1.2 beschrieben.

i) Geeignete PN-Probenahmedüse, die an der Spitze der PN-Probenahmesonde angebracht ist. Die Spezifikationen für die Auslegung der Düse sind in Absatz 12.2.1.3 beschrieben.

j) Geeignetes Partikelübertragungsrohr (PTT), das Aerosol vom Auslass der Probenahmesonde zum Einlass des PN-Vorklassierers leitet. Ist der PN-Vorklassierer direkt mit dem Auslass der Probenahmesonde verbunden, kann das Partikelübertragungsrohr verwendet werden, um die Partikel vom Auslass des PN-Vorklassierers zum Einlass des Entferners flüchtiger Partikel zu leiten. Die Spezifikationen für die Auslegung des Partikelübertragungsrohrs sind in Absatz 12.2.1.4 beschrieben.

k) PN-Vorklassierer für die Entfernung größerer Partikel. Die Spezifikationen für den PN-Vorklassierer sind in Absatz 12.2.2.1 beschrieben.

l) Entferner flüchtiger Partikel (VPR), der die Probe verdünnt und flüchtige Partikel vor der Messung der Partikelzahl entfernt. Die Spezifikationen für die Auslegung des Entferners flüchtiger Partikel sind in Absatz 12.2.2.2 beschrieben.

m) Innere Übertragungsleitung, die das Aerosol vom Auslass des Entferners flüchtiger Partikel zum Einlass des Partikelzählers leitet. Die Spezifikationen für die Auslegung der Übertragungsleitung sind in Absatz 12.2.2.3 beschrieben.

n) Partikelzähler (PNC), der die SPN10-Konzentration misst. Die Spezifikationen für den Partikelzähler sind in Absatz 12.2.3.1 beschrieben.

Für die SPN10-Probenahme sind verschiedene Sonden gemäß Abschnitt 12.2.1.1 Buchstabe a zu verwenden. Dieselbe Probenahmesonde kann verwendet werden, sofern die verwendete Stromteilungseinrichtung den Vorschriften des Absatzes 12.2.1.1 entspricht.

12.2.1. Entnahme der Probe

12.2.1.1. Probenahmeebene

Die Auslegung der Probenahmeebene muss den Spezifikationen in Absatz 7.6 entsprechen. Für die Probenahmeebene gelten die folgenden zusätzlichen Spezifikationen für den Einbau der PN-Probenahmesonden:

a) Für die SPN10-Emissionsmessung ist eine einzelne Probenahmesonde zu verwenden. Schwarze Punkte in Abbildung A4/7 stellen PN-Probenahmesonden dar.

12.2.1.2. PN-Probenahmesonden

Zur Entnahme der Probe, die vom dem Tunnel zur Einlassöffnung des Partikelübertragungsrohrs oder PN-Vorklassierers geleitet wird, ist eine geeignete PN-Probenahmesonde zu verwenden. Die PN-Probenahmesonde muss folgenden Auslegungsanforderungen entsprechen:

a) Die Sonden müssen so ausgelegt sein, dass Partikelverluste auf dem Weg von der Düsenspitze zum Einlass des Partikelübertragungsrohrs so gering wie möglich gehalten werden.

b) Die Sonden müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die nicht mit den Bremspartikeln reagieren. Die Sonden müssen zur Vermeidung elektrischer/elektrostatischer Effekte geerdet sein. Die Sonden müssen aus nichtrostendem Stahl mit elektropolierter Endbearbeitung (oder gleichwertiger Art) bestehen, um eine ultrareine und ultrafeine Oberfläche zu erhalten.

c) Die Sonden müssen einen konstanten Innendurchmesser (d_p) von mindestens 10 mm und höchstens 18 mm (10 mm ≤ d_p ≤ 18 mm) aufweisen, um unter allen Betriebsbedingungen einen laminaren Luftstrom zu gewährleisten.

d) Die Gesamtlänge der Sonden von der Spitze der Probenahmedüse bis zum Einlass des Partikelübertragungsrohrs oder PN-Vorklassierers darf 1 m nicht überschreiten.

e) Die Verweilzeit vom Einlass der Düsenspitze bis zum Einlass des Partikelübertragungsrohrs oder PN-Vorklassierers muss unter 3 s liegen.

f) An den Sonden darf höchstens eine einzige Biegung von 90° vorgesehen werden, sofern der Biegeradius r_b mindestens dem Vierfachen des Innendurchmessers ($4 \bullet d_p$) der PN-Probenahmesonde entspricht.

12.2.1.3. PN-Probenahmedüsen

Es sind geeignete Düsen für eine isokinetische Probenahme auf der Grundlage des entnommenen Gesamtpartikel-Probendurchsatz und des durchschnittlichen Kühlluftstroms zu verwenden. Die Prüfeinrichtung wählt die PN-Probenahmedüsen für die SPN10-Probenahme entsprechend den folgenden Anforderungen aus:

a) Die Düsen müssen innen aus nichtrostendem Stahl mit elektropolierter Endbearbeitung (oder gleichwertiger Art) bestehen, um eine ultrareine und ultrafeine Oberfläche zu erhalten.

b) Es sind geeignete Düsen zu verwenden, die ein isokinetisches Verhältnis zwischen 0,6 und 1,5 gewährleisten.

c) Die Düsengröße ist in Abhängigkeit von der Luftstrommenge so zu wählen, dass das isokinetische Verhältnis (Absatz 12.1.2.4) innerhalb der in Buchstabe b dieses Absatzes festgelegten Spezifikationen liegt. Es dürfen keine Düsen mit einem Innendurchmesser von weniger als 4 mm verwendet werden.

d) Die Düsen müssen einen konstanten Innendurchmesser über eine Länge haben, die mindestens einem Innendurchmesser oder einer Entfernung von mindestens 10 mm von der Düsenspitze entspricht, je nachdem, welcher Wert größer ist.

e) Die Düsen müssen an der Spitze eine dünne Wand haben, um eine etwaige Durchsatzverzerrung so gering wie möglich zu halten. Das Verhältnis Außen- zu Innendurchmesser muss an der Düsenspitze kleiner als 1,1 sein.

f) Jeder abweichende Durchmesser der Bohrung an den Düsen muss sich mit einem konischen Winkel von weniger als 30° verjüngen.

g) Die Düsen sind so anzuordnen, dass ihre Achse parallel zur Achse des Probenahmetunnels verläuft; dabei ist sicherzustellen, dass der Ansaugwinkel kleiner oder gleich 15° ist.

Die Prüfeinrichtung muss die Düsen häufig reinigen; dabei sind die Angaben des Herstellers zu Methode und Häufigkeit zu beachten. Andernfalls sind die Düsen vor jeder Bremsemissionsprüfung nach den Angaben des Herstellers zu den Hilfsmitteln für die Reinigung zu reinigen.

12.2.1.4. Partikelübertragungsrohr

Wenn der PN-Vorklassierer nicht direkt mit dem Auslass der Sonde verbunden ist, muss ein geeignetes Partikelübertragungsrohr verwendet werden, um das Aerosol vom Auslass der Sonde zum Einlass des PN-Vorklassierers zu leiten. Ist der PN-Vorklassierer direkt mit Auslass der Sonde verbunden, muss das Partikelübertragungsrohr verwendet werden, um das Aerosol vom Auslass des PN-Vorklassierers zum Einlass des Probenaufbereitungssystems zu leiten. In jedem Fall darf nur ein einziges Partikelübertragungsrohr verwendet werden, und dessen Auslegung muss den folgenden Anforderungen für die SPN_{10}-Probenahme entsprechen:

a) Es müssen Übertragungsrohre verwendet werden, die so gebaut sind, dass Verluste bei der Beförderung der Partikel zwischen dem Auslass der Sonde und dem Einlass des PN-Vorklassierers oder dem Auslass des PN-Vorklassierers und dem Einlass des Probenaufbereitungssystems möglichst gering gehalten werden.

b) Bei Durchmesseränderungen zwischen dem Auslass der Sonde und dem Einlass des PN-Vorklassierers oder dem Auslass des PN-Vorklassierers und dem Einlass des Probenaufbereitungssystems sind Übertragungsrohre mit graduellen Durchmesseränderungen zu verwenden.

c) Die Übertragungsrohre müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die nicht mit den Bremspartikeln reagieren.

d) Die Übertragungsrohre müssen einen Innendurchmesser (d_{tt}) von mindestens 4 mm haben, um unter allen Betriebsbedingungen einen laminaren Luftstrom zu gewährleisten.

e) Das Verhältnis der Länge der Übertragungsrohre zum Probendurchsatz muss unter 60 000 s/m² liegen.

f) Die Verweilzeit der Partikel in den Übertragungsrohren muss weniger als 1 s betragen.

g) An den Übertragungsrohren kann eine Biegung vorgesehen werden, sofern der Biegeradius r_b mindestens dem Fünfundzwanzigfachen des Rohrdurchmessers ($25 \bullet d_{tt}$) entspricht.

12.2.2. Behandlung und Konditionierung der Proben

12.2.2.1. PN-Vorklassierer

Die Prüfeinrichtung muss einen Zyklonabscheider verwenden, um das Verdünnungssystem und den Entferner flüchtiger Partikel vor möglicher Verunreinigung zu schützen. Die Prüfeinrichtung muss sicherstellen, dass der PN-Vorklassierer für die SPN10-Probenahme und -Messung folgenden Anforderungen entspricht:

a) Reserviert;

b) Reserviert;

c) Der Zyklonabscheider muss entweder am Auslass der Probenahmesonde oder am Einlass des Probenaufbereitungssystems angebracht werden.

d) Es dürfen nur handelsübliche Zyklonabscheider verwendet werden, wobei der Partikeldurchmesser in Bezug auf den 50 %-Trennschnitt bei dem Luftstrom, der durch den Zyklonabscheider strömt, zwischen 2,5 µm und 10 µm betragen muss.

e) Der Zyklonabscheider muss bei einem Partikeldurchmesser von 1,5 µm eine Durchlasseffizienz von mindestens 80 % erreichen.

f) Der Zyklonabscheider muss aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die nicht mit den Bremspartikeln reagieren. Er muss zur Vermeidung elektrischer/elektrostatischer Effekte geerdet sein.

Die Prüfeinrichtung muss die Innenwände der Zyklonabscheider häufig kontrollieren und reinigen; dabei sind die Angaben des Instrumentenherstellers zu Häufigkeit und Hilfsmitteln für die Reinigung zu beachten.

12.2.2.2. Probenkonditionierung

Das in das PN-System eintretende Aerosol muss vor dem Eintritt in den Partikelzähler (PNC) konditioniert werden. Die Prüfeinrichtung muss sicherstellen, dass das Probenaufbereitungssystem in Abhängigkeit von den gemessenen Parametern den folgenden Anforderungen entspricht:

a) bis j) Reserviert

SPN10

Der Entferner flüchtiger Partikel (VPR) muss mindestens aus einem Partikelverdünner (PND1) und einem Verdampfungsrohr bestehen. Ein zweiter Verdünner (PND2) kann optional in Reihe mit dem PND1 und dem Verdampfungsrohr angeordnet werden. Die folgenden Spezifikationen gelten für den VPR für die Konditionierung des Aerosols im Rahmen der SPN10-Messung:

k) Alle Teile des VPR, die mit der Probe in Berührung kommen, müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, müssen zur Vermeidung elektrostatischer Effekte geerdet sein und müssen so ausgelegt sein, dass sich möglichst wenig Partikel auf ihnen ablagern.

l) Er muss die Verdünnung der Probe in einer oder mehreren Stufen derart ermöglichen, dass eine PN-Konzentration unterhalb der oberen Schwelle des Einzelpartikelzählmodus des Partikelzählers erreicht wird. Das Gesamtsystem muss einen Verdünnungsfaktor von mindestens 10:1 erreichen können.

m) Er muss die Gastemperatur unter der vom Hersteller des PNC angegebenen maximal zulässigen Temperatur am Einlass halten können.

n) Er kann über eine erste Verdünnungsstufe verfügen, die die Probe auf eine Wandtemperatur zwischen 150 °C und 350 °C bringt. Der Sollwert für die Wandtemperatur darf die Wandtemperatur des Verdampfungsrohrs nicht überschreiten. Dem Verdünner muss Luft zugeführt werden, die vorher durch einen HEPA-Filter mindestens der Klasse H13 (EN 1822:2008) oder gleichwertiger Leistungsstärke geleitet worden ist.

o) Er muss ein katalytisch aktives Verdampfungsrohr umfassen, dessen Wandtemperatur größer oder gleich der Temperatur des PND1 ist. Die Wandtemperatur des Verdampfungsrohrs muss auf einer festen Nennbetriebstemperatur von 350 °C gehalten werden.

p) Er muss die Stufen der Hitzeverdünnung so kontrollieren, dass die Nennbetriebstemperatur mit einer Abweichung von ± 10 °C konstant bleibt. Außerdem muss das VPR-System anzeigen, ob die Betriebstemperaturen der Hitzeverdünnungsstufen im vorgeschriebenen Bereich liegen.

q) Er muss einen PCRF für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 15 nm, 30 nm und 50 nm gemäß dem Verfahrens und den Anforderungen nach Absatz 14.5.2 erreichen.

r) Er muss Veränderungen des Verdünnungsfaktors in Echtzeit überwachen und das arithmetische Mittel des PCRF ($f_{r\text{-}SPN10}$) mit einer Frequenz von 1 Hz melden. Die Berechnung des arithmetischen Mittels des PCRF erfolgt nach dem in Absatz 14.5.2 beschriebenen Verfahren.

s) Er meldet PCRF-korrigierte SPN10-Konzentrationen unter Standardbedingungen mit einer Meldefrequenz von mindestens 0,5 Hz.

(t) Er muss so beschaffen sein, dass durch Beheizen und eine Reduzierung der Teildrücke von Tetracontan eine Verdampfung von mehr als 99,9 % der Tetracontan-Partikel ($CH_3(CH2)_{38}CH_3$) mit einem mittleren Zähldurchmesser von mehr als 50 nm und einer Masse größer 1 mg/m³ erreicht wird.

u) Er muss einen zuverlässigen Durchsatz fester Partikel von mindestens 70 % für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 100 nm erreichen.

v) Er muss so beschaffen sein, dass er bei einem Probendruck im Bereich von 85 kPa bis 105 kPa und bei relativen Druckunterschieden gegenüber der Umgebung im Bereich von ± 5 kPa betrieben werden kann.

12.2.2.3. Innere PN-Übertragungsleitung

Leitungen, die das Aerosol vom VPR zum Einlass des PNC leiten, müssen den folgenden Spezifikationen entsprechen:

a) Die inneren Übertragungsleitungen müssen so beschaffen sein, dass Verluste bei der Partikelbeförderung zwischen dem VPR und dem Einlass des PNC so gering wie möglich gehalten werden.

b) Die inneren Übertragungsleitungen müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die nicht mit den Bremspartikeln reagieren.

c) Die inneren Übertragungsleitungen müssen einen konstanten Innendurchmesser (d_{tl}) von mindestens 4 mm haben, um unter allen Betriebsbedingungen einen laminaren Luftstrom zu gewährleisten.

d) Die Gesamtlänge der inneren Übertragungsleitungen vom Auslass des VPR zum Einlass des PNC darf 1 m nicht überschreiten.

e) Die Verweilzeit der Partikel in den inneren Übertragungsleitungen muss weniger als 1 s betragen.

f) An den inneren Übertragungsleitungen kann eine Biegung vorgesehen werden, sofern der Biegeradius r_b mindestens dem Zehnfachen des Innendurchmessers ($10 \bullet d_{tl}$) der inneren Übertragungsleitung entspricht.

12.2.3. Partikelmessung

12.2.3.1. Partikelzähler

Für die Messung der SPN10-Konzentrationen sind Partikelzähler (PNC) zu verwenden. Die Prüfeinrichtung muss sicherstellen, dass der PNC den folgenden Anforderungen für SPN10 entspricht:

a) Er arbeitet im Vollstrombetrieb.

b) Die Zählgenauigkeit auf der Grundlage einer verfolgbaren Norm liegt bei ± 10 % im gesamten Bereich von 1 pro cm^3 bis zur oberen Schwelle des Einzelpartikelzählmodus des Partikelzählers.

c) Die Lesbarkeit beträgt mindestens 0,1 Partikel pro cm^3 bei Konzentrationen von weniger als 100 pro cm^3.

d) Er hat ein lineares Ansprechverhalten auf Partikelkonzentrationen im gesamten Messbereich im Einzelpartikel-Zählmodus.

e) Die Ansprechzeit t_{90} im gesamten gemessenen Konzentrationsbereich liegt unter 5 s.

f) Es muss ein interner Kalibrierfaktor aus der linearen Kalibrierung mit einem rückverfolgbaren Bezugswert vorhanden sein, der für die Bestimmung der Effizienz der Zählfunktion des PNC anzuwenden ist. Die Zähleffizienz ist einschließlich des Kalibrierfaktors gemäß den Spezifikationen in Absatz 14.6 anzugeben.

g) Das PNC-Kalibriermaterial besteht aus 4 cSt Polyalphaolefin („Emery Oil"), rußähnlichen Partikeln (z. B. durch Brände freigesetzte Ruß- oder Graphitpartikel) oder Silberpartikeln.

h) Die Effizienz der Zählfunktion für Nennpartikelgrößen mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 10 nm und 15 nm muss (65 ± 15) % bzw. mehr als 90 % betragen. Diese Effizienz der Zählfunktion kann durch interne Mittel (z. B. Kontrolle der Instrumentenauslegung) oder externe Mittel (z. B. Größenvorklassifizierung) erreicht werden.

i) Wird im Partikelzähler eine Betriebsflüssigkeit verwendet, so ist diese gemäß der vom Instrumentenhersteller angegebenen Häufigkeit zu wechseln.

12.2.3.2. PN-Probendurchsatz

Das PN-Messsystem muss den folgenden Vorschriften für die Regelung und Messung des Probendurchsatzes (d. h. des Durchsatzes an der PN-Probenahmesonde) entsprechen:

a) Bei dem Verfahren zur Messung des Durchsatzes des Probenahme- und Messsystems muss die Fehlergrenze unter allen Betriebsbedingungen bei ± 5 % des Ablesewertes liegen.

b) Es muss ein Luftstrom-Messgerät verwendet werden, das so kalibriert ist, dass es den Luftstrom unter Standardbedingungen anzeigt. Ist das Luftstrom-Messgerät nicht so kalibriert, dass es Werte unter Standardbedingungen anzeigt, muss es mit einem Temperatursensor ausgestattet sein, der vor der Messeinrichtung einzubauen ist. Um eine angemessene Umrechnung zu gewährleisten, muss der Temperatursensor eine Genauigkeit von ± 1,0 °C aufweisen, und Druckmessungen müssen mit einer Genauigkeit von ± 1,0 kPa durchgeführt werden. Diese Messung ist für die Umrechnung der Luftstromwerte durchzuführen.

c) Der tatsächliche normalisierte Probendurchsatz (NQ_{SPN10}) darf nicht um mehr als ± 10 % vom Durchschnittswert der jeweiligen Prüfung abweichen. Um einen stabilen Luftstrom zu gewährleisten, ist eine Einrichtung mit Luftstromregelungsfunktion (z. B. Messblende für kritische Strömung, Druckregler, Rückkopplungskontrolle usw.) zu verwenden.

d) Der tatsächliche normalisierte Probendurchsatz ist aufzuzeichnen und mit einer Frequenz von 1 Hz in der zeitbasierten Datei zu erfassen. Der durchschnittliche tatsächliche normalisierte Probendurchsatz ist gemäß Absatz 13.4 zu erfassen.

e) Das durchschnittliche isokinetische Verhältnis während des Abschnitts „Emissionsmessung" für eine bestimmte Bremse muss zwischen 0,60 und 1,50 liegen.

f) Zur Berechnung des durchschnittlichen isokinetischen Verhältnisses für SPN10 ist Gleichung 12.4 zu verwenden. Für die SPN10-Probenahme sind die entsprechenden Werte für den Innendurchmesser der isokinetischen Düse zu verwenden. Zu verwenden sind die Werte für den durchschnittlichen normalisierten Tunneldurchsatz (*NQ*) und den durchschnittlichen normalisierten Probendurchsatz (NQ_{SPN10}) in der zeitbasierten Datei. Die berechneten Werte sind gemäß Tabelle A4/14 zu erfassen.

g) Werden die in diesem Absatz festgelegten Anforderungen an den Probendurchsatz oder das isokinetische Verhältnis nicht erfüllt, ist die Prüfung ungültig.

h) Die PN-Probenahmeeinrichtungen müssen während des Abschnitts „Messung der Bremsemissionen" im Dauerbetrieb geschaltet sein. Dies betrifft auch die Abkühlabschnitte zwischen den einzelnen Fahrten des WLTP-Bremszyklus, während der der PN-Probendurchsatz nicht unterbrochen und die Hauptprobenahmeleitung nicht umgangen werden darf. Die PN-Probenahmeeinrichtungen müssen so lange in Betrieb sein, bis die Hintergrundüberprüfung nach der Prüfung abgeschlossen ist.

12.2.4. Berechnung der PN-Emissionen

Die Prüfeinrichtung erfasst die PN-Emissionen als Zahl der Partikel pro gefahrener Strecke. Der Bezugs- (oder Ausgangs-)SPN10-Emissionsfaktor für die geprüfte Bremse (EF_{ref}) wird nach Gleichung 12.12 berechnet.

Reserviert (Gleichung 12.11)

$$\text{SPN10 } EF_{ref} = 10^6 \times (SPN_{10\ \#} \times NQ)/V \quad \text{(Gleichung 12.12)}$$

Dabei gilt:

SPN10 EF_{ref}	ist die SPN10-Anzahl pro gefahrener Strecke für die geprüfte Bremse in #/km.
$SPN_{10\ \#}$	sind die durchschnittlichen normalisierten und PCRF-korrigierten SPN10-Emissionen in #/Ncm³ gemäß Tabelle A4/10.
NQ	ist der durchschnittliche normalisierte Luftstrom im Probenahmetunnel in Nm³/h gemäß Tabelle A4/10.
V	ist die durchschnittliche tatsächliche Geschwindigkeit des WLTP-Bremszyklus in km/h gemäß Tabelle A4/10.

a) Berechnung der durchschnittlichen normalisierten und PCRF-korrigierten SPN10-Emissionen anhand der vorgegebenen Parameter in der zeitbasierten Datei.

b) Berechnung des durchschnittlichen normalisierten Tunneldurchsatzes (NQ) und der durchschnittlichen Geschwindigkeit des WLTP-Bremszyklus (V) während des Abschnitts „Emissionsmessung" anhand der vorgegebenen Parameter in der zeitbasierten Datei.

c) Berechnung des SPN10 EF_{ref} der geprüften Bremse nach Gleichung 12.12. Anschließend sind die Endwerte für SPN10 EF der geprüften Bremse anhand des Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung gemäß Tabelle 4 oder des nach Anhang 5 dieser Regelung gemessenen Koeffizienten zu berechnen. Wird der Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung Tabelle 4 entnommen, so ist derjenige Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung zu verwenden, der dem Fahrzeug-Elektrifizierungstyp entspricht, dessen Parameter für die Prüfung der Bremse verwendet wurden. Zur Berechnung des SPN10-Endwerts ist Gleichung 12.14 zu verwenden.

Reserviert (Gleichung 12.13)

$$SPN10\ EF = SPN10\ EF_{ref} * c \quad \text{(Gleichung 12.14)}$$

d) SPN10 EF gemäß Tabelle A4/14.

e) Liegen die gemessenen SPN10-Emissionen außerhalb des spezifizierten Messbereichs der PNC-Einrichtung, ist die Prüfung ungültig.

12.2.5. Verfahren zur Überprüfung des PN-Systems

Die Prüfeinrichtung führt die folgenden Verfahren zur Überprüfung des PN-Systems durch, um sicherzustellen, dass das gesamte System voll funktionsfähig ist:

a) Die mit einem kalibrierten Messgerät vorgenommene Messung des Stroms in den Partikelzähler muss einen Wert anzeigen, der ± 5 % des Nenndurchsatzes des Partikelzählers beträgt. „Nenndurchsatz" bezieht sich hier auf den Durchsatz, der in der Dokumentation zur letzten vom Instrumentenhersteller am Partikelzähler durchgeführten Kalibrierung angegeben wurde. Die Prüfeinrichtung führt diese Kontrolle monatlich durch.

b) Der Partikelzähler wird einer Nullzählung anhand eines Filters mit geeigneter Leistungsstärke, der an der Einlassöffnung des Partikelzählers angebracht wird, unterzogen. Diese Nullzählung muss eine Konzentration ≤ 0,2 Partikeln pro cm^3 ergeben. Nach dem Entfernen des Filters muss der Partikelzähler einen Anstieg der gemessenen Konzentration anzeigen und auf 0,2 Partikel pro cm^3 oder weniger zurückgehen, wenn der Filter erneuert wurde. Der Partikelzähler darf keine Fehlermeldungen anzeigen. Die Prüfeinrichtung führt diese Kontrolle bei jeder Bremsemissionsprüfung durch.

c) Der Partikelzähler muss eine gemessene Konzentration von weniger als 0,5 Partikeln pro cm^3 (ohne PCRF-Korrektur) anzeigen, wenn ein HEPA-Filter, der mindestens der Klasse H13 nach der Norm EN 1822:2008 oder gleichwertiger Leistungsstärke entspricht, an der Einlassöffnung des Probenaufbereitungssystems angebracht ist. Die Prüfeinrichtung führt diese Kontrolle vor jeder Bremsemissionsprüfung durch.

d) Vor Beginn jeder Bremsemissionsprüfung muss die Prüfeinrichtung gewährleisten, dass das Messsystem anzeigt, dass das Probenaufbereitungssystem seine vorgeschriebenen Betriebstemperaturen erreicht hat.

12.3. Messung des Masseverlusts

Der Masseverlust der geprüften Bremse gibt Aufschluss darüber, ob das Gesamtprüfverfahren robust ist und ordnungsgemäß funktioniert. Er kann als Indikator für mögliche Probleme während der Durchführung der Bremsemissionsprüfung dienen.

Die Prüfeinrichtung misst die Anfangs- und Endmasse der Bremseinheit vor und nach der Prüfung. Es ist darauf zu achten, dass die Bremseinheit während der Bremsemissionsprüfung nicht gestört wird. Da nach der Einstellung der Kühlluft neue Teile verwendet werden müssen, entspricht die Anfangsmasse der Masse, die vor Beginn des Abschnitts „Einfahren" gemessen wurde, und die Endmasse der Masse, die nach dem Abschnitt „Emissionsmessung" gemessen wurde. Alle Messungen sind nach folgendem Verfahren durchzuführen:

a) Absaugen der Teile vor der Durchführung der Messungen, um etwaige Verunreinigungen zu beseitigen.

b) Kontrolle aller Bremsenteile auf Grate, Risse, Hohlräume oder lose Teile und entsprechende Aufzeichnung. Sind keine derartigen Probleme vorhanden, werden die ersten Messungen durchgeführt.

c) Jedes Teil wird mit eingebautem Thermoelement einzeln gewogen und der Thermoelementanschluss wird abgenommen (bei Scheiben und Trommeln). Die Anfangsmasse ist in die Masse-Messdatei einzutragen.

d) Wägung des Bremsenreibmaterials einschließlich der Schalldämpfer, der Belagabstandsfedern und anderer Komponenten, sofern sie Bestandteil der Produktbaugruppe sind. Vor der Wägung sind das Klebeband von den Bremsklötzen, etwaiges Fett an den Reibmaterialkontaktflächen, den Verbindungsteilen und anderen relevanten abnehmbaren Bauteilen zu entfernen. Die Masse der abnehmbaren Bauteile muss bei der Messung der Masse vor und nach der Prüfung in gleicher Weise berücksichtigt (d. h. einbezogen oder ausgenommen) werden. Die Anfangsmassen sind in der Masse-Messdatei zu erfassen.

e) Für Teile mit einem Gesamtgewicht von weniger als 20 kg ist eine Waage mit einer Auflösung von mindestens 0,1 g oder besser zu verwenden. Für die regelmäßige Überprüfung der Stabilität und der ordnungsgemäßen Funktionsweise der Waage sind zertifizierte Kalibriergewichte zu verwenden (Tabelle A4/15). Die Mikrowaage muss den Kalibrierungsanforderungen gemäß Absatz 14.4 entsprechen. Es wird empfohlen, die Waage in einem Raum mit kontrollierter Temperatur von (22 ± 2) °C und relativer Feuchtigkeit von (45 ± 8) aufzustellen.

f) Nach Abschluss der Bremsemissionsprüfung müssen die Bremsenteile auf eine Temperatur von 30 °C oder weniger abkühlen. Dazu müssen sie bis zu 24 Stunden in einem Raum mit kontrollierter Temperatur und Feuchtigkeit gelagert werden.

g) Nachdem die Bremsenteile abgekühlt sind, müssen die Teile gereinigt werden, um Fette oder Verunreinigungen zu entfernen, bevor die abschließenden Massemessungen durchgeführt werden.

h) Die Bremsscheibe oder -trommel und die Bremsklötze oder -backen müssen einzeln gewogen werden. Die Endwerte für die Masse sind in der Masse-Messdatei zu erfassen.

i) Der Masseverlust der Bremsscheibe oder -trommel und der Bremsklötze oder -backen wird berechnet, indem die Endgesamtmasse von der Anfangsgesamtmasse abgezogen wird. Der Masseverlust jedes Teils ist in der Masse-Messdatei gemäß den Anweisungen in Tabelle A4/13 zu erfassen.

j) Der Gesamtmasseverlust der geprüften Bremse wird berechnet, indem die gemäß Ziffer i dieses Absatzes berechneten Werte für die einzelnen Teile addiert werden. Der Gesamtmasseverlust ist gemäß den Anweisungen in Tabelle A4/13 zu erfassen.

k) Berechnung des gemittelten Emissionsfaktors für den Gewichtsverlust, indem der gemäß Buchstabe j dieses Absatzes berechnete Gesamtmasseverlust durch die während der Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsmessung“ gefahrene Gesamtstrecke (d. h. 6 WLTP-Bremszyklen) geteilt wird. Der gemittelte Emissionsfaktor für den Gewichtsverlust ist gemäß den Anweisungen in Tabelle A4/13 zu erfassen.

13. Arbeitsergebnisse der Prüfung

In diesem Abschnitt werden die vier wichtigsten Arbeitsergebnisse einer Bremsemissionsprüfung beschrieben. Dazu gehören die Prüfberichtsdatei – der Kernbericht der Emissionsprüfung – und ihre Begleitdateien (d. h. ereignisbasierte, zeitbasierte und Masse-Messdatei). Bei den Arbeitsergebnissen der Prüfung handelt es sich um Folgende:

a) Ereignisbasierte Datei. Eine ausführliche Beschreibung der Datei und der vorgeschriebenen Parameter ist in Absatz 13.1 enthalten.

b) Zeitbasierte Datei. Eine ausführliche Beschreibung der Datei und der vorgeschriebenen Parameter ist in Absatz 13.2 enthalten.

c) Masse-Messdatei. Eine ausführliche Beschreibung der Datei und der vorgeschriebenen Parameter ist in Absatz 13.3 enthalten.

d) Prüfberichtsdatei. Eine ausführliche Beschreibung der Datei und der vorgeschriebenen Parameter ist in Absatz 13.4 enthalten.

Die Prüfstellen führen Aufzeichnungen über die ursprünglichen Messungen, einschließlich der einschlägigen Informationen aus der Abkühlungsphase zwischen den Prüfvorgängen, um die Kohärenz nachzuweisen und die Prüfergebnisse auf Verlangen der zuständigen Behörde neu berechnen zu können.

13.1. Ereignisbasierte Datei

Die Prüfeinrichtung erstellt eine ereignisbasierte ODS-Datei für die Bremsemissionsprüfung. Die Datei trägt die Bezeichnung „Test ID_EBF“ und enthält die erforderlichen Daten für jeden Bremsverzögerungsvorgang während der gesamten Bremsemissionsprüfung. Dieses Dateiformat ist unabhängig von der Steuerungstechnologie und -software. Jeder Abschnitt der Bremsemissionsprüfung ist wie folgt in einer gesonderten Registerkarte zu protokollieren:

a) Registerkarte 1 mit der Bezeichnung „Kühlung“ enthält die Daten für die in diesem Absatz aufgeführten Parameter für den Abschnitt „Einstellung der Kühlung“. In dieser Registerkarte werden, wenn mehrere Iterationen von Fahrt 10 stattgefunden haben, nur Daten der erfolgreichen Iteration von Fahrt 10 protokolliert. Registerkarte 1 enthält 114 Zeilen mit Daten für die 114 Bremsvorgänge von Fahrt 10 während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“. Bei Hinterradbremsen sind die Daten der entsprechenden Kühleinstellung der Vorderradbremse einzutragen.

b) Die Registerkarten 2 bis 6 mit der Bezeichnung „Einfahren 1-5“ enthalten die Daten für die in diesem Absatz aufgeführten Parameter für den Abschnitt „Einfahren“. Jede Registerkarte entspricht einer Wiederholung des WLTP-Bremszyklus. Jede Registerkarte enthält 303 Zeilen mit Daten für die 303 Bremsvorgänge des WLTP-Bremszyklus für jede Wiederholung des Abschnitts „Einfahren“. Die Registerkarten 2 bis 6 dürfen keine Daten aus den Abkühlabschnitten zwischen den 5 WLTP-Bremszyklen enthalten.

c) Registerkarte 7 mit der Bezeichnung „Emissionen“ enthält die Daten für die in diesem Absatz aufgeführten Parameter für den Abschnitt „Messung der Bremsemissionen“. Registerkarte 7 darf keine Daten aus den Abkühlabschnitten zwischen den einzelnen Fahrten des WLTP-Bremszyklus enthalten. Registerkarte 7 muss 303 Zeilen mit Daten für die 303 Bremsvorgänge des WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“ enthalten.

Die Prüfeinrichtung misst und/oder berechnet fortlaufend und automatisch die in Tabelle A4/9 aufgeführten Parameter. Alle Daten in der ereignisbasierten Datei sind anhand der gemessenen Rohdaten zu berechnen. Einzelheiten zu den verwendeten Maßeinheiten, der Anzahl der Dezimalstellen und der Messfrequenz für die einzelnen Parameter sind in Tabelle A4/9 angegeben. „Messfrequenz“ im Zusammenhang mit dieser Regelung ist die Häufigkeit, mit der das Automatisierungssystem die verschiedenen Parameter misst und protokolliert. Wird die ereignisbasierte Datei nicht wie oben beschrieben übermittelt, ist die Prüfung ungültig.

Unabhängig von der Messfrequenz sind die Parameter in der ereignisbasierten Datei für jeden einzelnen Bremsverzögerungsvorgang zu protokollieren. Alle Bewertungen, die in die EBF-Datei einfließen – mit Ausnahme der Berechnung der Werte für die Reibungsarbeit (siehe Absatz 9.4.3 Buchstabe h) – müssen auf dem Vorgang „tatsächliche Bremsverzögerung“ beruhen.

Sowohl der tatsächliche Anfangszeitpunkt als auch der tatsächliche Endzeitpunkt des Verzögerungsvorgangs werden auf der Grundlage des hohen tatsächlichen Bremsmoments ermittelt. Der tatsächliche Bremsvorgang beginnt, wenn das tatsächliche Bremsmoment erstmals 15 % des Nennbremsmoments des Bremsvorgangs überschreitet. Der tatsächliche Bremsvorgang endet, wenn der Wert des tatsächlichen Bremsmoments erstmals unter 15 % des Nennbremsmoments fällt.

Das Nennbremsmoment kann nach Gleichung 13.1 berechnet werden.

$$\tau_{brake,nom,n} = WL_t \cdot \frac{r_{R,b}}{1000} \cdot \frac{V_{set,start,n} - V_{set,end,n}}{3{,}6 \cdot (t_{end,nom,n} - t_{start,\ nom,n})} \qquad \text{Gleichung 13.1}$$

Dabei gilt:

$\tau_{brake,nom,n}$ ist das Nennbremsmoment des Bremsvorgangs n in Nm.

WL_t ist die Prüf- (oder aufgebrachte) Radlast in kg.

$r_{R,b}$ ist der dynamische Reifenrollradius an Bremse b in mm.

$V_{set,start,n}$ ist die lineare Nenngeschwindigkeit zu Beginn des n-ten Bremsvorgangs des WLTP-Bremszyklus in km/h.

$V_{set,end,n}$ ist die lineare Nenngeschwindigkeit am Ende des n-ten Bremsvorgangs des WLTP-Bremszyklus in km/h.

$t_{start,nom,n}$ ist der Nennanfangszeitpunkt des n-ten Bremsvorgangs des analysierten Zyklus in s.

$t_{end,nom,n}$ ist der Nennendzeitpunkt des n-ten Bremsvorgangs des analysierten Zyklus in s.

Der Wert von $\tau_{brake,nom,n}$ ist in der ereignisbasierten Datei gemäß Tabelle 13.1 in der entsprechenden Zeile einzutragen.

Einige der in der ereignisbasierten Datei protokollierten Parameter sind durch den tatsächlichen Anfangs- und Endzeitpunkt des Bremsvorgangs definiert, da sie die Momentanwerte zu diesen Zeitstempeln darstellen (d. h. Zeitpunkt des Anhaltens, Dauer der Haltezeit, Anfangstemperatur der Bremse, Endtemperatur der Bremse). Die übrigen Parameter werden über den Bremsvorgang gemittelt (Strecke oder Zeit), um für jeden Parameter einen eindeutigen Wert zu ermitteln. Die Mittelung dieser Parameter erfolgt anhand der mit einer Frequenz von 250 Hz gemessenen Daten, die zwischen dem tatsächlichen Anfangs- und Endzeitpunkt des Bremsvorgangs ermittelt werden.

Tabelle A4/9

Vorgeschriebene Parameter für die Messung und Protokollierung in der ereignisbasierten Datei einer Bremsemissionsprüfung

Messgröße	Zeichen	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Messfrequenz	Spalte in der Datei
Prüfabschnitt	-	-	N/A	Ein dreistelliger „ABC"-Kenncode für jeden Verzögerungsvorgang. „A" ist die laufende Nummer des Zyklus bei einer bestimmten Bremsemissionsprüfung (A=1 für die Einstellung der Kühlung, A=2-6 für das Einfahren, A=7 für die Emissionsmessung). BC ist die laufende Nummer der Fahrt (B=01-10). Sie wird nicht gemessen, sondern muss automatisch auf Ebene des einzelnen Bremsvorgangs erfasst werden.	N/A	A
Nummer des Halts während der Fahrt	-	-	N/A	Die laufende Nummer des Verzögerungsvorgangs während der jeweiligen Fahrt (kann Werte zwischen 1 und 114 annehmen). Sie wird nicht gemessen, sondern muss automatisch auf Ebene des einzelnen Bremsvorgangs erfasst werden.	N/A	B
Nummer des Halts im Zyklus	-	-	N/A	Die laufende Nummer des Verzögerungsvorgangs im WLTP-Bremszyklus (kann Werte zwischen 1 und 303 annehmen). Sie wird nicht gemessen, sondern muss automatisch auf Ebene des einzelnen Bremsvorgangs erfasst werden.	N/A	C
Dauer der Haltezeit	t_{brake}	s	1	Die Gesamtdauer des Verzögerungsvorgangs. Sie ist definiert durch die Zeitpunkte des Beginns und des Endes des Verzögerungsvorgangs.	250 Hz	D

Messgröße	Zeichen	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Messfrequenz	Spalte in der Datei
Uhrzeit des Halts	-	HH:MM:SS	N/A	Zeitpunkt des Beginns des vom Bremsenprüfstand aufgezeichneten Verzögerungsvorgangs	250 Hz	E
Datum des Halts	-	JJJJ-MM-TT	N/A	Datum des Beginn des vom Bremsenprüfstand aufgezeichneten Verzögerungsvorgangs. Es wird automatisch auf der Ebene des einzelnen Bremsvorgangs erfasst.	N/A	F
Sollwert für Ausgangsgeschwindigkeit	-	km/h	1	Die lineare Nenngeschwindigkeit zu Beginn des Verzögerungsvorgangs, wie für den WLTP-Bremszyklus festgelegt. Sie wird nicht gemessen, sondern muss automatisch auf Ebene des einzelnen Bremsvorgangs erfasst werden.	N/A	G
Tatsächliche Anfangsgeschwindigkeit	-	km/h	2	Die gemessene lineare Geschwindigkeit zu Beginn des Vorgangs „tatsächliche Bremsverzögerung“ gemäß Absatz 3.4.16 dieser Regelung.	250 Hz	H
Sollwert für Lösegeschwindigkeit	-	km/h	1	Die lineare Nenngeschwindigkeit am Ende des Verzögerungsvorgangs (Lösen der Bremse), wie für den WLTP-Bremszyklus festgelegt. Sie wird nicht gemessen, sondern muss automatisch auf Ebene des einzelnen Bremsvorgangs erfasst werden.	N/A	I
Tatsächliche Lösegeschwindigkeit	-	km/h	2	Die gemessene lineare Geschwindigkeit am Ende des Vorgangs „tatsächliche Bremsverzögerung“ (Lösen der Bremse) gemäß Absatz 3.4.16 dieser Regelung.	250 Hz	J

Messgröße	Zeichen	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Messfrequenz	Spalte in der Datei
Drehgeschwindigkeit	f	rpm	2	Vom Bremsenprüfstand aufgezeichnete zeitgemittelte Drehgeschwindigkeit der Bremse. Die während des Bremsvorgangs mit einer Frequenz von 250 Hz gemessene Drehgeschwindigkeit ist zeitgemittelt auf der Ebene des einzelnen Bremsvorgangs zu protokollieren. Die Mittelung erfolgt zwischen dem tatsächlichen Anfangs- und Endzeitpunkt des Verzögerungsvorgangs.	250 Hz	K
Sollwert für Verzögerung	-	m/s^2	3	Nennverzögerung des Vorgangs, wie für den WLTP-Bremszyklus festgelegt. Sie wird nicht gemessen, sondern muss automatisch auf Ebene des einzelnen Bremsvorgangs erfasst werden.	N/A	L
Berechnete Verzögerung	-	m/s^2	4	Verzögerung des jeweiligen Bremsvorgangs, berechnet anhand der Parameter in den Spalten D, H und J	N/A	M
Bremsmoment – streckengemittelt	-	Nm	2	Vom Bremsenprüfstand aufgezeichnetes streckengemitteltes Bremsmoment. Das während des Bremsvorgangs mit einer Frequenz von 250 Hz gemessene Bremsmoment ist streckengemittelt auf der Ebene des einzelnen Bremsvorgangs zu protokollieren. Die Mittelung erfolgt zwischen dem tatsächlichen Anfangs- und Endzeitpunkt des Verzögerungsvorgangs.	250 Hz	N
Bremsdruck – streckengemittelt	-	kPa	2	Vom Bremsenprüfstand aufgezeichneter streckengemittelter Bremsdruck. Der während des Bremsvorgangs mit einer Frequenz von 250 Hz gemessene Bremsdruck ist streckengemittelt auf der Ebene des einzelnen Bremsvorgangs zu protokollieren. Die Mittelung erfolgt zwischen dem tatsächlichen Anfangs- und Endzeitpunkt des Verzögerungsvorgangs.	250 Hz	O

Messgröße	Zeichen	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Messfrequenz	Spalte in der Datei
Bremswirkung	μ oder C*	-	3	Streckengemittelter Reibungskoeffizient als Funktion des Bremsmoments, des wirksamen Bremsradius und der Kolbenfläche. Der anhand dieser Parameter berechnete Reibungskoeffizient ist auf der Ebene des einzelnen Bremsvorgangs streckengemittelt zu protokollieren. Die Mittelung erfolgt zwischen dem tatsächlichen Anfangs- und Endzeitpunkt des Verzögerungsvorgangs.	N/A	P
Anfangstemperatur der Bremse	IBT	°C	2	Bremsentemperatur zu Beginn des Verzögerungsvorgangs, gemessen nach Absatz 3.4.22 dieser Regelung.	250 Hz	Q
Bremsenendtemperatur	FBT	°C	2	Bremsentemperatur am Ende des Verzögerungsvorgangs, gemessen nach Absatz 3.4.23 dieser Regelung.	250 Hz	R
Spitzentemperatur der Bremse	PBT	°C	2	Spitzentemperatur der Bremse beim Verzögerungsvorgang, gemessen nach Absatz 8.3.	250 Hz	S
Spezifische Reibungsarbeit	$w_{f,n}$	J/kg	1	Spezifische Reibungsarbeit des Bremsverzögerungsvorgangs, berechnet nach Absatz 9.4.3 Buchstabe h	N/A	T
Nennbremsmoment	$\tau_{brake,nom,n}$	Nm	2	Nennbremsmoment des Bremsverzögerungsvorgangs, berechnet nach Gleichung 13.1	1 Hz	U
Verzögerung – streckengemittelt	-	m/s^2	4	Streckengemittelte Verzögerung, berechnet auf Ebene des einzelnen Bremsvorgangs.	N/A	V

13.2. Zeitbasierte Datei

Die Prüfeinrichtung erstellt eine zeitbasierte ODS-Datei für die Bremsemissionsprüfung. Die Datei trägt die Bezeichnung „Test ID_TBF“ und enthält Angaben zu spezifischen Prüfparametern, die während der gesamten Bremsemissionsprüfung gemessen werden. Jeder Abschnitt der Bremsemissionsprüfung ist wie folgt in einer gesonderten Registerkarte zu protokollieren:

a) Registerkarte 1 mit der Bezeichnung „Hintergrundüberprüfung vor der Prüfung“ enthält die Daten für die in diesem Absatz aufgeführten Parameter für die Hintergrundüberprüfung vor der Prüfung. Wenngleich die Vorlage dieselbe ist wie für andere Abschnitte der Bremsemissionsprüfung, kann sich die Prüfeinrichtung darauf beschränken, nur die einschlägigen Parameter zu protokollieren, die für die Berechnung der Hintergrundemissionen gemäß Absatz 7.2.2 vorgeschrieben sind.

b) Registerkarte 2 mit der Bezeichnung „Kühlung“ enthält die protokollierten Daten für die in diesem Absatz aufgeführten Parameter für den Abschnitt „Einstellung der Kühlung“. In dieser Registerkarte werden, wenn mehrere Iterationen von Fahrt 10 stattgefunden haben, nur Daten der erfolgreichen Iteration von Fahrt 10 protokolliert. Registerkarte 2 enthält 5 272 Zeilen mit Daten für die 5 272 Sekunden von Fahrt 10 während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“. Bei Hinterradbremsen sind die Daten der entsprechenden Kühleinstellung der Vorderradbremse einzutragen.

c) Die Registerkarten 3 bis 7 mit der Bezeichnung „Einfahren 1-5“ enthalten die protokollierten Daten für die in diesem Absatz aufgeführten Parameter für den Abschnitt „Einfahren“. Jede Registerkarte entspricht einer Wiederholung des WLTP-Bremszyklus. Die Registerkarten 3 bis 7 dürfen keine Daten aus den Abkühlabschnitten zwischen den einzelnen Fahrten des WLTP-Bremszyklus enthalten. Jede Registerkarte enthält 15 826 Zeilen mit Daten für die 15 826 Sekunden des WLTP-Bremszyklus. Die Registerkarten 3 bis 7 dürfen keine Daten aus den Abkühlabschnitten zwischen den 5 WLTP-Bremszyklen enthalten.

d) Registerkarte 8 mit der Bezeichnung „Emissionen“ enthält die protokollierten Daten für die in diesem Absatz aufgeführten Parameter für den Abschnitt „Messung der Bremsemissionen“. Registerkarte 8 darf keine Daten aus den Abkühlabschnitten zwischen den einzelnen Fahrten des WLTP-Bremszyklus enthalten. Registerkarte 8 enthält 15 826 Zeilen mit Daten für die 15 826 Sekunden des WLTP-Bremszyklus für den Abschnitt „Emissionsmessung“.

e) Registerkarte 9 mit der Bezeichnung „Hintergrundüberprüfung nach der Prüfung“ enthält die Daten für die in diesem Absatz aufgeführten Parameter für die Hintergrundüberprüfung nach der Prüfung. Wenngleich die Vorlage dieselbe ist wie für andere Abschnitte der Bremsemissionsprüfung, muss die Prüfeinrichtung nur die einschlägigen Parameter protokollieren, die für die Berechnung der Hintergrundemissionen gemäß Absatz 7.2.2 vorgeschrieben sind.

Die Prüfeinrichtung misst und/oder berechnet fortlaufend und automatisch die in Tabelle A4/10 aufgeführten Parameter. Alle Daten in der zeitbasierten Datei sind anhand der gemessenen Rohdaten zu berechnen. Einzelheiten zu den verwendeten Maßeinheiten, der Anzahl der Dezimalstellen und der Messfrequenz für die einzelnen Parameter sind in Tabelle A4/10 angegeben. „Messfrequenz“ im Zusammenhang mit dieser Regelung ist die Häufigkeit, mit der das Automatisierungssystem die verschiedenen Parameter misst und protokolliert. Wird die zeitbasierte Datei nicht wie oben beschrieben übermittelt, ist die Prüfung ungültig.

Unabhängig von der Messfrequenz sind die Parameter in der zeitbasierten Datei mit einer Frequenz von 1 Hz zu protokollieren. Daher werden die gemessenen Werte zur Berechnung der mit der Frequenz von 1 Hz protokollierten Werte gemittelt. Tabelle A4/10 enthält außerdem eine kurze Beschreibung der einzelnen Parameter und der im Text verwendeten Zeichen.

Tabelle A4/10

Vorgeschriebene Parameter für die Messung und Protokollierung in der zeitbasierten Datei einer Bremsemissionsprüfung

Messgröße	Zeichen	Einheit	Dezimal-stellen	Beschreibung	Messfre-quenz	Spalte in der Datei
Zeitstempel	-	s	0	Zeitstempel während der Bremsemissionsprüfung	10 Hz	A
Lineare Nenngeschwindigkeit	V_{set}	km/h	1	Lineare Nenngeschwindigkeit zum betreffenden Zeitpunkt, wie für den WLTP-Bremszyklus festgelegt. Sie wird nicht gemessen, sondern muss mit einer Frequenz von 1 Hz protokolliert werden.	N/A	B

Messgröße	Zeichen	Einheit	Dezimal-stellen	Beschreibung	Messfre-quenz	Spalte in der Datei
Tatsächliche lineare Geschwindig-keit	V	km/h	2	Tatsächliche lineare Geschwindigkeit, die vom Bremsenprüfstand zum betreffenden Zeitpunkt aufgezeichnet wurde	10 Hz	C
Gefahrene Strecke	d	km	3	Gesamtstrecke, die im Zyklus bis zum betreffenden Zeitpunkt gefahren wurde	10 Hz	D
Verzögerungs-wert	α	m/s^2	3	Vom Bremsenprüfstand zum betreffenden Zeitpunkt erfasste Verzögerung	10 Hz	E
Bremsmo-ment	τ_{brake}	N·m	1	Vom Bremsenprüfstand zum betreffenden Zeitpunkt erfasstes Bremsmoment	10 Hz	F
Bremsdruck	p_{brake}	kPa	1	Vom Bremsenprüfstand zum betreffenden Zeitpunkt erfasster Bremsdruck	10 Hz	G
Bremswirkung	μ oder C*	-	3	Zum betreffenden Zeitpunkt berechneter momentaner Reibungskoeffizient	10 Hz	H
Bremstempe-ratur	T_{brake}	°C	1	Bremsentemperatur zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	I
Sollwert für den Kühlluftstrom	Q_{set}	m^3/h	0	Soll- (Nenn-)Wert für den Kühlluftstrom für die betreffende Bremsemissionsprüfung. Er wird nicht gemessen, sondern muss mit einer Frequenz von 1 Hz protokolliert werden.	N/A	J
Tatsächlicher Kühlluftstrom	Q	m^3/h	2	Gemessener Kühlluftstrom zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	K
Normalisierter tatsächlicher Kühlluftstrom	NQ	Nm^3/h	2	Normalisierter Kühlluftstrom unter Standardbedingungen zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	L
Temperatur der Kühlluft	T	°C	1	Temperatur der Kühlluft zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	M
Relative Feuchtigkeit der Kühlluft	RH	%	1	Relative Feuchtigkeit der Kühlluft zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	N

Messgröße	Zeichen	Einheit	Dezimal-stellen	Beschreibung	Messfre-quenz	Spalte in der Datei
Spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft	SH	mg/g	1	Spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	O
Luftdruck der Kühlluft	P	kPa	1	Luftdruck der Kühlluft zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	P
Sollwert für $PM_{2,5}$-Probendurch-satz	$Q_{PM2.5\text{-}set}$	l/min	1	Soll- (Nenn-)$PM_{2,5}$-Probendurchsatz für die betreffende Bremsemissionsprüfung. Er wird nicht gemessen, sondern muss mit einer Frequenz von 1 Hz protokolliert werden.	N/A	Q
Tatsächlicher $PM_{2,5}$-Probendurch-satz	$Q_{PM2.5}$	l/min	2	Zum betreffenden Zeitpunkt gemessener $PM_{2,5}$-Probendurchsatz	10 Hz	R
Normalisierter tatsächlicher $PM_{2,5}$-Probendurch-satz	$NQ_{PM2.5}$	Nl/min	2	Normalisierter $PM_{2,5}$-Probendurchsatz unter Standardbedingungen zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	S
Sollwert für PM_{10}-Probendurch-satz	$Q_{PM10\text{-}set}$	l/min	1	Soll- (Nenn-)PM_{10}-Probendurchsatz für die betreffende Bremsemissionsprüfung. Er wird nicht gemessen, sondern muss mit einer Frequenz von 1 Hz protokolliert werden.	N/A	T
Tatsächlicher PM_{10}-Probendurch-satz	Q_{PM10}	l/min	2	Zum betreffenden Zeitpunkt gemessener PM_{10}-Probendurchsatz	10 Hz	U
Normalisierter tatsächlicher PM_{10}-Probendurch-satz	NQ_{PM10}	Nl/min	2	Normalisierter PM_{10}-Probendurchsatz unter Standardbedingungen zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	V
Reserviert						W
Reserviert						X
Reserviert						Y
Reserviert						Z
Sollwert für SPN10-Pro-bendurchsatz	$Q_{SPN10\text{-}set}$	l/min	1	Soll- (Nenn-) SPN10-Probendurchsatz für die betreffende Bremsemissionsprüfung. Er wird nicht gemessen, sondern muss mit einer Frequenz von 1 Hz protokolliert werden.	N/A	AA

Messgröße	Zeichen	Einheit	Dezimal-stellen	Beschreibung	Messfre-quenz	Spalte in der Datei
Normalisierter tatsächlicher SPN10-Pro-bendurchsatz	NQ_{SPN10}	Nl/min	2	Zum betreffenden Zeitpunkt gemessener und zu Standardbedingungen protokollierter SPN10-Probendurchsatz. Die Prüfstelle gibt an, ob die Messfrequenz von der Sollfrequenz abweicht.	10 Hz	AB
SPN10 – durchschnittli-cher PCRF	$f_{r\text{-}SPN10}$	-	1	Minderungsfaktor des arithmetischen Mittelwerts der Partikelkonzentration für die SPN10-Messung	10 Hz	AC
Normalisierte SPN10-Kon-zentration – PCRF-korrigiert	$SPN_{10\#}$	#/Ncm³	1	Vom Partikelzähler gemessene normalisierte SPN10-Konzentration unter Standardbedingungen, korrigiert um den PCRF zum betreffenden Zeitpunkt	10 Hz	AD

13.3. Masse-Messdatei

Die Prüfeinrichtung erstellt eine ODS-Masse-Messdatei für die gesamte Prüfung. Die Datei trägt die Bezeichnung „Test ID_MMF“ und enthält Angaben zur Wägung der Filter gemäß Absatz 12.1 sowie zur Wägung der Bremsenteile gemäß Absatz 12.3. Die PM-Massedaten sind in einer Registerkarte gemäß Tabelle A4/11 zu protokollieren. Angaben zu den Bezugsfiltern sind in einer anderen Registerkarte gemäß Tabelle A4/12 zu erfassen. Angaben zum Masseverlust der Bremsenteile sind in einer gesonderten Registerkarte gemäß Tabelle A4/13 zu erfassen.

13.3.1. PM-Messdaten

Die Prüfeinrichtung erfasst und berechnet die in Tabelle A4/11 aufgeführten Parameter für die Messung der PM-Masse. Einzelheiten zu den verwendeten Maßeinheiten und der Anzahl der Dezimalstellen jedes Parameters sind Tabelle A4/11 zu entnehmen. Darüber hinaus wird jeder Parameter kurz beschrieben. Die PM-Wägedaten sind in der Registerkarte „PM-Masse“ der Masse-Messdatei zu erfassen.

Tabelle A4/11

Vorgeschriebene Parameter für die Messung der PM-Masse und Erfassung der Werte in der zeitbasierten Datei einer Bremsemissionsprüfung

Messgröße	Einheit	Dezimalstel-len	Beschreibung	Spalte in der Datei
Prüfungskennung	-	N/A	Eindeutiger Code, der es der Prüfeinrichtung ermöglicht, die geprüfte Bremse zu identifizieren. Muss dem unter „Prüfungskennung“ angegebenen Code in Tabelle A4/14 entsprechen.	A
Filtermaterial	-	N/A	Gibt den Filtertyp an, der für die PM-Probenahme gemäß Absatz 12.1.3.2 verwendet wird.	B

Messgröße	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Spalte in der Datei
$PM_{2,5}$	-	N/A	Gibt an, dass sich die Eingabedaten auf die $PM_{2,5}$-Probenahme und -Messung beziehen	C
PM_{10}	-	N/A	Gibt an, dass sich die Eingabedaten auf die PM_{10}-Probenahme und -Messung beziehen	D
Datum der Wägung	JJJJ-MM-TT	N/A	Datum, an dem die Wägung des unbeladenen Filters erfolgt	E
Zeitpunkt der Wägung	hh:mm	N/A	Zeitpunkt, zu dem die Wägung des unbeladenen Filters erfolgt	F
Dauer der Stabilisierung vor der Wägung	hh:mm	N/A	Dauer der Stabilisierung des unbeladenen Filters vor der Wägung und der Verwendung für die Probenahme gemäß Absatz 12.1.4.	G
Zeitspanne zwischen Wägung und Prüfbeginn	hh:mm	N/A	Zeitspanne zwischen der Wägung des unbeladenen Filters und dem Beginn der Emissionsprüfung gemäß Absatz 12.1.4.	H
Unbeladen – Messung 1	mg	4	Gewicht des unbeladenen Filters, gemessen bei der ersten Wägung gemäß Absatz 12.1.4.	I
Unbeladen – Messung 2	mg	4	Gewicht des unbeladenen Filters, gemessen bei der zweiten Wägung gemäß Absatz 12.1.4.	J
Unbeladen – Messung 3 (falls notwendig)	mg	4	Gewicht des unbeladenen Filters, gemessen bei der dritten Wägung gemäß Absatz 12.1.4 (nur wenn die Abweichung zwischen den ersten beiden Messungen mehr als 10 µg beträgt)	K
Unbeladen – Messung 4 (falls notwendig)	mg	4	Gewicht des unbeladenen Filters, gemessen bei der vierten Wägung gemäß Absatz 12.1.4 (nur wenn die Abweichung zwischen den ersten beiden Messungen mehr als 10 µg beträgt)	L
Mittelwert unbeladen – korrigiert	mg	4	Das korrigierte durchschnittliche Gewicht des unbeladenen Filters nach Auftriebskorrektur gemäß Absatz 12.1.4 ($Pe_{(Corrected)}$)	M
Temperatur der Umgebungsluft	°C	2	Temperatur im Wägeraum – Protokollierung der Durchschnittstemperatur im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung	N

Messgröße	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Spalte in der Datei
Relative Feuchtigkeit der Umgebungsluft	%	2	Relative Feuchtigkeit im Wägeraum – Protokollierung der durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung	O
Datum der Wägung	JJJJ-MM-TT	N/A	Datum, an dem die Wägung des beladenen Filters erfolgt	P
Zeitpunkt der Wägung	hh:mm	N/A	Zeitpunkt, zu dem die Wägung des beladenen Filters erfolgt	Q
Dauer der Stabilisierung vor der Wägung	hh:mm	N/A	Dauer der Stabilisierung des beladenen Filters nach der Probenahme und vor der Wägung gemäß Absatz 12.1.4	R
Zeitspanne zwischen Prüfungsende und Wägung	hh:mm	N/A	Zeitspanne zwischen dem Ende der Emissionsprüfungen und der Wägung des beladenen Filters gemäß Absatz 12.1.4	S
Beladen – Messung 1	mg	4	Gewicht des beladenen Filters, gemessen bei der ersten Wägung gemäß Absatz 12.1.4	T
Beladen – Messung 2	mg	4	Gewicht des beladenen Filters, gemessen bei der zweiten Wägung gemäß Absatz 12.1.4	U
Beladen – Messung 3 (falls notwendig)	mg	4	Gewicht des beladenen Filters, gemessen bei der dritten Wägung gemäß Absatz 12.1.4 (nur wenn die Abweichung zwischen den ersten beiden Messungen mehr als 10 µg beträgt)	V
Beladen – Messung 4 (falls notwendig)	mg	4	Gewicht des beladenen Filters, gemessen bei der vierten Wägung gemäß Absatz 12.1.4 (nur wenn die Abweichung zwischen den ersten beiden Messungen mehr als 10 µg beträgt)	W
Mittelwert beladen – korrigiert	mg	4	Das korrigierte durchschnittliche Gewicht des beladenen Filters nach Auftriebskorrektur gemäß Absatz 12.1.4 ($Pe_{(Corrected)}$)	X
Temperatur der Umgebungsluft	°C	2	Temperatur im Wägeraum – Protokollierung der Durchschnittstemperatur im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung	Y
Relative Feuchtigkeit der Umgebungsluft	%	2	Relative Feuchtigkeit im Wägeraum – Protokollierung der durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung	Z

Messgröße	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Spalte in der Datei
Masse beladen	mg	4	$Pe_{(2,5)}$ und $Pe_{(10)}$: Differenz zwischen dem mittleren korrigierten Wert des beladenen und des unbeladenen Filters – der Wert in Spalte M ist von dem Wert in Spalte X abzuziehen	AA

13.3.2. Daten zu Bezugsfiltern

Die Prüfeinrichtung erfasst die Parameter für die Bezugsfilter, die für die Messung der PM-Masse einer bestimmten Bremse verwendet werden. Einzelheiten zu den Parametern, den verwendeten Maßeinheiten und der Anzahl der Dezimalstellen für die einzelnen Parameter sind in Tabelle A4/12 angegeben. Die Daten zu den Bezugsfiltern sind in der Registerkarte „Bezugsfilter“ der Masse-Messdatei zu erfassen.

Tabelle A4/12

Vorgeschriebene Parameter für die zur Messung der PM-Masse verwendeten Bezugsfilter und Erfassung der Werte in der Masse-Messdatei einer Bremsemissionsprüfung

Messgröße	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Spalte in der Datei
Prüfungskennung	-	N/A	Ein eindeutiger Code, der es der Prüfeinrichtung ermöglicht, die geprüfte Bremse zu identifizieren – muss dem unter „Prüfungskennung“ angegebenen Code in Tabelle A4/14 entsprechen	A
Filtermaterial	-	N/A	Typ des Filters, der als Bezugsfilter gemäß Absatz 12.1.4 verwendet wird – muss mit dem bei der Emissionsprüfung verwendeten Filtertyp identisch sein	B
Datum der Wägung	JJJJ-MM-TT	N/A	Datum, an dem die Wägung der Bezugsfilter erfolgt. Bei Bezugsfiltern, die nicht regelmäßig gewogen werden, ist das Datum anzugeben, an dem die erste Wägung des Filters erfolgt.	C
Zeitpunkt der Wägung	hh:mm	N/A	Zeitpunkt, zu dem die Wägung des Bezugsfilters erfolgt. Bei Bezugsfiltern, die nicht regelmäßig gewogen werden, ist der Zeitpunkt der ersten Wägung des Filters anzugeben.	D
Gewicht des ersten Bezugsfilters	mg	4	Korrigiertes Gewicht des ersten Bezugsfilters, gemessen binnen 12 Stunden nach Wägung der Probe oder zu Beginn des Wägevorgangs gemäß Absatz 12.1.4	E
Fortlaufender Durchschnitt des ersten Bezugsfilters	mg	4	Fortlaufender Durchschnitt der spezifischen Gewichte des ersten Bezugsfilters nach seiner Aufstellung im Wägeraum gemäß Absatz 12.1.4	F

Messgröße	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Spalte in der Datei
Gewicht des zweiten Bezugsfilters	mg	4	Korrigiertes Gewicht des zweiten Bezugsfilters, gemessen binnen 12 Stunden nach Wägung der Probe oder zu Beginn des Wägevorgangs gemäß Absatz 12.1.4	G
Fortlaufender Durchschnitt des zweiten Bezugsfilters	mg	4	Fortlaufender Durchschnitt der spezifischen Gewichte des zweiten Bezugsfilters nach seiner Aufstellung im Wägeraum gemäß Absatz 12.1.4	H
Durchschnittliche Differenz in Bezug auf den fortlaufenden Durchschnitt	mg	4	Durchschnittliche Differenz zwischen den Gewichten der Bezugsfilter und dem fortlaufenden Durchschnitt. Zur Berechnung der durchschnittlichen Differenz sind die in den Spalten E, F, G und H angegebenen Gewichte zu verwenden. Bei Bezugsfiltern, die nicht regelmäßig gewogen werden, entspricht dieser Messwert der Differenz zwischen der Wägung vor der Prüfung und dem fortlaufenden Durchschnitt gemäß Absatz 12.1.4 Ziffer iii.	I
Temperatur der Umgebungsluft vor dem Wägevorgang	°C	2	Temperatur im Wägeraum – Durchschnittstemperatur im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung	J
Relative Feuchtigkeit der Umgebungsluft vor dem Wägevorgang	%	2	Relative Feuchtigkeit im Wägeraum – durchschnittliche relative Feuchtigkeit im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung	K
Enddatum des Wägevorgangs	JJJJ-MM-TT	N/A	Datum, an dem die letzte Wägung des Bezugsfilters erfolgt, wenn dieser nicht regelmäßig gewogen wird. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	L
Endzeitpunkt des Wägevorgangs	hh:mm	N/A	Zeitpunkt, zu dem die letzte Wägung des Bezugsfilters erfolgt, wenn dieser nicht regelmäßig gewogen wird. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	M
Gewicht des ersten Bezugsfilters am Ende des Wägevorgangs	mg	4	Korrigiertes Gewicht des ersten Bezugsfilters, gemessen am Ende des Wägevorgangs gemäß Absatz 12.1.4. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	N

Messgröße	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Spalte in der Datei
Gewicht des zweiten Bezugsfilters am Ende des Wägevorgangs	mg	4	Korrigiertes Gewicht des zweiten Bezugsfilters, gemessen am Ende des Wägevorgangs gemäß Absatz 12.1.4. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	O
Durchschnittliche Differenz in Bezug auf den fortlaufenden Durchschnitt am Ende des Wägevorgangs	mg	4	Durchschnittliche Differenz zwischen den Gewichten des Bezugsfilters und dem fortlaufenden Durchschnitt am Ende des Wägevorgangs bei Bezugsfiltern, die nicht regelmäßig gewogen werden. Zur Berechnung der durchschnittlichen Differenz sind die in den Spalten O, F, P und H angegebenen Gewichte zu verwenden. Dieser Messwert entspricht der Differenz zwischen der Wägung nach der Prüfung und dem fortlaufenden Durchschnitt gemäß Absatz 12.1.4 Buchstabe iii. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	P
Durchschnittliche Differenz zwischen erster und letzter Messung	mg	4	Durchschnittliche Differenz zwischen der ersten und letzten Wägung der Bezugsfilter bei Bezugsfiltern, die nicht regelmäßig gewogen werden. Zur Berechnung der durchschnittlichen Differenz sind die in den Spalten E, N, G und O angegebenen Gewichte zu verwenden. Dieser Messwert entspricht der Differenz zwischen der Wägung vor und nach der Prüfung gemäß Absatz 12.1.4 Buchstabe iv. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	Q
Temperatur der Umgebungsluft am Ende des Wägevorgangs	°C	2	Temperatur im Wägeraum – Durchschnittstemperatur im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	R
Relative Feuchtigkeit der Umgebungsluft am Ende des Wägevorgangs	%	2	Relative Feuchtigkeit im Wägeraum – durchschnittliche relative Feuchtigkeit im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	S

13.3.3. Messdaten für Masseverlust

Die Prüfeinrichtung erfasst die Parameter für den Gesamtmasseverlust der geprüften Bremse in einer eigenen Registerkarte gemäß Absatz 12.3. Einzelheiten zu den Parametern, den verwendeten Maßeinheiten und der Anzahl der Dezimalstellen für die einzelnen Parameter sind in Tabelle A4/13 angegeben. Die Messdaten für Masseverlust sind in der Registerkarte „Masseverlust“ der Masse-Messdatei zu erfassen.

Tabelle A4/13

Vorgeschriebene Parameter für den Gesamtmasseverlust und Erfassung der Werte in der Masse-Messdatei einer Bremsemissionsprüfung

Messgröße	Einheit	Dezimalstellen	Beschreibung	Spalte in der Datei
Prüfungskennung	-	N/A	Ein eindeutiger Code, der es der Prüfeinrichtung ermöglicht, die geprüfte Bremse zu identifizieren – muss dem unter „Prüfungskennung“ angegebenen Code in Tabelle A4/14 entsprechen	A
Scheibenbremse	-	N/A	Gibt an, dass die geprüfte Bremse aus einer Bremsscheibe und einem Paar Bremsklötze besteht.	B
Trommelbremse	-	N/A	Gibt an, dass die geprüfte Bremse aus einer Trommel und einem Paar Bremsbacken besteht.	C
Temperatur der Umgebungsluft vor dem Wägevorgang	°C	2	Temperatur im Wägeraum – Durchschnittstemperatur im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung	D
Relative Feuchtigkeit der Umgebungsluft vor dem Wägevorgang	%	2	Relative Feuchtigkeit im Wägeraum – durchschnittliche relative Feuchtigkeit im Raum in der letzten Stunde vor der Wägung	E
Anfängliche Wägungen des inneren Bremsklotzes/der führenden Bremsbacke	g	1	Gewicht des inneren Bremsklotzes bzw. der führenden Bremsbacke vor Beginn des Abschnitts „Einfahren“ – die führende Bremsbacke ist die erste Bremsbacke, die in Drehrichtung des Rads nach dem Radzylinder verbaut ist	F
Anfängliche Wägungen des äußeren Bremsklotzes/der nachführenden Bremsbacke	g	1	Gewicht des äußeren Bremsklotzes bzw. der nachführenden Bremsbacke vor Beginn des Abschnitts „Einfahren“ – die nachführende Bremsbacke ist die Bremsbacke, die in Drehrichtung des Rads hinter dem Radzylinder verbaut ist	G
Anfängliche Wägungen der Scheibe/Trommel	g	1	Gewicht der Scheibe oder Trommel vor Beginn des Abschnitts „Einfahren“	H
Abschließende Wägungen des inneren Bremsklotzes/der führenden Bremsbacke	g	1	Gewicht des inneren Bremsklotzes bzw. der führenden Bremsbacke am Ende des Abschnitts „Emissionsmessung“	I
Abschließende Wägungen des äußeren Bremsklotzes/der nachführenden Bremsbacke	g	1	Gewicht des äußeren Bremsklotzes bzw. der nachführenden Bremsbacke am Ende des Abschnitts „Emissionsmessung“	J
Abschließende Wägungen der Scheibe/Trommel	g	1	Gewicht der Scheibe oder Trommel nach Ende des Abschnitts „Emissionsmessung“	K

Messgröße	Einheit	Dezimalstel-len	Beschreibung	Spalte in der Datei
Masseverlust des inneren Bremsklotzes/der führenden Bremsbacke	g	1	Differenz zwischen dem Gewichtswert des inneren Bremsklotzes bzw. der führenden Bremsbacke – der Wert in Spalte F ist von dem Wert in Spalte I abzuziehen	L
Masseverlust des äußeren Bremsklotzes/der nachführenden Bremsbacke	g	1	Differenz zwischen dem Gewichtswert des äußeren Bremsklotzes bzw. der nachführenden Bremsbacke – der Wert in Spalte G ist von dem Wert in Spalte J abzuziehen	M
Masseverlust der Scheibe/Trommel	g	1	Differenz zwischen dem Gewichtswert der Scheibe oder Trommel – der Wert in Spalte H ist von dem Wert in Spalte K abzuziehen	N
Gesamtmasseverlust	g	1	Gesamtmasseverlust der Bremseinheit – die Werte in den Spalten L, M und N sind zu addieren	O
Gesamtstrecke	km	3	Während der Abschnitte „Einfahren“ und „Emissionsmessung“ zurückgelegte Gesamtstrecke	P
Gemittelte Masseverlustrate	mg/km	2	Gemittelte Masseverlustrate der Bremseinheit – die Werte in den Spalten O/Q sind zu dividieren	Q

13.4. Prüfberichtsdatei

Die Prüfeinrichtung erstellt einen eindeutigen, vollständigen und rückverfolgbaren Datensatz als Eingabedatei für die Erstellung des Prüfberichts für die geprüfte Bremse. Tabelle A4/14 enthält alle erforderlichen Angaben, die in den Bericht aufzunehmen sind. Alle Daten in der Prüfberichtsdatei werden direkt unter Verwendung der gemessenen Rohdaten berechnet. Numerische Daten sind als solche und nicht als Ungleichungen zu erfassen. Alle Angaben in dem Bericht müssen sich auf die spezifische Bremse beziehen. Die Prüfeinrichtung übermittelt den Bericht im *.pdf- oder in einem gleichwertigen Format. Jeder Index (1, 2, 3, …), der in der ersten Spalte (Nr.) der Tabelle A4/14 aufgeführt ist, entspricht einer Zeile im Bericht, und die Buchstaben (a, b, c, …) entsprechen den einzelnen Spalten in der entsprechenden Zeile.

Tabelle A4/14

Prüfparameter, die nach einer Prüfung der Bremspartikelemissionen zu erfassen sind

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
1	8.1.	Prüfkennung der Bremsemissionsprüfung	Ein eindeutiger Code, den die Prüfeinrichtung der Bremsemissionsprüfung für die geprüfte Bremse zuweist – dieser Wert wird in allen Ausgabedateien verwendet	-	N/A
2	8.1.	Fabrikmarke und Modell des Fahrzeugs	Angabe der Fabrikmarke und des Modells des Fahrzeugs, an dem die geprüfte Bremse angebracht ist	-	N/A
3	3.7.	Fahrzeug-Elektrifizierungstyp	Angabe des Elektrifizierungstyps des Fahrzeugs, an dem die geprüfte Bremse angebracht ist	-	N/A

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
4	5.2.	Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung	Angabe des Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung des Fahrzeugs, an dem die geprüfte Bremse angebracht ist	-	3
5	8.1.	Achse (vorne oder hinten)	Angabe der Position der Achse an dem Fahrzeug, dessen Bremse geprüft wird (Vorderachse (FA) oder Hinterachse (RA))	-	N/A
6	8.1.	Ausrichtung der Bremse (Einbauposition im Fahrzeug)	Angabe der Position der geprüften Bremse am Fahrzeug: rechte Ecke (RHC) oder linke Ecke (LHC)	-	N/A
7	8.1.	Prüfmasse des Fahrzeugs	Angabe der auf dem Bremsenprüfstand simulierten Fahrzeugmasse in allen Abschnitten der Bremsemissionsprüfung (M_{veh}). Bei Nicht-Reibungsbremsung ist die bei der Bremsemissionsprüfung aufgebrachte M_{veh} des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie anzugeben.	kg	0
8	8.1.	Bremskraftverteilung	Angabe des Verhältnisses der Bremskraft an der geprüften Achse zur Gesamtbremskraft des Fahrzeug (FAF oder RAF). Bei Nicht-Reibungsbremsung ist die während der Bremsemissionsprüfung aufgebrachte FAF oder RAF für den Stamm der Bremsecken-Emissionsfamilie anzugeben.	%	0
9	8.4.1.	Art der Aufnahme	Angabe der Art der Aufnahme der Bremseinheit (L0-U oder L0-P)	-	N/A
10	8.1.	Kenncode der Scheibe oder Trommel	Angabe des vom Bremsenhersteller auf der Bremsscheibe/Bremstrommel angebrachten Codes	-	N/A
11	8.1.	Kenncode des Reibmaterials	Angabe des vom Reibmaterialhersteller der Bremsklötze/Bremsbacken angebrachten Codes	-	N/A
12	8.1.	Nennradlast	Berechnung und Angabe der Nennradlast der geprüften Bremse (WL_{n-f} oder WL_{n-r}) nach Gleichung 8.1. Bei Nicht-Reibungsbremsung sind für die Berechnung und Angabe der Nennradlast die Parameter des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie zu verwenden.	kg	1
13	8.1.	Prüf- (oder aufgebrachte) Radlast	Berechnung und Angabe der auf dem Bremsenprüfstand aufgebrachten Prüfradlast (WL_{t-f} oder WL_{t-r}) nach Gleichung 8.2. Bei Nicht-Reibungsbremsung sind für die Berechnung und Angabe der Prüfradlast die Parameter des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie zu verwenden.	kg	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
14	8.1.	Dynamischer Reifenrollradius	Angabe des dynamischen Reifenrollradius an der geprüften Bremse (r_R)	mm	0
15	8.1.	Wirksamer Radius der Bremse	Angabe des wirksamen Radius der geprüften Bremse (r_{eff})	mm	1
16	8.1.	Nennträgheitsmoment der Bremse	Berechnung und Angabe des Nennträgheitsmoments der geprüften Bremse (I_n) nach Gleichung 8.3. Bei Nicht-Reibungsbremsung sind für die Berechnung und Angabe des Nennträgheitsmoments die Parameter des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie zu verwenden.	$kg \cdot m^2$	1
17	8.1.	Prüf- (oder aufgebrachtes) Trägheitsmoment der Bremse	Berechnung und Angabe des während der Prüfung auf dem Bremsenprüfstand aufgebrachten Trägheitsmoments (I_t) nach Gleichung 8.4. Bei Nicht-Reibungsbremsung sind für die Berechnung und Angabe des während der Prüfung auf dem Bremsenprüfstand aufgebrachten Trägheitsmoments die Parameter des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie zu verwenden.	$kg \cdot m^2$	1
18	8.1.	Außendurchmesser der Scheibe/Trommel	Angabe des Außendurchmessers der geprüften Bremse	mm	1
19	8.1.	Masse der Scheibe	Angabe der tatsächlichen Masse der unbenutzten Bremsscheibe für die Zuordnung der Bremse zu einer durch Nennvorderradlast und Masse der Scheibe definierten Gruppe	kg	4
20	8.1.	Anzahl der Kolben pro Seite	Angabe der Anzahl der Kolben auf einer Seite des Bremssattels	-	0
21	8.1.	Mittlerer (oder hydraulischer) Kolbendurchmesser	Angabe des Durchmessers des Kolbens der geprüften Bremse nach Gleichung 8.5	mm	2
22	8.1.	Anzugsdrehmoment für Bremssattel	Anzugsdrehmoment für die Befestigung des Bremssattels gemäß den Angaben des Bremsenherstellers	N·m	1
23	8.1.	Anzugsdrehmoment für Scheibe oder Trommel	Anzugsdrehmoment für die Befestigung der Scheibe/Trommel gemäß den Angaben des Bremsenherstellers	N·m	1
24	8.1.	Wirkungsgrad des Bremssattels oder der Bremstrommel	Angabe des Wirkungsgrads zur Berücksichtigung von Reibungsverlusten, Kolbenweg usw.	%	0
25	8.1.	Schwellendruck	Angabe des Mindestdrucks zur Überwindung des inneren Widerstands vor Einsetzen des Bremsmoments gemäß Absatz 3.1.19 dieser Regelung.	kPa	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
26	8.1.	Seitenschlag-Istwert	Angabe des gemessenen Seitenschlags gemäß Absatz 8.2 Buchstabe g	µm	0
27	7.2.	Mindest-Betriebsdurchsatz des Systems	Angabe des Mindest-Kühlluftstroms, den das System der Prüfeinrichtung erreichen kann, während alle in dieser Regelung festgelegten einschlägigen Anforderungen an die Klimatisierung und Messung der Kühlluft erfüllt werden	m^3/h	0
28	7.2.	Maximaler Betriebsdurchsatz des Systems	Angabe des maximalen Kühlluftstroms, den das System der Prüfeinrichtung erreichen kann, während alle in dieser Regelung festgelegten einschlägigen Anforderungen an die Klimatisierung und Messung der Kühlluft erfüllt werden	m^3/h	0
29	7.2.1.1.	Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft – Abschnitt „Einstellung der Kühlung“	Berechnung und Angabe der durchschnittlichen Temperatur der Kühlluft, die während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ gemessen wurde. Zur Berechnung des Durchschnitts während Fahrt 10 sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Temperatur der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	°C	2
30	7.2.1.1.	Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft – Abschnitt „Einfahren“	Berechnung und Angabe der während des Abschnitts „Einfahren“ gemessenen durchschnittlichen Temperatur der Kühlluft. Angabe der durchschnittlichen Temperatur der Kühlluft für alle fünf WLTP-Bremszyklen. Zur Berechnung der Durchschnittswerte während der 5 WLTP-Bremszyklen sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Temperatur der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	°C	2
a	7.2.1.1.	Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft	Einfahrzyklus 1	°C	2
b	7.2.1.1.	Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft	Einfahrzyklus 2	°C	2
c	7.2.1.1.	Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft	Einfahrzyklus 3	°C	2
d	7.2.1.1.	Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft	Einfahrzyklus 4	°C	2
e	7.2.1.1.	Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft	Einfahrzyklus 5	°C	2

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
31	7.2.1.1.	Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft – Abschnitt „Emissionsmessung“	Berechnung und Angabe der während des Abschnitts „Emissionsmessung“ gemessenen durchschnittlichen Temperatur der Kühlluft. Zur Berechnung des Durchschnitts während des WLTP-Bremszyklus sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Temperatur der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	°C	2
32	7.2.1.1.	Durchschnittliche Temperatur der Kühlluft – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Teile der Prüfung den in dieser Regelung festgelegten Spezifikationen für die durchschnittliche Temperatur der Kühlluft entsprechen	J/N	N/A
33	7.2.1.1.	Abweichungen in Bezug auf die momentane Lufttemperatur – Abschnitt „Einstellung der Kühlung“	Berechnung und Angabe des Prozentsatzes der Messwerte für die momentane Temperatur der Kühlluft (1 Hz) mit einem Wert unter 18 °C oder über 28 °C während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“. Zur Berechnung der Anzahl der Ereignisse und ihres Prozentsatzes während Fahrt 10 sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Temperatur der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	%	1
34	7.2.1.1.	Abweichungen in Bezug auf die momentane Lufttemperatur – Abschnitt „Einfahren“	Berechnung und Angabe des Prozentsatzes der Messwerte für die momentane Temperatur der Kühlluft (1 Hz) mit einem Wert unter 18 °C oder über 28 °C während des Abschnitts „Einfahren“. Der Prozentsatz ist für die fünf WLTP-Bremszyklen getrennt anzugeben. Zur Berechnung der Anzahl der Ereignisse und ihres Prozentsatzes während der fünf WLTP-Bremszyklen sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Temperatur der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	%	1
a	7.2.1.1.	Abweichungen in Bezug auf die momentane Lufttemperatur	Einfahrzyklus 1	%	1
b	7.2.1.1.	Abweichungen in Bezug auf die momentane Lufttemperatur	Einfahrzyklus 2	%	1
c	7.2.1.1.	Abweichungen in Bezug auf die momentane Lufttemperatur	Einfahrzyklus 3	%	1
d	7.2.1.1.	Abweichungen in Bezug auf die momentane Lufttemperatur	Einfahrzyklus 4	%	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
e	7.2.1.1.	Abweichungen in Bezug auf die momentane Lufttemperatur	Einfahrzyklus 5	%	1
35	7.2.1.1.	Abweichungen in Bezug auf die momentane Lufttemperatur – Abschnitt „Emissionsmessung“	Berechnung und Angabe des Prozentsatzes der Messwerte für die momentane Temperatur der Kühlluft (1 Hz) mit einem Wert unter 18 °C oder über 28 °C während des Abschnitts „Emissionsmessung“. Zur Berechnung der Anzahl der Ereignisse und ihres Prozentsatzes während des WLTP-Bremszyklus sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Temperatur der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	%	1
36	7.2.1.1.	Momentane Temperatur der Kühlluft – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Teile der Prüfung den in dieser Regelung festgelegten Spezifikationen für die momentane Temperatur der Kühlluft entsprechen	J/N	N/A
37	7.2.1.2.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft – Abschnitt „Einstellung der Kühlung“	Berechnung und Angabe der durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit der Kühlluft, die während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ gemessen wurde. Zur Berechnung des Durchschnitts während Fahrt 10 sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „relative Feuchtigkeit der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	%	2
38	7.2.1.2.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft – Abschnitt „Einfahren“	Berechnung und Angabe der während des Abschnitts „Einfahren“ gemessenen durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit der Kühlluft. Angabe der durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit der Kühlluft für alle fünf WLTP-Bremszyklen. Zur Berechnung der Durchschnittswerte während der 5 WLTP-Bremszyklen sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „relative Feuchtigkeit der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	%	2
a	7.2.1.2.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 1	%	2
b	7.2.1.2.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 2	%	2
c	7.2.1.2.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 3	%	2
d	7.2.1.2.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 4	%	2

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
e	7.2.1.2.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 5	%	2
39	7.2.1.2.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft – Abschnitt „Emissionsmessung“	Berechnung und Angabe der während des Abschnitts „Emissionsmessung“ gemessenen durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit der Kühlluft. Zur Berechnung des Durchschnitts während des WLTP-Bremszyklus sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „relative Feuchtigkeit der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	%	2
40	7.2.1.2.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Teile der Prüfung den in dieser Regelung festgelegten Spezifikationen für die durchschnittliche relative Feuchtigkeit der Kühlluft entsprechen	J/N	N/A
41	7.2.1.2.	Abweichungen in Bezug auf die momentane relative Feuchtigkeit – Abschnitt „Einstellung der Kühlung“	Berechnung und Angabe des Prozentsatzes der Messwerte für die relative Feuchtigkeit der Kühlluft (1 Hz) mit einem Wert unter 20 % oder über 80 % während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“. Zur Berechnung der Anzahl der Ereignisse und ihres Prozentsatzes während Fahrt 10 sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „relative Feuchtigkeit der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	%	1
42	7.2.1.2.	Abweichungen in Bezug auf die momentane relative Feuchtigkeit – Abschnitt „Einfahren“	Berechnung und Angabe des Prozentsatzes der Messwerte für die relative Feuchtigkeit der Kühlluft (1 Hz) mit einem Wert unter 20 % oder über 80 % während des Abschnitts „Einfahren“. Der Prozentsatz ist für die fünf WLTP-Bremszyklen getrennt anzugeben. Zur Berechnung der Anzahl der Ereignisse und ihres Prozentsatzes während der fünf WLTP-Bremszyklen sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „relative Feuchtigkeit der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	%	1
a	7.2.1.2.	Abweichungen in Bezug auf die momentane relative Feuchtigkeit	Einfahrzyklus 1	%	1
b	7.2.1.2.	Abweichungen in Bezug auf die momentane relative Feuchtigkeit	Einfahrzyklus 2	%	1
c	7.2.1.2.	Abweichungen in Bezug auf die momentane relative Feuchtigkeit	Einfahrzyklus 3	%	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
d	7.2.1.2.	Abweichungen in Bezug auf die momentane relative Feuchtigkeit	Einfahrzyklus 4	%	1
e	7.2.1.2.	Abweichungen in Bezug auf die momentane relative Feuchtigkeit	Einfahrzyklus 5	%	1
43	7.2.1.2.	Abweichungen in Bezug auf die momentane relative Feuchtigkeit – Abschnitt „Emissionsmessung“	Berechnung und Angabe des Prozentsatzes der Messwerte für die relative Feuchtigkeit der Kühlluft (1 Hz) mit einem Wert unter 20 % oder über 80 % während des Abschnitts „Emissionsmessung“. Zur Berechnung des Durchschnitts während des WLTP-Bremszyklus sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „relative Feuchtigkeit der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	%	1
44	7.2.1.2.	Momentane relative Feuchtigkeit der Kühlluft – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Teile der Prüfung den in dieser Regelung festgelegten Spezifikationen für die momentane relative Feuchtigkeit der Kühlluft entsprechen	J/N	N/A
45	7.2.1.2.	Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft – Abschnitt „Einstellung der Kühlung“	Berechnung und Angabe der durchschnittlichen spezifischen Feuchtigkeit der Kühlluft, die während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ gemessen wurde. Zur Berechnung des Durchschnitts während Fahrt 10 sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	mg H_20/g Trocken-luft	2
46	7.2.1.2.	Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft – Abschnitt „Einfahren“	Berechnung und Angabe der während des Abschnitts „Einfahren“ gemessenen durchschnittlichen spezifischen Feuchtigkeit der Kühlluft. Angabe der durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit der Kühlluft für alle fünf WLTP-Bremszyklen. Zur Berechnung der Durchschnittswerte während der 5 WLTP-Bremszyklen sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	mg H_20/g Trocken-luft	2
a	7.2.1.2.	Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 1	mg H_20/g Trocken-luft	2
b	7.2.1.2.	Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 2	mg H_20/g Trocken-luft	2

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
c	7.2.1.2.	Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 3	mg H_20/g Trocken-luft	2
d	7.2.1.2.	Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 4	mg H_20/g Trocken-luft	2
e	7.2.1.2.	Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft	Einfahrzyklus 5	mg H_20/g Trocken-luft	2
47	7.2.1.2.	Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft – Abschnitt „Emissionsmessung“	Berechnung und Angabe der während des Abschnitts „Emissionsmessung“ gemessenen durchschnittlichen spezifischen Feuchtigkeit der Kühlluft. Zur Berechnung des Durchschnitts während des WLTP-Bremszyklus sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	mg H_20/g Trocken-luft	2
48	7.2.1.2.	Durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Teile der Prüfung den in dieser Regelung festgelegten Spezifikationen für die durchschnittliche spezifische Feuchtigkeit der Kühlluft entsprechen	J/N	N/A
49	7.2.2.1.	Filterung der Kühlluft – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die in das System einströmende Kühlluft den in dieser Regelung festgelegten Spezifikationen für die Filterung entspricht	J/N	N/A
50		Reserviert			
51	7.2.2.2.1.	Hintergrundüberprüfung des Systems – SPN10 bei Mindest-Betriebsdurchsatz	Angabe der mit dem Mindest-Betriebsdurchsatz gemessenen SPN10-Hintergrundkonzentration der Prüfanordnung	#/Ncm^3	1
52		Reserviert			
53	7.2.2.2.1.	Hintergrundüberprüfung des Systems – SPN10 bei maximalem Betriebsdurchsatz	Angabe der mit dem maximalen Betriebsdurchsatz gemessenen SPN10-Hintergrundkonzentration der Prüfanordnung	#/Ncm^3	1
54	7.2.2.2.3.	Hintergrundüberprüfung des Systems – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die bei verschiedenen Durchsätzen gemessene SPN10-Hintergrundkonzentration unter dem in Absatz 7.2.2.2.3 Buchstabe c festgelegten zulässigen Höchstwert liegt	J/N	N/A
55		Reserviert			
56	7.2.2.2.2.	Hintergrundüberprüfung auf Prüfebene – PCRF-Einstellung für SPN10	Angabe des bescheinigten Werts der PCRF-Einstellung für die SPN10-Hintergrundüberprüfung vor und nach der Prüfung	-	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
57		Reserviert			
58	7.2.2.2.2.	Hintergrund vor der Prüfung – SPN10-Konzentration	Berechnung und Angabe der während der Hintergrundüberprüfung vor der Prüfung gemessenen SPN10-Hintergrundkonzentration ($SPN10_{b\#}$). Zur Berechnung des Durchschnitts über einen Zeitraum von 5 Minuten gemäß Abschnitt 7.2.2.2.2. Buchstabe d sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Normalisierte SPN10-Konzentration – PCRF-korrigiert“ in der zeitbasierten Datei (Hintergrund vor der Prüfung) zu verwenden.	#/Ncm³	1
59		Reserviert			
60	7.2.2.2.2.	Hintergrund nach der Prüfung – SPN10-Konzentration	Berechnung und Angabe der während der Hintergrundüberprüfung nach der Prüfung gemessene SPN10-Hintergrundkonzentration ($SPN10_{b\#}$). Zur Berechnung des Durchschnitts über einen Zeitraum von 5 Minuten gemäß Abschnitt 7.2.2.2.2. Buchstabe h sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Normalisierte SPN10-Konzentration – PCRF-korrigiert“ in der zeitbasierten Datei (Hintergrund nach der Prüfung) zu verwenden.	#/Ncm³	1
61	7.2.2.2.3.	Hintergrundüberprüfung auf Prüfebene – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die bei dem für die geprüfte Bremse eingestellten Durchsatz gemessene SPN10-Hintergrundkonzentration unter dem in Absatz 7.2.2.2.3 Buchstabe c festgelegten zulässigen Höchstwert liegt	J/N	N/A
62		Reserviert			
63	7.2.2.2.4.	Hintergrund vor der Prüfung – SPN10-Anzahl pro Strecke	Berechnung und Angabe des während der Hintergrundüberprüfung vor der Prüfung gemessenen SPN10-Hintergrunds in Anzahl pro zurückgelegter Strecke nach Gleichung 7.2	#/km	1
64		Reserviert			
65	7.2.2.2.4.	Hintergrund nach der Prüfung – SPN10-Anzahl pro Strecke	Berechnung und Angabe des während der Hintergrundüberprüfung nach der Prüfung gemessenen SPN10-Hintergrunds in Anzahl pro zurückgelegter Strecke nach Gleichung 7.2	#/km	1
66	7.2.3.	Luftstrom-Messgerät – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob das Luftstrom-Messelement allen in Absatz 7.2.3 Buchstaben a bis h festgelegten Anforderungen entspricht	J/N	N/A
67	7.2.3.	Kühlluftstrom – Nenn- (oder Soll-)Wert	Angabe des Nenn- (oder Soll-)Werts für den Kühlluftstrom für die geprüfte Bremse (Q_{set})	m³/h	0

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
68	7.2.3.	Kühlluftstrom – Nenn- (oder Soll-)Wert	Kontrolle, ob für alle Abschnitte der Bremsemissionsprüfung derselbe Nenn-Kühlluftstrom verwendet wurde	J/N	N/A
69	7.2.3.	Kühlluftstrom – Durchschnittswert (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe des durchschnittlichen gemessenen Kühlluftstroms während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“. Zur Berechnung des Durchschnitts während Fahrt 10 sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Tatsächlicher Kühlluftstrom“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden. Bei mehreren Iterationen des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ ist nur die Iteration anzugeben, die zur Bestimmung von Q_{set} geführt hat.	m^3/h	2
70	7.2.3.	Kühlluftstrom – Differenz zum Nenndurchsatz (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe der prozentualen Differenz zwischen dem durchschnittlichen gemessenen Kühlluftstrom und dem Nenn-Kühlluftstrom während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“	%	1
71	7.2.3.	Kühlluftstrom – durchschnittlicher normalisierter Wert (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe des durchschnittlichen normalisierten gemessenen Kühlluftstroms während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“. Zur Berechnung des Durchschnitts während Fahrt 10 sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Normalisierter tatsächlicher Kühlluftstrom“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden. Bei mehreren Iterationen des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ ist nur die Iteration anzugeben, die zur Bestimmung von Q_{set} geführt hat.	Nm^3/h	2
72	7.2.3.	Kühlluftstrom – Durchschnittswert (Abschnitt „Einfahren“)	Berechnung und Angabe des durchschnittlichen gemessenen Kühlluftstroms während des Abschnitts „Einfahren“. Der durchschnittliche gemessene Kühlluftstrom ist für die fünf WLTP-Bremszyklen getrennt anzugeben. Zur Berechnung der Durchschnittswerte während der 5 WLTP-Bremszyklen sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Tatsächlicher Kühlluftstrom“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	m^3/h	2
a	7.2.3.	Kühlluftstrom – Durchschnittswert	Einfahrzyklus 1	m^3/h	2
b	7.2.3.	Kühlluftstrom – Durchschnittswert	Einfahrzyklus 2	m^3/h	2

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
c	7.2.3.	Kühlluftstrom – Durchschnittswert	Einfahrzyklus 3	m^3/h	2
d	7.2.3.	Kühlluftstrom – Durchschnittswert	Einfahrzyklus 4	m^3/h	2
e	7.2.3.	Kühlluftstrom – Durchschnittswert	Einfahrzyklus 5	m^3/h	2
73	7.2.3.	Kühlluftstrom – Differenz zum Nenndurchsatz (Abschnitt „Einfahren“)	Berechnung und Angabe der prozentualen Differenz zum Nenn-Kühlluftstrom während des Abschnitts „Einfahren“. Die prozentuale Differenz ist für die fünf WLTP-Bremszyklen getrennt anzugeben.	%	1
a	7.2.3.	Kühlluftstrom – Differenz zum Nenndurchsatz	Einfahrzyklus 1	%	1
b	7.2.3.	Kühlluftstrom – Differenz zum Nenndurchsatz	Einfahrzyklus 2	%	1
c	7.2.3.	Kühlluftstrom – Differenz zum Nenndurchsatz	Einfahrzyklus 3	%	1
d	7.2.3.	Kühlluftstrom – Differenz zum Nenndurchsatz	Einfahrzyklus 4	%	1
e	7.2.3.	Kühlluftstrom – Differenz zum Nenndurchsatz	Einfahrzyklus 5	%	1
74	7.2.3.	Kühlluftstrom – durchschnittlicher normalisierter Wert (Abschnitt „Einfahren“)	Berechnung und Angabe des während des Abschnitts „Einfahren“ gemessenen durchschnittlichen normalisierten Kühlluftstroms. Der durchschnittliche normalisierte gemessene Kühlluftstrom ist für die fünf WLTP-Bremszyklen getrennt anzugeben. Zur Berechnung der Durchschnittswerte während der 5 WLTP-Bremszyklen sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Normalisierter tatsächlicher Kühlluftstrom“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	Nm^3/h	2
a	7.2.3.	Kühlluftstrom – durchschnittlicher normalisierter Wert	Einfahrzyklus 1	Nm^3/h	2
b	7.2.3.	Kühlluftstrom – durchschnittlicher normalisierter Wert	Einfahrzyklus 2	Nm^3/h	2

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
c	7.2.3.	Kühlluftstrom – durchschnittlicher normalisierter Wert	Einfahrzyklus 3	Nm^3/h	2
d	7.2.3.	Kühlluftstrom – durchschnittlicher normalisierter Wert	Einfahrzyklus 4	Nm^3/h	2
e	7.2.3.	Kühlluftstrom – durchschnittlicher normalisierter Wert	Einfahrzyklus 5	Nm^3/h	2
75	7.2.3.	Kühlluftstrom – Durchschnittswert (Abschnitt „Emissionsmessung“)	Berechnung und Angabe des während des Abschnitts „Emissionsmessung“ gemessenen durchschnittlichen Kühlluftstroms. Zur Berechnung des Durchschnittswerts während des WLTP-Bremszyklus (Abkühlabschnitte nicht eingeschlossen) sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Tatsächlicher Kühlluftstrom“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	m^3/h	2
76	7.2.3.	Kühlluftstrom – Differenz zum Nenndurchsatz (Abschnitt „Emissionsmessung“)	Berechnung und Angabe der prozentualen Differenz zum Nenn-Kühlluftstrom während des Abschnitts „Emissionsmessung“	%	1
77	7.2.3.	Kühlluftstrom – durchschnittlicher normalisierter Wert (Abschnitt „Emissionsmessung“)	Berechnung und Angabe des während des Abschnitts „Emissionsmessung“ gemessenen durchschnittlichen normalisierten Kühlluftstroms. Zur Berechnung des Durchschnittswerts während des WLTP-Bremszyklus (Abkühlabschnitte nicht eingeschlossen) sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Normalisierter tatsächlicher Kühlluftstrom“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	Nm^3/h	2
78	7.2.3.	Durchschnittlicher Kühlluftstrom – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle für die Prüfung verwendeten Teile den Anforderungen dieser Regelung in Bezug auf die Differenz zwischen Nenn-Kühlluftstrom und durchschnittlichem gemessenem Kühlluftstrom entsprechen	J/N	N/A
79	7.2.3.	Abweichungen in Bezug auf den momentanen Luftstrom – Abschnitt „Einstellung der Kühlung“	Berechnung und Angabe der Anzahl der Messwerte für den Kühlluftstrom (1 Hz) mit einer Differenz von 5 % bis 10 % zum Nennwert während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“. Zur Berechnung der Anzahl dieser Ereignisse während Fahrt 10 sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Tatsächlicher Kühlluftstrom“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	-	0

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
80	7.2.3.	Abweichungen in Bezug auf den momentanen Luftstrom – Abschnitt „Emissionsmessung“	Berechnung und Angabe der Anzahl der Messwerte für den Kühlluftstrom (1 Hz) mit einer Differenz von 5 % bis 10 % zum Nennwert während des Abschnitts „Emissionsmessung“. Zur Berechnung der Anzahl dieser Ereignisse während des WLTP-Bremszyklus (Abkühlabschnitte nicht eingeschlossen) sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Tatsächlicher Kühlluftstrom“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	-	0
81	7.2.3.	Kühlluftstrom – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob in den Abschnitten „Einstellung der Kühlung“ und „Emissionsmessung“ die höchstzulässige Anzahl der Messwerte für den momentanen Kühlluftstrom (1 Hz) mit einer Differenz von 5 % bis 10 % zu dem in dieser Regelung festgelegten Nennwert eingehalten wird	J/N	N/A
82	7.2.3.	Kühlluftstrom – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, dass die Messwerte für den momentanen Kühlluftstrom (1 Hz) an keiner Stelle der Abschnitte „Einstellung der Kühlung“ und „Emissionsmessung“ um mehr als 10 % vom Nenn-Kühlluftstrom abweichen.	J/N	N/A
83	7.2.3.	System-Dichtheitsprüfung – durchschnittlicher gemessener Luftstrom	Berechnung und Angabe des durchschnittlichen gemessenen Luftstroms während der Dichtheitsprüfung	m^3/h	2
84	7.2.3.	System-Dichtheitsprüfung – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob der während der Dichtheitsprüfung gemessene durchschnittliche Luftstrom den in dieser Regelung festgelegten Spezifikationen entspricht	J/N	N/A
85	7.3.	Bremsenprüfstand und Automatisierungssystem – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die verbindlichen Spezifikationen für den Bremsenprüfstand gemäß Absatz 7.3 Buchstaben a bis e eingehalten werden	J/N	N/A
86	7.3.	Bremsenprüfstand und Automatisierungssystem – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die verbindlichen Spezifikationen für das Automatisierungs-, Steuerungs- und Datenerfassungssystem gemäß Absatz 7.3 Buchstaben f bis h eingehalten werden	J/N	N/A
87	7.4.2.	Auslegung des Bremsenprüfraums – Reynolds-Zahl am Einlass des Prüfraums	Berechnung und Angabe der Reynolds-Zahl am Einlass des Prüfraums für die geprüfte Bremse. Die Reynolds-Zahl ist nur während des Abschnitts „Emissionsmessung“ nach Gleichung 7.3 zu berechnen.	-	

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
88	7.4.2.	Auslegung des Bremsenprüfraums – Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit bei Mindest-Betriebsdurchsatz	Kontrolle, dass der Luftstrom an jeder Stelle der für die Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit verwendeten Ebene C nicht um mehr als ± 35 % vom arithmetischen Mittel aller Messungen für den Mindest-Betriebsdurchsatz der Prüfanordnung abweicht	J/N	N/A
89	7.4.2.	Auslegung des Bremsenprüfraums – Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit bei maximalem Betriebsdurchsatz	Kontrolle, dass der Luftstrom an jeder Stelle der für die Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit verwendeten Ebene C nicht um mehr als ± 35 % vom arithmetischen Mittel aller Messungen für den maximalen Betriebsdurchsatz der Prüfanordnung abweicht	J/N	N/A
90	7.4.2.	Auslegung des Bremsenprüfraums – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob der Bremsenprüfraum allen Anforderungen des Absatzes 7.4.2. Buchstaben a bis l entspricht	J/N	N/A
91	7.4.3.	Abmessungen des Bremsenprüfraums – Länge	Angabe der Länge der Ebene A1 (I_{A1} – Länge des Prüfraums) gemäß Absatz 7.4.3	mm	1
92	7.4.3.	Abmessungen des Bremsenprüfraums – Höhe	Angabe der Länge der Ebene D (h_D – Höhe des Prüfraums) gemäß Absatz 7.4.3	mm	1
93	7.4.3.	Abmessungen des Bremsenprüfraums – Tiefe	Angabe der maximalen axialen Tiefe des Prüfraums auf Ebene D gemäß Absatz 7.4.3	mm	1
94	7.4.3.	Abmessungen des Bremsenprüfraums – Durchmesser von Einlass und Auslass	Angabe des Durchmessers von Einlass und Auslass (d_i) des Prüfraums	mm	1
95	7.4.3.	Abmessungen des Bremsenprüfraums – Länge des Übergangs an Einlass und Auslass	Angabe der Länge des Übergangs an Einlass und Auslass (l_i)	mm	1
96	7.4.3.	Abmessungen des Bremsenprüfraums – Höhe des Übergangs an Einlass und Auslass	Angabe der Höhe des Übergangs an Einlass und Auslass (h_B)	mm	1
97	7.4.3.	Abmessungen des Bremsenprüfraums – Verhältnis zwischen Höhe des Einlasses und Höhe des Prüfraums	Angabe des Verhältnisses zwischen Höhe des Einlasses (h_B) und Höhe des Prüfraums (h_D)	%	1
98	7.4.3.	Abmessungen des Bremsenprüfraums – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob der Bremsenprüfraum allen Anforderungen des Absatzes 7.4.3. Buchstaben a bis g entspricht	J/N	N/A

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
99	7.5.	Auslegung des Probenahmetunnels – Innendurchmesser der Leitung	Angabe des Innendurchmessers (d_i) der Leitung im Probenahmetunnel	mm	1
100	7.5.	Auslegung des Probenahmetunnels – Vorhandensein einer Biegung	Angabe, ob im Probenahmetunnel (nach dem Bremsenprüfraum und vor der Probenahmeebene) eine Biegung vorhanden ist	J/N	N/A
101	7.5.	Auslegung des Probenahmetunnels – Spezifikationen der Biegung (Winkel)	Angabe des Winkels der Biegung, sofern im Probenahmetunnel vorhanden. Andernfalls ist „N/A“ anzugeben.	°	0
102	7.5.	Auslegung des Probenahmetunnels – Spezifikationen der Biegung (Biegeradius)	Angabe des Biegeradius gemäß Abbildung A4/6, sofern im Probenahmetunnel eine Biegung vorhanden ist. Andernfalls ist „N/A“ anzugeben.	$\#\cdot d_i$	1
103	7.5.	Auslegung des Probenahmetunnels – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob der Probenahmetunnel allen Spezifikationen des Absatzes 7.5. Buchstaben a bis i entspricht	J/N	N/A
104	7.6.	Auslegung der Probenahmeebene – Anzahl der Sonden	Angabe der Anzahl der für die Bremsemissionsprüfung verwendeten Probenahmesonden	-	0
105	7.6.	Auslegung der Probenahmeebene – Abstand zwischen den Sonden	Angabe des Mindestabstands zwischen den Sonden (a_1) gemäß Abbildung A4/7	mm	1
106	7.6.	Auslegung der Probenahmeebene – Abstand zwischen Sonden und Wänden	Angabe des Mindestabstands zwischen Sonden und Tunnelwand (a_2) gemäß Abbildung A4/7	mm	1
107	7.6.	Auslegung der Probenahmeebene – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die Probenahmeebene allen Spezifikationen des Absatzes 7.6. Buchstaben a bis g entspricht	J/N	N/A
108	8.3.	Messung der Bremsentemperatur – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen für die Thermoelemente	Kontrolle, ob die verwendeten Thermoelemente allen Anforderungen des Absatzes 8.3. Buchstaben a bis f entsprechen	J/N	N/A
109	8.3.	Messung der Bremsentemperatur – Messung der Temperatur des Reibmaterials	Angabe, ob zusätzlich zur Temperatur der Bremsscheibe oder -trommel auch die Temperatur der Bremsklötze bzw. Bremsbacken gemessen wurde	J/N	N/A

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
110	8.4.1.	Bremseinheit – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die Einbauposition und der Typ der für die Bremseinheit verwendeten Aufnahme den Anforderungen des Absatzes 8.4.1. entsprechen	J/N	N/A
111	8.4.1.	Bremseinheit – Drehachse der Bremse	Angabe der Drehrichtung der Bremsscheibe oder -trommel (im Uhrzeigersinn (CW) oder gegen den Uhrzeigersinn (CCW)) in Bezug auf die Abluftrichtung	CW oder CCW	N/A
112	8.4.1.	Bremseinheit – Drehachse der Bremse	Kontrolle, ob sich die geprüfte Bremsscheibe oder -trommel in Abluftrichtung dreht	J/N	N/A
113	8.4.2.	Ausrichtung des Bremssattels – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob der an der geprüften Bremse angebrachte Bremssattel den Anforderungen des Absatzes 8.4.2. entspricht	J/N	N/A
114	9.2.1.	Anfangstemperatur – Abschnitt „Einstellung der Kühlung“	Angabe der Anfangstemperatur der Bremse der erfolgreichen Iteration der Einstellung der Kühlung. Zu verwenden ist der entsprechende Wert des Parameters „Bremsentemperatur“ in der zeitbasierten Datei (d. h. der Eintrag für die Bremsentemperatur zu Beginn von Fahrt 10).	°C	2
115	9.2.2.	Anfangstemperatur – Abschnitt „Einfahren“	Angabe der Anfangstemperatur der Bremse während des Abschnitts „Einfahren“. Die Anfangstemperatur der Bremse ist für die fünf WLTP-Bremszyklen getrennt anzugeben. Zu verwenden sind die entsprechenden Werte des Parameters „Bremsentemperatur“ in der zeitbasierten Datei (d. h. die Einträge für die Bremsentemperatur jedes der fünf WLTP-Bremszyklen).	°C	2
a	9.2.2.	Anfangstemperatur	Einfahrzyklus 1	°C	2
b	9.2.2.	Anfangstemperatur	Einfahrzyklus 2	°C	2
c	9.2.2.	Anfangstemperatur	Einfahrzyklus 3	°C	2
d	9.2.2.	Anfangstemperatur	Einfahrzyklus 4	°C	2
e	9.2.2.	Anfangstemperatur	Einfahrzyklus 5	°C	2

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
116	9.2.3.	Anfangstemperatur – Abschnitt „Emissionsmessung“	Angabe der Anfangstemperatur der Bremse für alle zehn Fahrten des WLTP-Bremszyklus während des Abschnitts „Emissionsmessung“ gemäß Absatz 9.2.3. Zu verwenden sind die entsprechenden Werte des Parameters „Bremsentemperatur“ in der zeitbasierten Datei (d. h. die Einträge für die Bremsentemperatur zu Beginn der Fahrten 1 bis 10 des WLTP-Bremszyklus).	°C	2
a	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 1 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
b	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 2 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
c	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 3 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
d	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 4 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
e	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 5 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
f	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 6 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
g	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 7 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
h	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 8 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
I	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 9 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
j	9.2.3.	Anfangstemperatur	Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus	°C	2
117	9.2.1., 9.2.2., 9.2.3.	Anfangstemperatur – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die Anfangstemperatur der Bremse in allen Prüfabschnitten den in den Absätzen 9.2.1., 9.2.2. und 9.2.3. festgelegten Kriterien entspricht.	J/N	N/A
118	9.3.1., 9.3.2., 9.3.3.	Unterbrechungen des WLTP-Bremszyklus – Auftreten	Angabe, ob während der Bremsemissionsprüfung eine Unterbrechung aufgetreten ist	J/N	N/A
119	9.3.1., 9.3.2., 9.3.3.	Unterbrechungen des WLTP-Bremszyklus – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle nach einer Unterbrechung, ob alle erforderlichen Schritte unternommen wurden, um die Prüfung nach den Spezifikationen der Absätze 9.3.1. und 9.3.2. wieder aufzunehmen	J/N	N/A
120	9.3.1., 9.3.2., 9.3.3.	Unterbrechungen des WLTP-Bremszyklus – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, dass die geprüfte Bremse zu keinem Zeitpunkt während der Bremsemissionsprüfung zerlegt wurde	J/N	N/A

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
121	9.4.1.	Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen – Abschnitt „Einstellung der Kühlung“	Berechnung und Angabe des Prozentsatzes der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“. Zu verwenden sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten der Parameter „Tatsächliche lineare Geschwindigkeit“ und „Lineare Nenngeschwindigkeit“ in der zeitbasierten Datei. Zur Berechnung der Anzahl und des Gesamtprozentsatzes der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen während Fahrt 10 sind die 1-Hz-Daten der beiden Parameter zu verwenden.	%	1
122	9.4.1.	Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen – Abschnitt „Einfahren“	Berechnung und Angabe des Prozentsatzes der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen während des Abschnitts „Einfahren“. Die Berechnung ist für die fünf WLTP-Bremszyklen getrennt durchzuführen. Zu verwenden sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten der Parameter „Tatsächliche lineare Geschwindigkeit“ und „Lineare Nenngeschwindigkeit“ in der zeitbasierten Datei. Zur Berechnung der Anzahl und des Gesamtprozentsatzes der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen während der 5 WLTP-Bremszyklen sind die 1-Hz-Daten der beiden Parameter zu verwenden.	%	1
a	9.4.1.	Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen	Einfahrzyklus 1	%	1
b	9.4.1.	Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen	Einfahrzyklus 2	%	1
c	9.4.1.	Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen	Einfahrzyklus 3	%	1
d	9.4.1.	Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen	Einfahrzyklus 4	%	1
e	9.4.1.	Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen	Einfahrzyklus 5	%	1
123	9.4.1.	Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen – Abschnitt „Emissionsmessung“	Berechnung und Angabe des Prozentsatzes der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen während des Abschnitts „Emissionsmessung“. Zu verwenden sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten der Parameter „Tatsächliche lineare Geschwindigkeit“ und „Lineare Nenngeschwindigkeit“ in der zeitbasierten Datei. Zur Berechnung der Anzahl und des Gesamtprozentsatzes der geschwindigkeitsbezogenen Abweichungen während des WLTP-Bremszyklus sind die 1-Hz-Daten der beiden Parameter zu verwenden.	%	1
124	9.4.1.	Geschwindigkeitsbezogene Abweichungen – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Abschnitte der Bremsemissionsprüfung den Kriterien für geschwindigkeitsbezogene Abweichungen gemäß Absatz 9.4.1 Buchstaben a bis g entsprechen	J/N	N/A
125	9.4.2.	Anzahl der Verzögerungsvorgänge – Zählung anhand der „Dauer der Haltezeit“	Angabe der Anzahl der numerischen Werte und der Ungleich-Null-Werte des Parameters „Dauer der Haltezeit“ in der ereignisbasierten Datei im Abschnitt „Emissionsmessung“	-	0

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
126	9.4.2.	Anzahl der Verzögerungsvorgänge – Zählung anhand der „Verzögerung“	Angabe der Anzahl der numerischen Werte und der Ungleich-Null-Werte des Parameters „Verzögerung – streckengemittelt“ in der ereignisbasierten Datei im Abschnitt „Emissionsmessung“	-	0
127	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – w_f während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“	Berechnung und Angabe der Ableitung der kinetischen Energie (w_f) während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ nach Gleichung 9.1. Summierung der tatsächlichen spezifischen Reibungsarbeit der einzelnen Bremsvorgänge und Angabe der gesamten spezifischen Reibungsarbeit während Fahrt 10 des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“.	J/kg	1
128	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – Abweichung vom Nennwert (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe der prozentualen Differenz zum Wert der Nennreibungsarbeit während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“	%	1
129	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – w_f während des Abschnitts „Einfahren“	Berechnung und Angabe der Ableitung der kinetischen Energie (w_f) während des Abschnitts „Einfahren“ nach Gleichung 9.1. Die Ableitung der kinetischen Energie ist für die fünf WLTP-Bremszyklen getrennt anzugeben. Summierung der tatsächlichen spezifischen Reibungsarbeit der einzelnen Bremsvorgänge und Angabe der gesamten spezifischen Reibungsarbeit während jedes WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Einfahren“.	J/kg	1
a	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – w_f	Einfahrzyklus 1	J/kg	1
b	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – w_f	Einfahrzyklus 2	J/kg	1
c	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – w_f	Einfahrzyklus 3	J/kg	1
d	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – w_f	Einfahrzyklus 4	J/kg	1
e	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – w_f	Einfahrzyklus 5	J/kg	1
130	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – Abweichung vom Nennwert (Abschnitt „Einfahren“)	Berechnung und Angabe der prozentualen Differenz zum Wert der Nennreibungsarbeit während des Abschnitts „Einfahren“. Die Abweichung vom Nennwert ist für die fünf WLTP-Bremszyklen des Abschnitts „Einfahren“ getrennt anzugeben.	%	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
a	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – Abweichung vom Nennwert	Einfahrzyklus 1	%	1
b	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – Abweichung vom Nennwert	Einfahrzyklus 2	%	1
c	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – Abweichung vom Nennwert	Einfahrzyklus 3	%	1
d	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – Abweichung vom Nennwert	Einfahrzyklus 4	%	1
e	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – Abweichung vom Nennwert	Einfahrzyklus 5	%	1
131	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – w_f während des Abschnitts „Emissionsmessung“	Berechnung und Angabe der Ableitung der kinetischen Energie (w_f) während des Abschnitts „Emissionsmessung“ nach Gleichung 9.1. Summierung der tatsächlichen spezifischen Reibungsarbeit der einzelnen Bremsvorgänge und Angabe der gesamten spezifischen Reibungsarbeit während des WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“.	J/kg	1
132	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – Abweichung vom Nennwert (Abschnitt „Emissionsmessung“)	Berechnung und Angabe der prozentualen Differenz zum Wert der Nennreibungsarbeit während des Abschnitts „Emissionsmessung“.	%	1
133	9.4.3.	Ableitung der kinetischen Energie – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Abschnitte der Bremsemissionsprüfung den Kriterien für die Ableitung der kinetischen Energie gemäß Absatz 9.4.3 Buchstaben a bis j entsprechen	J/N	N/A
134	9.4.4.	Aufbringen des Bremsmoments – Anzahl der Abweichungen	Angabe der Anzahl der Bremsvorgänge während der Emissionsprüfung, bei denen die Anforderung für das Aufbringen des Bremsmoments gemäß Absatz 9.4.4 nicht erfüllt wurde	-	0
135	9.4.4.	Aufbringen des Bremsmoments – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob der Abschnitt „Emissionsmessung“ der Bremsemissionsprüfung den Kriterien für das Aufbringen des Bremsmoments gemäß Absatz 9.4.4 entspricht	J/N	N/A

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
136	10.1.1.	Verhältnis Nennvorderradlast zu Masse der Scheibe oder Trommel ($WL_{n\text{-}f}$/DM)	Berechnung und Angabe des Verhältnisses von Nennvorderradlast zu Masse der Scheibe (bzw. Masse der Trommel bei Vorderrad-Trommelbremsen) ($WL_{n\text{-}f}$/DM) für die geprüfte Bremse. Bei Nicht-Reibungsbremsung sind für die Berechnung und Angabe des Verhältnisses von Nennvorderradlast zu Masse der Scheibe die Parameter des Stamms der Bremsecken-Emissionsfamilie zu verwenden.	-	1
137	10.1.3.	ABT während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus – gemessener Wert (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe der Durchschnittstemperatur der Bremse während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ für die geprüfte Bremse (B_1). Zur Berechnung der Durchschnittstemperatur der Bremse während Fahrt 10 sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Bremsentemperatur“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	°C	2
138	10.1.3.	ABT während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus – Differenz zum Zielwert (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe der Differenz zwischen der Durchschnittstemperatur der Bremse während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ und der durchschnittlichen Zielbremsentemperatur für die geprüfte Bremse (C_1) nach Gleichung 10.3	°C	2
139	10.1.3.	Durchschnittliche IBT ausgewählter Bremsvorgänge während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus – gemessener Wert (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe der IBT der ausgewählten Bremsvorgänge während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ für die geprüfte Bremse (B_2). Zur Berechnung der durchschnittlichen IBT gemäß Absatz 10.1.3 Buchstabe b sind die entsprechenden Daten des Parameters „Anfangstemperatur der Bremse“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	°C	2
140	10.1.3.	Durchschnittliche IBT ausgewählter Bremsvorgänge während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus – Differenz zum Zielwert (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe der Differenz zwischen der durchschnittlichen IBT der ausgewählten Bremsvorgänge während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ und der durchschnittlichen IBT für die geprüfte Bremse (C_2) nach Gleichung 10.4	°C	2

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
141	10.1.3.	Durchschnittliche FBT ausgewählter Bremsvorgänge während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus – gemessener Wert (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe der FBT der ausgewählten Bremsvorgänge während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ für die geprüfte Bremse (B_3). Zur Berechnung der durchschnittlichen FBT gemäß Absatz 10.1.3 Buchstabe c sind die entsprechenden Daten des Parameters „Bremsenendtemperatur“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	°C	2
142	10.1.3.	Durchschnittliche FBT ausgewählter Bremsvorgänge während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus – Differenz zum Zielwert (Abschnitt „Einstellung der Kühlung“)	Berechnung und Angabe der Differenz zwischen der durchschnittlichen FBT der ausgewählten Bremsvorgänge während der erfolgreichen Iteration des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ und der durchschnittlichen FBT für die geprüfte Bremse (C_3) nach Gleichung 10.5	°C	2
143	10.1.2., 10.1.3.	Festlegung des Nenn-(Soll-)Kühlluftstroms für die spezifische Bremse – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die während des Abschnitts „Einstellung der Kühlung“ für die geprüfte Bremse gemessenen Temperaturen der Zielparameter den in Tabelle A4/5 festgelegten Zielwerten entsprechen	J/N	N/A
144	11.1., 11.2.	Abschnitt „Einfahren“ – Anzahl der abgeschlossenen WLTP-Bremszyklen	Angabe der Anzahl der abgeschlossenen WLTP-Bremszyklen, die während des Abschnitts „Einfahren“ durchgeführt wurden	-	0
145	11.1., 11.2.	Abschnitt „Einfahren“ – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob der Abschnitt „Einfahren“ unter Einhaltung aller in Absatz 11.1 Buchstaben a bis g bzw. Absatz 11.2 Buchstaben a bis g beschriebenen Spezifikationen ausgeführt und abgeschlossen wurde	J/N	N/A
146	12.1.1.1.	PM-Probenahmeebene – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die Auslegung der Probenahmeebene und die Anordnung der [$PM_{2,5}$- und]PM_{10}-Probenahmesonde(n) den Spezifikationen des Absatzes 12.1.1.1 Buchstaben a bis c entsprechen	J/N	N/A
147	12.1.1.2.	PM-Probenahmesonden – Abmessungen der $PM_{2,5}$-Sonde (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers der für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$-Probenahmesonde (d_p)	mm	2
148	12.1.1.2.	PM-Probenahmesonden – Abmessungen der PM_{10}-Sonde (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers der für die geprüfte Bremse verwendeten PM_{10}-Probenahmesonde (d_p)	mm	2

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
149	12.1.1.2.	PM-Probenahmesonden – Abmessungen der $PM_{2,5}$-Sonde (Länge)	Angabe der Gesamtlänge der $PM_{2,5}$-Probenahmesonde von der Spitze der Probenahmedüse bis zum Einlass der PM-Abscheidevorrichtung	mm	2
150	12.1.1.2.	PM-Probenahmesonden – Abmessungen der PM_{10}-Sonde (Länge)	Angabe der Gesamtlänge der PM_{10}-Probenahmesonde von der Spitze der Probenahmedüse bis zum Einlass der PM-Abscheidevorrichtung	mm	2
151	12.1.1.2.	PM-Probenahmesonden – Biegung	Angabe, ob an den für die geprüfte Bremse verwendeten [$PM_{2,5}$- und/oder]PM_{10}-Probenahmesonden eine Biegung vorgesehen ist	J/N	N/A
152	12.1.1.2.	PM-Probenahmesonden – Biegung an $PM_{2,5}$-Sonde (Biegeradius)	Ist an der $PM_{2,5}$-Probenahmesonde eine Biegung vorgesehen, ist ihr Biegeradius in Sondendurchmessern anzugeben. Falls nicht, ist „0“ anzugeben.	$\#\cdot d_p$	1
153	12.1.1.2.	PM-Probenahmesonden – Biegung an PM_{10}-Sonde (Biegeradius)	Ist an der PM_{10}-Probenahmesonde eine Biegung vorgesehen, ist ihr Biegeradius in Sondendurchmessern anzugeben. Falls nicht, ist „0“ anzugeben.	$\#\cdot d_p$	1
154	12.1.1.2.	PM-Probenahmesonden – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die für die geprüfte Bremse verwendeten [$PM_{2,5}$- und]PM_{10}-Probenahmesonden den Anforderungen des Absatzes 12.1.1.2. Buchstaben a bis f entspricht/entsprechen	J/N	N/A
155	12.1.1.3.	PM-Probenahmedüsen – Abmessungen der $PM_{2,5}$-Düse (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers der für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$-Probenahmedüse (d_n)	mm	2
156	12.1.1.3.	PM-Probenahmedüsen – Abmessungen der PM_{10}-Düse (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers der für die geprüfte Bremse verwendeten PM_{10}-Probenahmedüse (d_n)	mm	2
157	12.1.1.3.	PM-Probenahmedüsen – Ansaugwinkel der $PM_{2,5}$-Düse	Angabe des Ansaugwinkels der für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$-Probenahmedüse	°	1
158	12.1.1.3.	PM-Probenahmedüsen – Ansaugwinkel der PM_{10}-Düse	Angabe des Ansaugwinkels der für die geprüfte Bremse verwendeten PM_{10}-Probenahmedüse	°	1
159	12.1.1.3.	PM-Probenahmedüsen – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die für die geprüfte Bremse verwendeten [$PM_{2,5}$- und]PM_{10}-Probenahmedüsen den Anforderungen des Absatzes 12.1.1.3. Buchstaben a bis h entspricht/entsprechen	J/N	N/A

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
160	12.1.2.1.	PM-Abscheidevorrich-tung – Cut-off-Größe des $PM_{2,5}$-Zyklonabscheiders	Angabe der Cut-off-Größe des für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$-Zyklonabscheiders	µm	1
161	12.1.2.1.	PM-Abscheidevorrich-tung – Cut-off-Größe des PM_{10}-Zyklonabscheiders	Angabe der Cut-off-Größe des für die geprüfte Bremse verwendeten PM_{10}-Zyklonabscheiders	µm	1
162	12.1.2.1.	PM-Abscheidevorrich-tung – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die für die geprüfte Bremse verwendeten [$PM_{2,5}$- und]PM_{10}-Zyklonabscheider den Anforderungen des Absatzes 12.1.2.1. Buchstaben a bis d entsprechen	J/N	N/A
163	12.1.2.2.	PM-Probenahmeleitung– Abmessungen der $PM_{2,5}$-Leitung (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers der für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$-Probenahmeleitung (d_s)	mm	2
164	12.1.2.2.	PM-Probenahmeleitung– Abmessungen der PM_{10}-Leitung (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers der für die geprüfte Bremse verwendeten PM_{10}-Probenahmeleitung (d_s)	mm	2
165	12.1.2.2.	PM-Probenahmeleitung– Abmessungen der $PM_{2,5}$-Leitung (Länge)	Angabe der Gesamtlänge der für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$-Probenahmeleitung vom Zyklonabscheider bis zur Spitze der Filterhalters	mm	1
166	12.1.2.2.	PM-Probenahmeleitung– Abmessungen der PM_{10}-Leitung (Länge)	Angabe der Gesamtlänge der für die geprüfte Bremse verwendeten PM_{10}-Probenahmeleitung vom Zyklonabscheider bis zur Spitze der Filterhalters	mm	1
167	12.1.2.2.	PM-Probenahmeleitung– Biegung	Angabe, ob an den für die geprüfte Bremse verwendeten [$PM_{2,5}$- und/oder]PM_{10}-Probenahmeleitungen eine Biegung vorgesehen ist	J/N	N/A
168	12.1.2.2.	PM-Probenahmeleitung– Biegeradius der $PM_{2,5}$-Leitung	Ist an der $PM_{2,5}$-Probenahmeleitung eine Biegung vorgesehen, ist ihr Biegeradius in Probenahmeleitungsdurchmessern anzugeben. Andernfalls ist „N/A“ anzugeben.	#·d_s	1
169	12.1.2.2.	PM-Probenahmeleitung– Biegeradius der PM_{10}-Leitung	Ist an der PM_{10}-Probenahmeleitung eine Biegung vorgesehen, ist ihr Biegeradius in Probenahmeleitungsdurchmessern anzugeben. Andernfalls ist „N/A“ anzugeben.	#·d_s	1
170	12.1.2.2.	PM-Probenahmeleitung– Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die für die geprüfte Bremse verwendeten [$PM_{2,5}$- und]PM_{10}-Probenahmeleitungen den Anforderungen des Absatzes 12.1.2.2. Buchstaben a bis f entsprechen	J/N	N/A

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
171	12.1.2.3.	PM-Probendurchsatz – $PM_{2,5}$-Nenndurchsatz	Angabe des Soll- (Nenn-)Durchsatzes für die $PM_{2,5}$-Probenahme für die geprüfte Bremse ($Q_{PM2,5\text{-}set}$)	l/min	1
172	12.1.2.3.	PM-Probendurchsatz – PM_{10}-Nenndurchsatz	Angabe des Soll- (Nenn-)Durchsatzes für die PM_{10}-Probenahme für die geprüfte Bremse ($Q_{PM10\text{-}set}$)	l/min	1
173	12.1.2.3.	PM-Probendurchsatz – normalisierter gemessener $PM_{2,5}$-Durchsatz	Angabe des durchschnittlichen normalisierten gemessenen $PM_{2,5}$-Probendurchsatzes während des Abschnitts „Emissionsmessung“ für die geprüfte Bremse ($NQ_{PM2,5}$). Zur Berechnung des durchschnittlichen gemessenen Durchsatzes während des WLTP-Bremszyklus (Abkühlabschnitte ausgenommen) sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Normalisierter tatsächlicher $PM_{2,5}$-Probendurchsatz“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	Nl/min	2
174	12.1.2.3.	PM-Probendurchsatz – normalisierter gemessener PM_{10}-Durchsatz	Angabe des durchschnittlichen normalisierten gemessenen PM_{10}-Probendurchsatzes während des Abschnitts „Emissionsmessung“ für die geprüfte Bremse (NQ_{PM10}). Zur Berechnung des durchschnittlichen gemessenen Durchsatzes während des WLTP-Bremszyklus (Abkühlabschnitte ausgenommen) sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Normalisierter tatsächlicher PM_{10}-Probendurchsatz“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	Nl/min	2
175	12.1.2.3., 12.1.2.4.	PM-Probendurchsatz – isokinetisches Verhältnis für $PM_{2,5}$	Berechnung und Angabe des durchschnittlichen isokinetischen Verhältnisses für die $PM_{2,5}$-Probenahme während des Abschnitts „Emissionsmessung“ für die geprüfte Bremse. Zur Berechnung des durchschnittlichen isokinetischen Verhältnisses während des WLTP-Bremszyklus (Abkühlabschnitte ausgenommen) ist Gleichung 12.4 anzuwenden; hierfür sind der Durchmesser der $PM_{2,5}$-Düse und die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten der Parameters „Normalisierter tatsächlicher Kühlluftstrom“ und „Normalisierter tatsächlicher $PM_{2,5}$-Probendurchsatz“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	-	3
176	12.1.2.3., 12.1.2.4.	PM-Probendurchsatz – isokinetisches Verhältnis für PM_{10}	Berechnung und Angabe des durchschnittlichen isokinetischen Verhältnisses für die PM_{10}-Probenahme während des Abschnitts „Emissionsmessung“ für die geprüfte Bremse. Zur Berechnung des durchschnittlichen isokinetischen Verhältnisses während des WLTP-Bremszyklus (Abkühlabschnitte ausgenommen) ist Gleichung 12.4 anzuwenden; hierfür sind der Durchmesser der PM_{10}-Düse und die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten der Parameters „Normalisierter tatsächlicher Kühlluftstrom“ und „Normalisierter tatsächlicher PM_{10}-Probendurchsatz“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	-	3

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
177	12.1.2.3.	PM-Probendurchsatz – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Spezifikationen für den $PM_{2,5}$- und PM_{10}-Probendurchsatz sowie für das isokinetische Verhältnis für $PM_{2,5}$ und PM_{10} gemäß Abschnitt 12.1.2.3. Buchstaben a bis i für die geprüfte Bremse erfüllt sind	J/N	N/A
178	12.1.3.1.	PM-Filterhalter – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen für den $PM_{2,5}$-Filterhalter	Kontrolle, ob der $PM_{2,5}$-Filterhalter allen Anforderungen des Absatzes 12.1.3.1. Buchstaben a bis g entspricht	J/N	N/A
179	12.1.3.1.	PM-Filterhalter – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen für den PM_{10}-Filterhalter	Kontrolle, ob der PM_{10}-Filterhalter allen Anforderungen des Absatzes 12.1.3.1. Buchstaben a bis g entspricht	J/N	N/A
180	12.1.3.2.	PM-Probenahmefilter – Typ des Filters für die $PM_{2,5}$-Probenahme	Angabe des Typs des für die $PM_{2,5}$-Probenahme für die geprüfte Bremse verwendeten Filters (Filtermaterial)	-	N/A
181	12.1.3.2.	PM-Probenahmefilter – Typ des Filters für die PM_{10}-Probenahme	Angabe des Typs des für die PM_{10}-Probenahme für die geprüfte Bremse verwendeten Filters (Filtermaterial)	-	N/A
182	12.1.3.2.	PM-Probenahmefilter – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die für die geprüfte Bremse verwendeten Filter für die $PM_{2,5}$- und PM_{10}-Probenahme allen Anforderungen des Absatzes 12.1.3.2. entsprechen	J/N	N/A
183	12.1.4.	Wägung – Klimaraum	Kontrolle, ob die Waage in einem geeigneten Raum untergebracht ist, der allen Anforderungen des Absatzes 12.1.4. entspricht	J/N	N/A
184	12.1.4.	Wägung – Auflösung der Waage	Angabe der Auflösung der für die Wägung der PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Filter verwendeten Waage	µg	1
185	12.1.4.	Wägung – Datum und Uhrzeit der Wägung vor der Probenahme	Angabe des Datums und der Uhrzeit der Wägung der für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$- und PM_{10}-Filter vor der Probenahme	-	N/A
186	12.1.4.	Wägung – Raumtemperatur vor der Probenahme	Angabe der durchschnittlichen Temperatur im Wägeraum während der Messung des Gewichts der PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Filter vor der Probenahme	°C	2
187	12.1.4.	Wägung – relative Feuchtigkeit im Raum vor der Probenahme	Angabe der durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit im Wägeraum während der Messung des Gewichts der PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Filter vor der Probenahme	%	2

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
188	12.1.4.	Wägung – korrigiertes Gewicht des $PM_{2,5}$-Filters vor der Probenahme	Angabe des korrigierten Gewichts des für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$-Filters vor der Probenahme ($Pe_{(Corrected)}$). Zur Berechnung des korrigierten Messwerts für die Masse ist Gleichung 12.5 anzuwenden.	mg	4
189	12.1.4.	Wägung – korrigiertes Gewicht des PM_{10}-Filters vor der Probenahme	Angabe des korrigierten Gewichts des für die geprüfte Bremse verwendeten PM_{10}-Filters vor der Probenahme ($Pe_{(Corrected)}$). Zur Berechnung des korrigierten Messwerts für die Masse ist Gleichung 12.5 anzuwenden.	mg	4
190	12.1.4.	Wägung – Datum und Uhrzeit der Wägung nach der Probenahme	Angabe des Datums und der Uhrzeit der Wägung der für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$- und PM_{10}-Filter vor der Probenahme	-	N/A
191	12.1.4.	Wägung – Raumtemperatur nach der Probenahme	Angabe der durchschnittlichen Temperatur im Wägeraum während der Messung des Gewichts der PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Filter nach der Probenahme	°C	2
192	12.1.4.	Wägung – relative Feuchtigkeit im Raum nach der Probenahme	Angabe der durchschnittlichen relativen Feuchtigkeit im Wägeraum während der Messung des Gewichts der PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Filter nach der Probenahme	%	2
193	12.1.4.	Wägung – korrigiertes Gewicht des $PM_{2,5}$-Filters nach der Probenahme	Angabe des korrigierten Gewichts des für die geprüfte Bremse verwendeten $PM_{2,5}$-Filters nach der Probenahme ($Pe_{(Corrected)}$). Zur Berechnung des korrigierten Messwerts für die Masse ist Gleichung 12.5 anzuwenden.	mg	4
194	12.1.4.	Wägung – korrigiertes Gewicht des PM_{10}-Filters nach der Probenahme	Angabe des korrigierten Gewichts des für die geprüfte Bremse verwendeten PM_{10}-Filters nach der Probenahme ($Pe_{(Corrected)}$). Zur Berechnung des korrigierten Messwerts für die Masse ist Gleichung 12.5 anzuwenden.	mg	4
195	12.1.4.	Wägung – endgültige Filterbeladung für $PM_{2,5}$	Angabe der Filterbeladung für die $PM_{2,5}$-Probenahme für die geprüfte Bremse ($Pe_{(2,5)}$). Für die Berechnung gemäß Absatz 12.1.4 Buchstabe g sind die korrigierten $PM_{2,5}$-Filtermessungen vor und nach der Prüfung zu verwenden.	mg	4
196	12.1.4.	Wägung – endgültige Filterbeladung für PM_{10}	Angabe der Filterbeladung für die PM_{10}-Probenahme für die geprüfte Bremse ($Pe_{(10)}$). Für die Berechnung gemäß Absatz 12.1.4 Buchstabe g sind die korrigierten PM_{10}-Filtermessungen vor und nach der Prüfung zu verwenden.	mg	4

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
197	12.1.4.	Wägung – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Anforderungen des Absatzes 12.1.4. für die Konditionierung, Handhabung und Wägung der für die geprüfte Bremse verwendeten [$PM_{2,5}$- und] PM_{10}-Filter erfüllt werden	J/N	N/A
198	12.1.4.	Wägung – PM-Bezugsfilter – Differenz zum fortlaufenden Durchschnitt	Angabe der durchschnittlichen Differenz zwischen den Gewichtswerten der Bezugsfilter und ihrem fortlaufenden Durchschnitt. Zu verwenden ist Spalte I der Masse-Messdatei. Bei Bezugsfiltern, die nicht regelmäßig gewogen werden, entspricht dieser Messwert der Differenz zwischen der Wägung vor der Prüfung und dem fortlaufenden Durchschnitt gemäß Absatz 12.1.4 Ziffer iii.	mg	4
199	12.1.4.	Wägung – PM-Bezugsfilter – Differenz zum fortlaufenden Durchschnitt (Ende des Wägevorgangs)	Angabe der durchschnittlichen Differenz zwischen den Gewichtswerten der Bezugsfilter und ihrem fortlaufenden Durchschnitt am Ende des Wägevorgangs. Zu verwenden ist Spalte P der Masse-Messdatei. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	mg	4
200	12.1.4.	Wägung – PM-Bezugsfilter – Differenz zwischen erster und letzter Wägung	Angabe der durchschnittlichen Differenz zwischen der ersten und letzten Wägung der Bezugsfilter bei Bezugsfiltern, die nicht regelmäßig gewogen werden. Zu verwenden ist Spalte Q der Masse-Messdatei. Im Falle von Bezugsfiltern, die regelmäßig gewogen werden, ist „N/A“ anzugeben.	mg	4
201	12.1.4.	Wägung – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen für die Wägung von Bezugsfiltern	Kontrolle, ob die Wägung von PM-Bezugsfiltern nach den Spezifikationen in Absatz 12.1.4 Buchstabe f durchgeführt wurde	J/N	N/A
202	12.1.5.	Berechnung des PM-Emissionsfaktors – $PM_{2,5}$-Bezugsemissionsfaktor	Angabe des PM2,5-Emissionsfaktor in Masse pro gefahrener Strecke für die geprüfte Bremse gemäß Absatz 12.1.5 ($PM_{2.5}$ EF_{ref}). Zu verwenden ist die Filterbeladung für die $PM_{2,5}$-Probenahme für die geprüfte Bremse ($Pe_{(2,5)}$) gemäß Berechnung in der Masse-Messdatei. Zu verwenden sind die Daten der Parameter „Normalisierter tatsächlicher Kühlluftstrom“, „Normalisierter tatsächlicher $PM_{2,5}$-Probendurchsatz“ und „Gefahrene Strecke“ in der zeitbasierten Datei für den WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“.	mg/km	3

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
203	12.1.5.	Berechnung des PM-Emissionsfaktors – endgültiger $PM_{2,5}$-Emissionsfaktor	Angabe des endgültigen $PM_{2,5}$-Emissionsfaktor in Masse pro gefahrener Strecke für das Fahrzeug, an dem die geprüfte Bremse angebracht ist ($PM_{2,5}$ EF). Die Berechnung ist nach Gleichung 12.9 gemäß Absatz 12.1.5 durchzuführen.	mg/km	3
204	12.1.5.	Berechnung des PM-Emissionsfaktors – PM_{10}-Bezugsemissionsfaktor	Angabe des PM10-Emissionsfaktor in Masse pro gefahrener Strecke für die geprüfte Bremse gemäß Absatz 12.1.5 (PM_{10} EF_{ref}). Zu verwenden ist die Filterbeladung für die PM_{10}-Probenahme für die geprüfte Bremse ($Pe_{(10)}$) gemäß Berechnung in der Masse-Messdatei. Zu verwenden sind die Daten der Parameter „Normalisierter tatsächlicher Kühlluftstrom“, „Normalisierter tatsächlicher PM_{10}-Probendurchsatz“ und „Gefahrene Strecke“ in der zeitbasierten Datei für den WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“.	mg/km	3
205	12.1.5.	Berechnung des PM-Emissionsfaktors – endgültiger PM_{10}-Emissionsfaktor	Angabe des endgültigen PM_{10}-Emissionsfaktor in Masse pro gefahrener Strecke für das Fahrzeug, an dem die geprüfte Bremse angebracht ist (PM_{10} EF). Die Berechnung ist nach Gleichung 12.10 gemäß Absatz 12.1.5 durchzuführen.	mg/km	3
206		Reserviert			
207	12.2.1.1.	PN-Probenahmeebene – Anordnung der PN-Probenahmesonden	Kontrolle, ob die Auslegung der Probenahmeebene und die Anordnung der SPN10-Probenahmesonde den Spezifikationen des Absatzes 12.2.1.1. Buchstabe a entsprechen.	J/N	N/A
208		Reserviert			
209		Reserviert			
210		Reserviert			
211	12.2.1.2.	PN-Probenahmesonden– Abmessungen der SPN10-Sonde (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers der für die geprüfte Bremse verwendeten SPN10-Probenahmesonde (d_p)	mm	2
212	12.2.1.2.	Reserviert			
213	12.2.1.2.	PN-Probenahmesonden– Abmessungen der SPN10-Sonde (Länge)	Angabe der Gesamtlänge der SPN10-Probenahmesonde von der Spitze der Probenahmedüse bis zum Einlass des Partikelübertragungsrohrs für die geprüfte Bremse	mm	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
214	12.2.1.2.	PN-Probenahmesonden–Biegung	Angabe, ob an der für die geprüfte Bremse verwendeten SPN10-Probenahmesonde eine Biegung vorgesehen ist	J/N	N/A
215		Reserviert			
216	12.2.1.2.	PN-Probenahmesonden–Biegeradius der SPN10-Sonde	Ist an der SPN10-Probenahmesonde eine Biegung vorgesehen, ist ihr Biegeradius in Sondendurchmessern anzugeben. Andernfalls ist „N/A“ anzugeben.	$\#\cdot d_p$	1
217	12.2.1.2.	PN-Probenahmesonden–Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die für die geprüfte Bremse verwendete SPN10-Probenahmesonde den Anforderungen des Absatzes 12.2.1.2. Buchstaben a bis f entspricht	J/N	N/A
218	12.2.1.3.	Reserviert			
219	12.2.1.3.	PN-Probenahmedüsen – Abmessungen der SPN10-Düse (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers der für die geprüfte Bremse verwendeten SPN10-Probenahmedüse (d_n)	mm	2
220		Reserviert			
221	12.2.1.3.	PN-Probenahmedüsen – Ansaugwinkel der SPN10-Düse	Angabe des Ansaugwinkels der für die geprüfte Bremse verwendeten SPN10-Probenahmedüse	°	1
222	12.2.1.3.	PN-Probenahmedüsen – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die für die geprüfte Bremse verwendete SPN10-Probenahmedüse den Anforderungen des Absatzes 12.2.1.3. Buchstaben a bis g entspricht	J/N	N/A
223		Reserviert			
224	12.2.1.4.	PN-Übertragungsrohr – Abmessungen des SPN10-Partikelübertragungsrohrs (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers des für die geprüfte Bremse verwendeten SPN10-Partikelübertragungsrohrs (d_{tt})	mm	2
225	12.2.1.4.	PN-Übertragungsrohr – Biegung	Angabe, ob an dem für die geprüfte Bremse verwendeten SPN10-Partikelübertragungsrohr eine Biegung vorgesehen ist	J/N	N/A
226		Reserviert			
227	12.2.1.4.	PN-Übertragungsrohr – Biegeradius SPN10-Partikelübertragungsrohr	Ist an dem SPN10-Partikelübertragungsrohr eine Biegung vorgesehen, ist ihr Biegeradius in Probenahmeübertragungsrohr-Durchmessern anzugeben.	$\#\cdot d_{tt}$	1
228	12.2.1.4.	PN-Übertragungsrohr – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob das für die geprüfte Bremse verwendete SPN10-Partikelübertragungsrohr den Anforderungen des Absatzes 12.2.1.4. Buchstaben a bis g entspricht	J/N	N/A
229		Reserviert			

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
230	12.2.2.1.	PN-Abscheidevorrich-tung – Cut-off-Größe des SPN10-Zyklonabschei-ders	Angabe der Cut-off-Größe des für die geprüfte Bremse verwendeten SPN10-Zyklonabscheiders	µm	1
231	12.2.2.1.	PN-Abscheidevorrich-tung – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die für die geprüfte Bremse verwendeten PN-Zyklonabscheider den Anforderungen des Absatzes 12.2.2.1. Buchstaben a bis f entsprechen	J/N	N/A
232		Reserviert			
233	12.2.2.2.	PN-Probenkonditionie-rung – durchschnittlicher PCRF für SPN10-Probenahme	Angabe des arithmetischen durchschnittlichen PCRF für die SPN10-Probenahme und -Messung für die geprüfte Bremse. Zur Berechnung des arithmetischen durchschnittlichen PCRF während des WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“ sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „SPN10 – durchschnittlicher PCRF“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	-	1
234		Reserviert			
235	12.2.2.2.	PN-Probenkonditionie-rung – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen für die SPN10-Probenahme	Kontrolle, ob das für die geprüfte Bremse zum Entfernen flüchtiger Partikel verwendete System für die SPN10-Probenahme allen Anforderungen des Absatzes 12.2.2.2. Buchstaben k bis v entspricht	J/N	N/A
236		Reserviert			
237	12.2.2.3.	Innere PN-Übertragungslei-tung – Abmessungen der SPN10-Leitung (Innendurchmesser)	Angabe des Innendurchmessers der für die geprüfte Bremse verwendeten inneren SPN10-Übertragungsleitung (d_{tl})	mm	2
238		Reserviert			
239	12.2.2.3.	Innere PN-Übertragungslei-tung – Abmessungen der SPN10-Leitung (Länge)	Angabe der für die geprüfte Bremse verwendeten inneren SPN10-Übertragungsleitung vom Auslass des Entferners flüchtiger Partikel zum Einlass des Partikelzählers	mm	1
240	12.2.2.3.	Innere PN-Übertragungslei-tung – Biegung	Angabe, ob an der für die geprüfte Bremse verwendeten inneren SPN10-Übertragungsleitung eine Biegung vorgesehen ist. Andernfalls ist „N/A“ anzugeben.	J/N	N/A
241		Reserviert			
242	12.2.2.3.	Innere PN-Übertragungslei-tung – Biegeradius SPN10	Ist an der inneren SPN10-Übertragungsleitung eine Biegung vorgesehen, ist ihr Biegeradius in Übertragungsleitungsdurchmessern anzugeben. Andernfalls ist „N/A“ anzugeben.	#·d_{tl}	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
243	12.2.2.3.	Innere PN-Übertragungsleitung – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die für die geprüfte Bremse verwendete innere SPN10-Übertragungsleitung allen Auslegungsanforderungen des Absatzes 12.2.2.3. entspricht	J/N	N/A
244		Reserviert			
245	12.2.3.1.	Partikelzähler – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen für den SPN10-Partikelzähler	Kontrolle, ob der für die geprüfte Bremse zur SPN10-Messung verwendete Partikelzähler den Anforderungen des Absatzes 12.2.3.1. Buchstaben a bis i entspricht	J/N	N/A
246		Reserviert			
247	12.2.3.2.	PN-Probendurchsatz – gemessener SPN10-Durchsatz	Angabe des durchschnittlichen normalisierten PN-Probendurchsatzes für SPN10 für die geprüfte Bremse. Zur Berechnung des durchschnittlichen Probendurchsatzes während des WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“ sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Normalisierter tatsächlicher SPN10-Probendurchsatz“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	Nl/min	3
248		Reserviert			
249	12.2.3.2.	PN-Probendurchsatz – isokinetisches Verhältnis für SPN10	Angabe des durchschnittlichen isokinetischen Verhältnisses für die SPN10-Probenahme für die geprüfte Bremse. Für die Berechnung nach Gleichung 12.4 sind der Düsendurchmesser für SPN10 und die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten der Parameter „Normalisierter tatsächlicher Kühlluftstrom“ und „Normalisierter tatsächlicher SPN10-Probendurchsatz“ in der zeitbasierten Datei (für den WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“) zu verwenden.	-	3
250	12.2.3.2.	PN-Probendurchsatz – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob alle Spezifikationen für den SPN10-Probendurchsatz sowie für das isokinetische Verhältnis für SPN10 gemäß Abschnitt 12.2.3.2. Buchstaben a bis h für die geprüfte Bremse erfüllt sind	J/N	N/A
251		Reserviert			
252	12.2.4.	Reserviert			
253		Reserviert			
254	12.2.4.	Berechnung des PN-Emissionsfaktors – Bezugsfaktor SPN10 EF_{ref}	Angabe des SPN10-Emissionsfaktors (SPN10 EF_{ref}) in Zahl der Partikel pro gefahrener Strecke für die geprüfte Bremse gemäß Absatz 12.2.4.	#/km	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
255	12.2.4.	Berechnung des PN-Emissionsfaktors – endgültiger SPN10 EF	Angabe des endgültigen SPN10-Emissionsfaktors in Zahl der Partikel pro gefahrener Strecke für das Fahrzeug, an dem die geprüfte Bremse angebracht ist. Die Berechnung ist nach Gleichung 12.14 gemäß Absatz 12.2.4 durchzuführen.	#/km	1
256	12.2.4.	Berechnung des PN-Emissionsfaktors – Überprüfung, ob SPN10 im Messbereich liegen	Kontrolle, ob die SPN10-Emissionen in [#/Ncm³] innerhalb des vorgeschriebenen Messbereichs des PNC-Messgeräts liegen. Zur Überprüfung während des WLTP-Bremszyklus des Abschnitts „Emissionsmessung“ sind die mit einer Frequenz von 1 Hz gemessenen Daten des Parameters „Normalisierte SPN10-Konzentration – PCRF-korrigiert“ in der zeitbasierten Datei zu verwenden.	J/N	N/A
257	12.2.5.	Verfahren zur Überprüfung des PN-Systems – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, dass die Verfahren zur Überprüfung des PN-Systems gemäß Absatz 12.2.5 Buchstaben a bis d für die geprüfte Bremse erfolgreich angewandt wurden	J/N	N/A
258	12.3.	Messung des Masseverlusts – Masse der Scheibe oder Trommel vor der Prüfung	Angabe der Masse der Scheibe oder Trommel vor der Prüfung mit eingebautem Thermoelement und ohne Thermoelementanschluss	g	1
259	12.3.	Messung des Masseverlusts – Masse des Reibmaterials vor der Prüfung	Angabe der Gesamtmasse des Bremsenreibmaterials einschließlich der Schalldämpfer, der Belagabstandsfedern und anderer Komponenten, sofern sie Bestandteil der Produktbaugruppe sind, vor der Prüfung. Für die Angabe der Summe der Werte für die Masse des Bremsenreibmaterials vor der Prüfung sind die Daten aus der Masse-Messdatei zu verwenden.	g	1
260	12.3.	Messung des Masseverlusts – Masse der Scheibe oder Trommel nach der Prüfung	Angabe der Masse der Scheibe oder Trommel nach der Prüfung mit eingebautem Thermoelement und ohne Thermoelementanschluss	g	1
261	12.3.	Messung des Masseverlusts – Masse des Reibmaterials nach der Prüfung	Angabe der Gesamtmasse des Bremsenreibmaterials einschließlich der Schalldämpfer, der Belagabstandsfedern und anderer Komponenten, sofern sie Bestandteil der Produktbaugruppe sind, nach der Prüfung. Für die Angabe der Summe der Werte für die Masse des Bremsenreibmaterials nach der Prüfung sind die Daten aus der Masse-Messdatei zu verwenden.	g	1

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
262	12.3.	Messung des Masseverlusts – Gesamtmasseverlust	Angabe des Gesamtmasseverlusts der geprüften Bremse nach dem in Tabelle A4/13 und Absatz 12.3 Buchstabe j festgelegten Verfahren	g	1
263	12.3.	Messung des Masseverlusts – gefahrene Gesamtstrecke	Berechnung und Angabe der während des Einfahrens und des Abschnitts „Emissionsmessung“ gefahrenen Gesamtstrecke (Abkühlabschnitte ausgenommen)	km	3
264	12.3.	Messung des Masseverlusts – Emissionsfaktor für Gewichtsverlust	Angabe des gemittelten Emissionsfaktors für den Gewichtsverlust der geprüften Bremse nach dem in Tabelle A4/13 und Absatz 12.3 Buchstabe k festgelegten Verfahren	mg/km	2
265	12.3.	Messung des Masseverlusts – Allgemeine Einhaltung der Spezifikationen	Kontrolle, ob die Messung des Masseverlusts der geprüften Bremse nach allen Spezifikationen des Absatzes 12.3. Buchstaben a bis k durchgeführt wurde.	J/N	N/A
266	14.2.	Kalibrierungsanforde-rungen – Schwungmassenprüf-stand	Kontrolle, ob die Kalibrierungsanforderungen für den Bremsenprüfstand gemäß Tabelle A4/15 und Absatz 14.2 erfüllt sind und ob zum Zeitpunkt der Bremsemissionsprüfung ein gültiges Kalibrierzertifikat vorliegt	J/N	N/A
267	14.3.	Kalibrierungsanforde-rungen – Luftstrom-Messgerät	Kontrolle, ob die Kalibrierungsanforderungen für das Kühlluftstrom-Messgerät gemäß Tabelle A4/15 und Absatz 14.3 erfüllt sind und ob zum Zeitpunkt der Bremsemissionsprüfung ein gültiges Kalibrierzertifikat vorliegt	J/N	N/A
268	14.1.	Kalibrierungsanforde-rungen – Zyklonabscheider	Kontrolle, ob die Kalibrierungsanforderungen für die PM- und PN-Zyklonabscheider gemäß Tabelle A4/15 und den Absätzen 12.1. und 12.2. erfüllt sind	J/N	N/A
269	14.4.	Kalibrierungsanforde-rungen – Waage	Kontrolle, ob die Kalibrierungsanforderungen für die Mikrowaage gemäß Tabelle A4/15 und Absatz 14.4 erfüllt sind und ob zum Zeitpunkt der Bremsemissionsprüfung ein gültiges Kalibrierzertifikat vorliegt	J/N	N/A

Nr.	Absatz	Parameter und Eingaben	Kurzbeschreibung	Einheit	Dezimal-stellen
270	14.1.	Kalibrierungsanforde-rungen – Messgerät für den PM-Probendurchsatz	Kontrolle, ob die Kalibrierungsanforderungen für das Messgerät für den PM-Probendurchsatz gemäß Tabelle A4/15 und Absatz 12.1 erfüllt sind und ob zum Zeitpunkt der Bremsemissionsprüfung ein gültiges Kalibrierzertifikat vorliegt	J/N	N/A
271	14.1.	Kalibrierungsanforde-rungen – Messgerät für den PN-Probendurchsatz	Kontrolle, ob die Kalibrierungsanforderungen für das Messgerät für den PM-Probendurchsatz gemäß Tabelle A4/15 und Absatz 12.2 erfüllt sind und ob zum Zeitpunkt der Bremsemissionsprüfung ein gültiges Kalibrierzertifikat vorliegt	J/N	N/A
272	14.5.	Kalibrierungsanforde-rungen – Einrichtungen für die Probenbehandlung und -konditionierung	Kontrolle, ob die Kalibrierungsanforderungen für den Entferner flüchtiger Partikel für SPN10 gemäß Tabelle A4/15 und Absatz 14.5 erfüllt sind und ob zum Zeitpunkt der Bremsemissionsprüfung gültige Kalibrierzertifikate vorliegen	J/N	N/A
273	14.6.	Kalibrierungsanforde-rungen – Partikelzähler	Kontrolle, ob die Kalibrierungsanforderungen für den Partikelzähler gemäß Tabelle A4/15 und Absatz 14.6 erfüllt sind und ob zum Zeitpunkt der Bremsemissionsprüfung ein gültiges Kalibrierzertifikat vorliegt	J/N	N/A
274	14.4.	Kalibrierungsanforde-rungen – Waage für Bremsenteile	Kontrolle, ob die Kalibrierungsanforderungen für die für die Bremsenteile verwendete Waage gemäß Tabelle A4/15 und Absatz 14.4 erfüllt sind und ob zum Zeitpunkt der Bremsemissionsprüfung ein gültiges Kalibrierzertifikat vorliegt	J/N	N/A

14. Kalibrierungsanforderungen und laufende Qualitätskontrollen

14.1. Allgemeine Kalibrierungsanforderungen

In diesem Absatz sind die Mindestkalibrierungsanforderungen für die zu Bremsemissionsprüfungen verwendete Ausrüstung zusammengefasst. In Tabelle A4/15 sind die Kalibrierkriterien und die Intervalle für die in dieser Regelung festgelegte Hauptausrüstung zusammengefasst.

Tabelle A4/15

Kalibrierungsanforderungen für die Hauptausrüstung für Emissionsmessungen

Instrument	Intervall	Kriterium	Absatz
Bremsenprüfstand	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größeren Wartungsarbeiten	Tabelle A4/17	Absatz 14.2.

Instrument	Intervall	Kriterium	Absatz
Drehmoment-Messgerät	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größeren Wartungsarbeiten	Tabelle A4/18	Absatz 14.2.
Kühlluftstrom-Messgerät	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größeren Wartungsarbeiten	Tabelle A4/19	Absatz 14.3.
Temperatursensor für Kühlluftstrom	Jährlich	± 1 °C	Absatz 14.3.
Luftdrucksensor für Kühlluftstrom	Jährlich	± 0,4 kPa	Absatz 14.3.
Sensor zur Messung der Temperatur der Kühlluft	Jährlich	± 1 °C	Absatz 7.2.1.
Sensor zur Messung der relativen Feuchtigkeit der Kühlluft	Jährlich	± 5 % des Nennwerts	Absatz 7.2.1.
PM_{10}-Zyklonabscheider	Konformitätsbescheinigung des Herstellers des Zyklonabscheiders bei der Erstinstallation	Tabelle A4/7	Absatz 12.1.
$PM_{2,5}$-Zyklonabscheider	Konformitätsbescheinigung des Herstellers des Zyklonabscheiders bei der Erstinstallation	Tabelle A4/8	Absatz 12.1.
Mikrowaage für PM_{10} und $PM_{2,5}$	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größeren Wartungsarbeiten	Tabelle A4/20	Absatz 14.4.
Messgerät für PM-Probendurchsatz	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größeren Wartungsarbeiten	± 2,5 % des Ablesewerts oder ± 1,5 % des Skalenendwerts (je nachdem, welcher Wert kleiner ist)	Absatz 12.1.
Temperatursensor für PM-Probenstrom	Jährlich	± 1 °C	Absatz 12.1.
Drucksensor für PM-Probenstrom	Jährlich	± 1 kPa	Absatz 12.1.
PN-Zyklonabscheider	Konformitätsbescheinigung des Herstellers des Zyklonabscheiders bei der Erstinstallation	Durchlasseffizienz von ≥ 80 % bei einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser der Partikel von 1,5 µm	Absatz 12.2.
Messgerät für PN-Probenstrom	13 Monate	± 5 % des Ablesewerts unter allen Betriebsbedingungen	Absatz 12.2.

Instrument	Intervall	Kriterium	Absatz
Temperatursensor für PN-Probenstrom	Jährlich	± 1 °C	Absatz 12.2.
Drucksensor für PN-Probenstrom	Jährlich	± 1 kPa	Absatz 12.2.
Entferner flüchtiger Partikel für SPN10	6 Monate oder 13 Monate je nach spezifischem Instrument	Gemäß Absatz 14.5.2	Absatz 14.5.
Partikelzähler	13 Monate und nach größeren Wartungsarbeiten	Gemäß Absatz 14.6	Absatz 14.6.
Waage für Bremsenteile	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größeren Wartungsarbeiten	Tabelle A4/20	Absatz 14.4.

Alle anderen Sensoren oder Nebenverbraucher, die zur Bestimmung von Temperatur, Luftdruck und Umgebungsfeuchte im Technikraum oder im Wägeraum eingesetzt werden, müssen den Anforderungen der Tabelle A4/16 entsprechen.

Tabelle A4/16

Kalibrierungsanforderungen für Nebenverbraucher

Instrument	Intervall	Kriterium
Temperatursensor	Jährlich	± 1 °C
Luftdrucksensor	Jährlich	± 1 kPa
Sensor zur Messung der relativen Feuchtigkeit	Jährlich	± 5 % des Nennwerts
Sensor zur Messung der spezifischen Feuchtigkeit	Jährlich	± 10 % des Ablesewerts oder 1 gH_2O/kg Trockenluft (je nachdem, welcher Wert größer ist)

14.2. Bremsenprüfstand

In Tabelle A4/17 sind die Kalibrierkriterien und die Intervalle für den Bremsenprüfstand gemäß dieser Regelung zusammengefasst. Die Messgeräte für Drehzahl, Bremsmoment und Bremsdruck müssen den Linearitätsanforderungen der Tabelle A4/18 entsprechen.

Tabelle A4/17

Kalibrierungsanforderungen für den Bremsenprüfstand

Instrument	Intervall	Kriterium
Drehzahl-Messgerät	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größerer Wartung der Prüfanordnung	Tabelle A4/18
Bremsmomentsensor	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größerer Wartung der Prüfanordnung	Tabelle A4/18

Instrument	Intervall	Kriterium
Bremsdrucksensor	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größerer Wartung der Prüfanordnung	Tabelle A4/18
Sensor für die Verdrängung der Bremsflüssigkeit (optional)	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größerer Wartung der Prüfanordnung	Nach Angaben des Herstellers
Erfassung von Temperaturdaten	Bei der Erstinstallation, jährlich und nach größerer Wartung der Prüfanordnung	Höchstens ± 0,25 %

Tabelle A4/18

Linearitätsanforderungen an Messgeräte für Drehzahl, Bremsmoment und Bremsdruck

Messsystem	Achsenabschnitt a0	Steigung a1	Standardabweichung vom Schätzwert (SEE)	Bestimmungskoeffizient r^2
Umdrehungsgeschwindigkeit der Bremse	≤ 0,05 % Maximum	0,98 – 1,02	≤ 0,25 % Maximum	≥ 0,990
Bremsmoment	≤ 0,05 % Maximum	0,98 – 1,02	≤ 0,5 % Maximum	≥ 0,990
Bremsdruck	≤ 0,05 % Maximum	0,98 – 1,02	≤ 0,5 % Maximum	≥ 0,990

Abgesehen von den Kalibrierungen der in den Tabellen A4/17 und A4/18 aufgeführten Systeme muss die Prüfeinrichtung vor Beginn einer Bremsemissionsprüfung jedes Mal das Nullniveau für das Drehmoment und das Nullniveau für den Druck überprüfen. Die Überprüfung ist nach dem in Absatz 8.2 beschriebenen Verfahren durchzuführen.

14.3. Kühlluftstrom-Messgerät

Die Kalibrierung des zur Bestimmung des Kühlluftstroms verwendeten Luftstrom-Messgeräts muss auf nationale oder internationale Normen rückführbar sein. Das Luftstrom-Messgerät muss die Linearitätsanforderungen der Tabelle A4/19 bei mindestens vier gleichmäßig verteilten Referenzdurchsätzen erfüllen, wobei eine lineare Regression zwischen dem Mindest- und dem maximalen Betriebsdurchsatz der Prüfanordnung anzuwenden ist. Außerdem muss jeder Durchsatzmesspunkt ± 2 % des gemessenen Referenzdurchsatzes betragen. Die Prüfeinrichtung nimmt die Kalibrierung des Luftstrom-Messgeräts bei der Erstinstallation, jährlich und bei jeder größeren Wartungsarbeit an der Prüfanordnung vor.

Tabelle A4/19

Linearitätsanforderungen an das Luftstrom-Messgerät

Messsystem	Achsenabschnitt a0	Steigung a1	Standardabweichung vom Schätzwert (SEE)	Bestimmungskoeffizient r^2
Luftstrom-Messgerät	≤ 1 % Maximum	0,98 – 1,02	≤ 2 % Maximum	≥ 0,990

Die Prüfeinrichtung verwendet ein Luftstrom-Messgerät, das so kalibriert ist, dass es den Luftstrom unter Standardbedingungen anzeigt. Um eine angemessene Umrechnung auf Betriebsbedingungen zu gewährleisten, muss der Temperatursensor eine Genauigkeit von ± 1 °C aufweisen, und Druckmessungen müssen mit einer Präzision und Genauigkeit von ± 0,4 kPa durchgeführt werden. Die Prüfeinrichtung nimmt die Kalibrierung beider Sensoren jährlich vor.

14.4. PM- und Masseverlust-Waagen

14.4.1. Mikrowaage für die Wägung der PM-Filter

Die Kalibrierung der für die Wägung der PM-Filter zur Bestimmung der Masse gemäß Absatz 12.1.4 verwendeten Mikrowaage muss auf nationale oder internationale Normen rückführbar sein. Die Waage muss die Linearitätsanforderungen der Tabelle A4/20 bei mindestens vier gleichmäßig verteilten Referenzgewichten unter Anwendung der linearen Regression erfüllen. Die Waage muss demnach eine Präzision von ± 2 µg und eine Auflösung von 1 µg (1 Stelle = 1 µg) oder besser haben. Die Prüfeinrichtung verwendet für die regelmäßige Überprüfung der Stabilität und der ordnungsgemäßen Funktionsweise der Mikrowaage zertifizierte Kalibriergewichte (Tabelle A4/15). Die Prüfeinrichtung nimmt die Kalibrierung der Mikrowaage bei der Erstinstallation, jährlich und bei jeder größeren Wartungsarbeit an der Prüfanordnung vor.

14.4.2. Waage für die Wägung der Bremsenteile

Die Kalibrierung der für die Wägung der Bremsenteile gemäß Absatz 12.3 verwendeten Waage muss auf nationale oder internationale Normen rückführbar sein. Die Waage muss die Linearitätsanforderungen der Tabelle A4/20 bei mindestens vier gleichmäßig verteilten Referenzgewichten unter Anwendung der linearen Regression erfüllen. Die Waage muss demnach eine Präzision von mindestens ± 1 g und eine Auflösung von mindestens 0,1 g haben. Die Prüfeinrichtung verwendet für die regelmäßige Überprüfung der Stabilität und der ordnungsgemäßen Funktionsweise der Waage zertifizierte Kalibriergewichte (Tabelle A4/15). Die Prüfeinrichtung nimmt die Kalibrierung der Waage bei der Erstinstallation, jährlich und bei jeder größeren Wartungsarbeit an der Prüfanordnung vor.

Tabelle A4/20

Prüfkriterien für die Mikrowaage und die Waage für Bremsenteile

Messsystem	Achsenabschnitt a0	Steigung a1	Standardabweichung vom Schätzwert (SEE)	Bestimmungskoeffizient r^2
PM-Waage	≤ 1 µg	0,99 – 1,01	≤ 1 % Maximum	≥ 0,998
Waage für Bremsenteile	≤ 0,3 g	0,99 – 1,01	≤ 1 % Maximum	≥ 0,998

14.5. Einrichtungen für die Probenbehandlung und -konditionierung

Tabelle A4/21

Anforderungen in Bezug auf den PCRF (f_r (d_x)) für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 15 nm, 30 nm und 50 nm

PCRF-Fraktion	Zulässiger Mindestwert	Maximal zulässiger Wert
(fr (15 nm))/(fr (100 nm))	0,95	2,00
(fr (30 nm))/(fr (100 nm))	0,95	1,30
(fr (50 nm))/(fr (100 nm))	0,95	1,20

14.5.1. Reserviert

14.5.2. Entferner flüchtiger Partikel für die SPN10-Messung

Die Kalibrierung des PCRF für den Entferner flüchtiger Partikel über seinen gesamten Bereich der Verdünnungswerte bei den festen Nennbetriebstemperaturen des Instruments wird erforderlich, wenn das Bauteil neu ist und nach größeren Wartungsarbeiten. Die Anforderung einer regelmäßigen Überprüfung des PCRF für den Entferner flüchtiger Partikel ist auf die Überprüfung mit einer festen Einstellung beschränkt, die in der Regel für die Emissionsprüfung von marktüblichen Bremsen verwendet wird. Der technische Dienst sorgt dafür, dass in den sechs Monaten vor der Emissionsprüfung ein Kalibrier- oder Validierungszertifikat vorliegt. Verfügt der Entferner flüchtiger Partikel über Alarmvorrichtungen für die Temperaturüberwachung, so ist ein 13-monatiges Validierungsintervall zulässig.

Der Entferner flüchtiger Partikel muss für einen PCRF mit festen Partikeln von einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 15 nm, 30 nm, 50 nm und 100 nm ausgelegt sein. Er muss einen PCRF für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 15 nm, 30 nm und 50 nm höchstens 100 %, 30 % bzw. 20 % höher und höchstens 5 % niedriger als der PCRF für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 100 nm sein (Tabelle A4/21). Für die Validierung muss der mittlere PCRF ± 10 % des Minderungsfaktors des arithmetischen Mittelwerts der Partikelkonzentration, wie er bei der letzten Kalibrierung des Entferners flüchtiger Partikel bestimmt wurde, betragen.

Das Prüfaerosol muss für diese Messungen aus festen Partikeln mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 15 nm, 30 nm, 50 nm und 100 nm bestehen. Die Mindestkonzentration muss am Einlass zum Verdünnungssystem 3 000 Partikel pro cm^3 für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 15 nm und 5 000 Partikel pro cm^3 für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm, 50 nm und 100 nm betragen Die Partikelkonzentrationen sind vor und hinter den jeweiligen Bauteilen zu messen. Für jede monodisperse Partikelgröße (f_r (d_x)) ist der PCRF nach Gleichung 14.1. zu berechnen. Der Minderungsfaktor des arithmetischen Mittelwerts der Partikelkonzentration (f_r) bei einem bestimmten Verdünnungswert ist nach Gleichung 14.2 zu berechnen.

Es wird empfohlen, den Entferner flüchtiger Partikel als vollständiges Bauteil zu kalibrieren und zu validieren. Die Abscheideeffizienz des Entferners flüchtiger Partikel muss nur einmal für die zur SPN10-Messung verwendeten Instrumentenfamilie nachgewiesen werden. Der Instrumentenhersteller muss jedoch den Wartungs- oder Austauschzeitraum festlegen, der gewährleistet, dass die Abscheideeffizienz des Entferners flüchtiger Partikel nicht unter die technischen Anforderungen fällt. Falls diese Informationen nicht vorgelegt werden, ist die Abscheideeffizienz für jedes Instrument jährlich zu überprüfen.

Der für SPN10-Messungen verwendete Entferner flüchtiger Partikel muss in Bezug auf Tetracontanpartikel ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) mit einem mittleren Zähldurchmesser (elektrischer Mobilitätsdurchmesser) von > 50 nm und einer Masse von > 1 mg/m^3 nachweislich mehr als 99,9 % dieser Partikel entfernen können, wobei der Mindestverdünnungswert und die vom Hersteller empfohlene Betriebstemperatur zu wählen sind.

Der Instrumentenhersteller muss den Partikeldurchsatz $P_r(d_x)$ durch Prüfung einer Einheit für jedes Modell eines Systems nachweisen. Ein Modell eines Systems umfasst hier alle Systeme mit derselben Hardware, d. h. mit denselben geometrischen Eigenschaften, Leitungsmaterialien, Strömen und Temperaturprofilen im Aerosol-Pfad. Der Durchsatz von Partikeln $P_r(d_x)$ mit der Partikelgröße d_x ist anhand der Gleichung 14.3 zu berechnen.

14.6. Partikelzähler

Die Typgenehmigungsbehörde sorgt dafür, dass für den Partikelzähler ein Kalibrierzertifikat vorliegt, aus dem für den 13-monatigen Zeitraum vor den Emissionsprüfungen der Nachweis über die Übereinstimmung mit einer rückverfolgbaren Norm hervorgeht. Falls vom Hersteller des Geräts empfohlen, ist zwischen den Kalibrierungen entweder die Effizienz der Zählfunktion des Partikelzählers auf Verschlechterung hin zu überwachen oder der Docht des Partikelzählers alle sechs Monate routinemäßig auszutauschen. Der Partikelzähler ist nach jeder größeren Wartungsarbeit erneut zu kalibrieren, und ein neues Kalibrierzertifikat ist auszustellen.

Die Kalibrierung muss sich auf ein Standard-Kalibrierverfahren zurückführen lassen. Die Prüfeinrichtung wendet für die Kalibrierung des Partikelzählers eines der beiden folgenden Verfahren an:

a) Vergleich des Ansprechverhaltens des zu kalibrierenden PNC mit dem eines kalibrierten Aerosolelektrometers bei der gleichzeitigen Probenahme elektrostatisch klassierter Kalibrierpartikel,

b) Vergleich des Ansprechverhaltens des zu kalibrierenden PNC mit dem eines zweiten PNC, der nach dem oben genannten Verfahren direkt kalibriert worden ist.

Die Kalibrierung muss derart erfolgen, dass mindestens sechs Standardkonzentrationen über den Messbereich des Partikelzählers verwendet werden. Fünf dieser Standardkonzentrationen müssen so gleichmäßig wie möglich zwischen der Standardkonzentration von 3 000 Partikeln pro cm^3 oder weniger und dem Höchstwert des Partikelzählerbereichs im Einzelpartikelzählmodus verteilt sein. Unter den sechs Punkten für die Standardkonzentration muss ein Nullpunkt für die Nennkonzentration sein, der durch die Anbringung von HEPA-Filtern am Einlass jedes Instruments erzielt wird, die mindestens der Klasse H13 gemäß EN 1822:2008 oder gleichwertiger Leistungsstärke entsprechen. Der Gradient einer linearen Regression der kleinsten Quadrate der beiden Datensätze ist zu berechnen und aufzuzeichnen. Ein Kalibrierungsfaktor, der dem Kehrwert des Gradienten entspricht, ist auf den zu kalibrierenden Partikelzähler anzuwenden. Die Linearreaktion wird als das Quadrat aus dem Korrelationskoeffizienten (Pearson-Produkt-Moment-Korrelation) (r) der beiden Datensätze berechnet und muss größer oder gleich 0,97 sein. Bei der Berechnung des Gradienten und von R^2 muss die lineare Regression durch den Nullpunkt durchgeführt werden (Nullkonzentration bei beiden Geräten). Der Kalibrierfaktor muss zwischen 0,9 und 1,1 liegen. Jede mit dem zu kalibrierenden Partikelzähler gemessene Konzentration muss ± 5 % der gemessenen Bezugskonzentration multipliziert mit dem Gradienten betragen, mit Ausnahme des Nullpunkts.

Die Kalibrierung muss auch eine Überprüfung in Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen beinhalten, d. h. hinsichtlich des Nachweiswirkungsgrads des Partikelzählers bei Partikeln mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 10 nm. Eine Überprüfung der Effizienz der Zählfunktion in Bezug auf 15 nm-Partikel ist während der periodischen Kalibrierung nicht erforderlich.

Anhang 4 – Anlage 1

Vorgänge während des WLTP-Bremszyklus

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
0	4	1	Leerlauf	0,0	0,0
4	10	1	Beschl.	0,0	20,7
10	18	1	Reisegeschw.	20,7	20,7
18	24	1	Verzög.	20,7	0,0
24	27	1	Leerlauf	0,0	0,0
27	46	1	Beschl.	0,0	23,1
46	58	1	Reisegeschw.	23,1	23,1
58	65	1	Verzög.	23,1	5,6
65	68	1	Reisegeschw.	5,6	5,6
68	77	1	Beschl.	5,6	15,4
77	85	1	Reisegeschw.	15,4	15,4
85	89	1	Verzög.	15,4	4,4
89	92	1	Reisegeschw.	4,4	4,4
92	100	1	Beschl.	4,4	25,7
100	103	1	Reisegeschw.	25,7	25,7
103	109	1	Verzög.	25,7	7,2
109	112	1	Reisegeschw.	7,2	7,2
112	122	1	Beschl.	7,2	24,8
122	129	1	Reisegeschw.	24,8	24,8
129	132	1	Verzög.	24,8	16,7
132	135	1	Reisegeschw.	16,7	16,7
135	137	1	Beschl.	16,7	18,7
137	140	1	Reisegeschw.	18,7	18,7
140	149	1	Verzög.	18,7	0,0
149	153	1	Leerlauf	0,0	0,0
153	174	1	Beschl.	0,0	32,5
174	177	1	Reisegeschw.	32,5	32,5
177	183	1	Verzög.	32,5	0,0
183	281	1	Leerlauf	0,0	0,0
281	295	1	Beschl.	0,0	27,5
295	298	1	Reisegeschw.	27,5	27,5
298	303	1	Verzög.	27,5	11,8
303	306	1	Reisegeschw.	11,8	11,8
306	311	1	Beschl.	11,8	29,4
311	314	1	Reisegeschw.	29,4	29,4

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
314	320	1	Verzög.	29,4	9,7
320	323	1	Reisegeschw.	9,7	9,7
323	333	1	Beschl.	9,7	31,9
333	341	1	Reisegeschw.	31,9	31,9
341	347	1	Verzög.	31,9	9,5
347	351	1	Reisegeschw.	9,5	9,5
351	358	1	Beschl.	9,5	14,7
358	361	1	Reisegeschw.	14,7	14,7
361	366	1	Verzög.	14,7	0,0
366	372	1	Leerlauf	0,0	0,0
372	381	1	Beschl.	0,0	59,5
381	384	1	Reisegeschw.	59,5	59,5
384	388	1	Verzög.	59,5	47,6
388	402	1	Reisegeschw.	47,6	47,6
402	406	1	Verzög.	47,6	36,2
406	478	1	Reisegeschw.	36,2	36,2
478	480	1	Beschl.	36,2	38,2
480	486	1	Reisegeschw.	38,2	38,2
486	490	1	Verzög.	38,2	25,5
490	493	1	Reisegeschw.	25,5	25,5
493	496	1	Verzög.	25,5	18,4
496	499	1	Reisegeschw.	18,4	18,4
499	505	1	Verzög.	18,4	0,0
505	508	1	Leerlauf	0,0	0,0
508	516	1	Beschl.	0,0	42,3
516	543	1	Reisegeschw.	42,3	42,3
543	552	1	Verzög.	42,3	0,0
552	555	1	Leerlauf	0,0	0,0
555	564	1	Beschl.	0,0	42,1
564	566	1	Reisegeschw.	42,1	42,1
566	576	1	Verzög.	42,1	0,0
576	579	1	Leerlauf	0,0	0,0
579	587	1	Beschl.	0,0	31,3
587	592	1	Reisegeschw.	31,3	31,3
592	595	1	Verzög.	31,3	12,5
595	600	1	Reisegeschw.	12,5	12,5
600	605	1	Verzög.	12,5	0,0
605	622	1	Leerlauf	0,0	0,0

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
622	642	1	Beschl.	0,0	45,3
642	647	1	Reisegeschw.	45,3	45,3
647	657	1	Verzög.	45,3	0,0
657	660	1	Leerlauf	0,0	0,0
660	669	1	Beschl.	0,0	45,5
669	673	1	Reisegeschw.	45,5	45,5
673	683	1	Verzög.	45,5	0,0
683	685	1	Leerlauf	0,0	0,0
685	704	1	Beschl.	0,0	40,7
704	726	1	Reisegeschw.	40,7	40,7
726	733	1	Verzög.	40,7	12,8
733	736	1	Reisegeschw.	12,8	12,8
736	744	1	Beschl.	12,8	59,6
744	747	1	Reisegeschw.	59,6	59,6
747	751	1	Verzög.	59,6	46,7
751	758	1	Reisegeschw.	46,7	46,7
758	759	1	Beschl.	46,7	48,6
759	768	1	Reisegeschw.	48,6	48,6
768	777	1	Verzög.	48,6	0,0
777	778	1	Leerlauf	0,0	0,0
778	786	1	Beschl.	0,0	23,7
786	941	1	Reisegeschw.	23,7	23,7
941	945	1	Verzög.	23,7	9,8
945	948	1	Reisegeschw.	9,8	9,8
948	956	1	Beschl.	9,8	37,5
956	974	1	Reisegeschw.	37,5	37,5
974	983	1	Verzög.	37,5	0,0
983	986	1	Leerlauf	0,0	0,0
986	993	1	Beschl.	0,0	37,7
993	996	1	Reisegeschw.	37,7	37,7
996	1 005	1	Verzög.	37,7	0,0
1 005	1 008	1	Leerlauf	0,0	0,0
1 008	1 013	1	Beschl.	0,0	18,6
1 013	1 016	1	Reisegeschw.	18,6	18,6
1 016	1 021	1	Verzög.	18,6	0,0
1 021	1 070	1	Leerlauf	0,0	0,0
1 070	1 115	2	Leerlauf	0,0	0,0
1 115	1 119	2	Beschl.	0,0	13,8

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
1 119	1 122	2	Reisegeschw.	13,8	13,8
1 122	1 126	2	Verzög.	13,8	0,0
1 126	1 129	2	Leerlauf	0,0	0,0
1 129	1 144	2	Beschl.	0,0	34,2
1 144	1 147	2	Reisegeschw.	34,2	34,2
1 147	1 151	2	Verzög.	34,2	18,9
1 151	1 154	2	Reisegeschw.	18,9	18,9
1 154	1 162	2	Beschl.	18,9	32,9
1 162	1 174	2	Reisegeschw.	32,9	32,9
1 174	1 178	2	Verzög.	32,9	23,3
1 178	1 182	2	Reisegeschw.	23,3	23,3
1 182	1 186	2	Beschl.	23,3	25,6
1 186	1 188	2	Reisegeschw.	25,6	25,6
1 188	1 191	2	Verzög.	25,6	18,5
1 191	1 194	2	Reisegeschw.	18,5	18,5
1 194	1 206	2	Beschl.	18,5	38,7
1 206	1 209	2	Reisegeschw.	38,7	38,7
1 209	1 217	2	Verzög.	38,7	0,0
1 217	1 220	2	Leerlauf	0,0	0,0
1 220	1 236	2	Beschl.	0,0	48,4
1 236	1 253	2	Reisegeschw.	48,4	48,4
1 253	1 256	2	Verzög.	48,4	40,6
1 256	1 259	2	Reisegeschw.	40,6	40,6
1 259	1 262	2	Beschl.	40,6	42,4
1 262	1 282	2	Reisegeschw.	42,4	42,4
1 282	1 286	2	Verzög.	42,4	30,3
1 286	1 290	2	Reisegeschw.	30,3	30,3
1 290	1 295	2	Verzög.	30,3	13,7
1 295	1 298	2	Reisegeschw.	13,7	13,7
1 298	1 315	2	Beschl.	13,7	40,0
1 315	1 319	2	Reisegeschw.	40,0	40,0
1 319	1 325	2	Verzög.	40,0	20,0
1 325	1 328	2	Reisegeschw.	20,0	20,0
1 328	1 331	2	Beschl.	20,0	29,7
1 331	1 334	2	Reisegeschw.	29,7	29,7
1 334	1 338	2	Verzög.	29,7	18,9
1 338	1 341	2	Reisegeschw.	18,9	18,9
1 341	1 344	2	Beschl.	18,9	24,5

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
1 344	1 448	2	Reisegeschw.	24,5	24,5
1 448	1 451	2	Verzög.	24,5	17,5
1 451	1 454	2	Reisegeschw.	17,5	17,5
1 454	1 476	2	Beschl.	17,5	42,0
1 476	1 482	2	Reisegeschw.	42,0	42,0
1 482	1 491	2	Verzög.	42,0	0,0
1 491	1 502	2	Leerlauf	0,0	0,0
1 502	1 512	2	Beschl.	0,0	22,0
1 512	1 515	2	Reisegeschw.	22,0	22,0
1 515	1 519	2	Verzög.	22,0	11,8
1 519	1 522	2	Reisegeschw.	11,8	11,8
1 522	1 528	2	Beschl.	11,8	32,4
1 528	1 539	2	Reisegeschw.	32,4	32,4
1 539	1 547	2	Verzög.	32,4	6,1
1 547	1 550	2	Reisegeschw.	6,1	6,1
1 550	1 559	2	Beschl.	6,1	34,8
1 559	1 597	2	Reisegeschw.	34,8	34,8
1 597	1 605	2	Verzög.	34,8	0,0
1 605	1 608	2	Leerlauf	0,0	0,0
1 608	1 624	2	Beschl.	0,0	76,1
1 624	1 662	2	Reisegeschw.	76,1	76,1
1 662	1 675	2	Verzög.	76,1	0,0
1 675	1 678	2	Leerlauf	0,0	0,0
1 678	1 686	2	Beschl.	0,0	22,8
1 686	1 689	2	Reisegeschw.	22,8	22,8
1 689	1 694	2	Verzög.	22,8	0,0
1 694	1 697	2	Leerlauf	0,0	0,0
1 697	1 707	2	Beschl.	0,0	41,6
1 707	1 753	2	Reisegeschw.	41,6	41,6
1 753	1 757	2	Verzög.	41,6	27,2
1 757	1 763	2	Reisegeschw.	27,2	27,2
1 763	1 773	2	Beschl.	27,2	47,9
1 773	1 804	2	Reisegeschw.	47,9	47,9
1 804	1 807	2	Verzög.	47,9	35,2
1 807	1 823	2	Reisegeschw.	35,2	35,2
1 823	1 828	2	Verzög.	35,2	20,1
1 828	1 831	2	Reisegeschw.	20,1	20,1
1 831	1 843	2	Beschl.	20,1	59,2

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
1 843	1 870	2	Reisegeschw.	59,2	59,2
1 870	1 873	2	Verzög.	59,2	49,5
1 873	1 876	2	Reisegeschw.	49,5	49,5
1 876	1 885	2	Beschl.	49,5	72,9
1 885	1 895	2	Reisegeschw.	72,9	72,9
1 895	1 898	2	Verzög.	72,9	62,0
1 898	1 901	2	Reisegeschw.	62,0	62,0
1 901	1 904	2	Beschl.	62,0	66,4
1 904	1 907	2	Reisegeschw.	66,4	66,4
1 907	1 910	2	Verzög.	66,4	57,4
1 910	1 913	2	Reisegeschw.	57,4	57,4
1 913	1 915	2	Beschl.	57,4	60,0
1 915	1 918	2	Reisegeschw.	60,0	60,0
1 918	1 921	2	Verzög.	60,0	52,1
1 921	1 937	2	Reisegeschw.	52,1	52,1
1 937	1 947	2	Beschl.	52,1	79,7
1 947	1 951	2	Reisegeschw.	79,7	79,7
1 951	1 954	2	Verzög.	79,7	72,1
1 954	1 959	2	Reisegeschw.	72,1	72,1
1 959	1 960	2	Beschl.	72,1	74,0
1 960	1 972	2	Reisegeschw.	74,0	74,0
1 972	1 978	2	Verzög.	74,0	52,4
1 978	2 062	2	Reisegeschw.	52,4	52,4
2 062	2 074	2	Verzög.	52,4	0,0
2 074	2 077	2	Leerlauf	0,0	0,0
2 077	2 093	2	Beschl.	0,0	60,3
2 093	2 123	2	Reisegeschw.	60,3	60,3
2 123	2 133	2	Verzög.	60,3	0,0
2 133	2 137	2	Leerlauf	0,0	0,0
2 137	2 152	2	Beschl.	0,0	62,9
2 152	2 187	2	Reisegeschw.	62,9	62,9
2 187	2 195	2	Verzög.	62,9	0,0
2 195	2 199	2	Leerlauf	0,0	0,0
2 199	2 212	2	Beschl.	0,0	60,1
2 212	2 218	2	Reisegeschw.	60,1	60,1
2 218	2 229	2	Verzög.	60,1	15,2
2 229	2 233	2	Reisegeschw.	15,2	15,2
2 233	2 244	2	Beschl.	15,2	53,3

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
2 244	2 250	2	Reisegeschw.	53,3	53,3
2 250	2 261	2	Verzög.	53,3	0,0
2 261	2 266	2	Leerlauf	0,0	0,0
2 266	2 272	2	Beschl.	0,0	20,7
2 272	2 520	2	Reisegeschw.	20,7	20,7
2 520	2 526	2	Verzög.	20,7	0,0
2 526	2 529	2	Leerlauf	0,0	0,0
2 529	2 548	2	Beschl.	0,0	23,1
2 548	2 560	2	Reisegeschw.	23,1	23,1
2 560	2 567	2	Verzög.	23,1	5,6
2 567	2 570	2	Reisegeschw.	5,6	5,6
2 570	2 579	2	Beschl.	5,6	15,4
2 579	2 587	2	Reisegeschw.	15,4	15,4
2 587	2 591	2	Verzög.	15,4	4,4
2 591	2 594	2	Reisegeschw.	4,4	4,4
2 594	2 602	2	Beschl.	4,4	25,7
2 602	2 605	2	Reisegeschw.	25,7	25,7
2 605	2 611	2	Verzög.	25,7	7,2
2 611	2 614	2	Reisegeschw.	7,2	7,2
2 614	2 624	2	Beschl.	7,2	24,8
2 624	2 631	2	Reisegeschw.	24,8	24,8
2 631	2 634	2	Verzög.	24,8	16,7
2 634	2 637	2	Reisegeschw.	16,7	16,7
2 637	2 639	2	Beschl.	16,7	18,7
2 639	2 642	2	Reisegeschw.	18,7	18,7
2 642	2 650	2	Verzög.	18,7	0,0
2 650	2 655	2	Leerlauf	0,0	0,0
2 655	2 669	2	Beschl.	0,0	46,6
2 669	2 672	2	Reisegeschw.	46,6	46,6
2 672	2 677	2	Verzög.	46,6	9,4
2 677	2 680	2	Reisegeschw.	9,4	9,4
2 680	2 690	2	Beschl.	9,4	52,0
2 690	2 698	2	Reisegeschw.	52,0	52,0
2 698	2 701	2	Verzög.	52,0	41,5
2 701	2 704	2	Reisegeschw.	41,5	41,5
2 704	2 708	2	Beschl.	41,5	49,9
2 708	2 714	2	Reisegeschw.	49,9	49,9
2 714	2 719	2	Verzög.	49,9	34,0

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
2 719	2 722	2	Reisegeschw.	34,0	34,0
2 722	2 728	2	Beschl.	34,0	49,0
2 728	2 738	2	Reisegeschw.	49,0	49,0
2 738	2 745	2	Verzög.	49,0	23,8
2 745	2 748	2	Reisegeschw.	23,8	23,8
2 748	2 754	2	Beschl.	23,8	41,6
2 754	2 759	2	Reisegeschw.	41,6	41,6
2 759	2 767	2	Verzög.	41,6	0,0
2 767	2 835	2	Leerlauf	0,0	0,0
2 835	2 883	3	Leerlauf	0,0	0,0
2 883	2 892	3	Beschl.	0,0	32,1
2 892	2 897	3	Reisegeschw.	32,1	32,1
2 897	2 903	3	Verzög.	32,1	5,5
2 903	2 906	3	Reisegeschw.	5,5	5,5
2 906	2 924	3	Beschl.	5,5	50,5
2 924	2 946	3	Reisegeschw.	50,5	50,5
2 946	2 949	3	Verzög.	50,5	42,8
2 949	2 952	3	Reisegeschw.	42,8	42,8
2 952	2 955	3	Beschl.	42,8	45,0
2 955	2 958	3	Reisegeschw.	45,0	45,0
2 958	2 963	3	Verzög.	45,0	29,8
2 963	2 966	3	Reisegeschw.	29,8	29,8
2 966	2 971	3	Verzög.	29,8	0,0
2 971	2 976	3	Leerlauf	0,0	0,0
2 976	3 001	3	Beschl.	0,0	49,2
3 001	3 006	3	Reisegeschw.	49,2	49,2
3 006	3 011	3	Verzög.	49,2	33,1
3 011	3 014	3	Reisegeschw.	33,1	33,1
3 014	3 025	3	Beschl.	33,1	56,2
3 025	3 032	3	Reisegeschw.	56,2	56,2
3 032	3 036	3	Verzög.	56,2	44,0
3 036	3 039	3	Reisegeschw.	44,0	44,0
3 039	3 049	3	Beschl.	44,0	59,0
3 049	3 053	3	Reisegeschw.	59,0	59,0
3 053	3 056	3	Verzög.	59,0	51,2
3 056	3 059	3	Reisegeschw.	51,2	51,2
3 059	3 062	3	Beschl.	51,2	55,0
3 062	3 078	3	Reisegeschw.	55,0	55,0

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
3 078	3 081	3	Verzög.	55,0	47,5
3 081	3 084	3	Reisegeschw.	47,5	47,5
3 084	3 093	3	Beschl.	47,5	59,5
3 093	3 096	3	Reisegeschw.	59,5	59,5
3 096	3 101	3	Verzög.	59,5	39,9
3 101	3 159	3	Reisegeschw.	39,9	39,9
3 159	3 165	3	Verzög.	39,9	14,2
3 165	3 168	3	Reisegeschw.	14,2	14,2
3 168	3 192	3	Beschl.	14,2	58,3
3 192	3 195	3	Reisegeschw.	58,3	58,3
3 195	3 201	3	Verzög.	58,3	34,8
3 201	3 257	3	Reisegeschw.	34,8	34,8
3 257	3 261	3	Beschl.	34,8	39,5
3 261	3 268	3	Reisegeschw.	39,5	39,5
3 268	3 271	3	Verzög.	39,5	30,0
3 271	3 274	3	Reisegeschw.	30,0	30,0
3 274	3 292	3	Beschl.	30,0	56,2
3 292	3 308	3	Reisegeschw.	56,2	56,2
3 308	3 311	3	Verzög.	56,2	46,0
3 311	3 314	3	Reisegeschw.	46,0	46,0
3 314	3 318	3	Beschl.	46,0	54,4
3 318	3 418	3	Reisegeschw.	54,4	54,4
3 418	3 422	3	Verzög.	54,4	40,4
3 422	3 432	3	Reisegeschw.	40,4	40,4
3 432	3 438	3	Beschl.	40,4	53,5
3 438	3 441	3	Reisegeschw.	53,5	53,5
3 441	3 445	3	Verzög.	53,5	40,8
3 445	3 480	3	Reisegeschw.	40,8	40,8
3 480	3 483	3	Verzög.	40,8	32,0
3 483	3 486	3	Reisegeschw.	32,0	32,0
3 486	3 489	3	Beschl.	32,0	34,7
3 489	3 492	3	Reisegeschw.	34,7	34,7
3 492	3 495	3	Verzög.	34,7	26,4
3 495	3 498	3	Reisegeschw.	26,4	26,4
3 498	3 514	3	Beschl.	26,4	50,6
3 514	3 557	3	Reisegeschw.	50,6	50,6
3 557	3 561	3	Verzög.	50,6	37,6
3 561	3 621	3	Reisegeschw.	37,6	37,6

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
3 621	3 626	3	Verzög.	37,6	22,4
3 626	3 629	3	Reisegeschw.	22,4	22,4
3 629	3 640	3	Beschl.	22,4	36,8
3 640	3 647	3	Reisegeschw.	36,8	36,8
3 647	3 651	3	Verzög.	36,8	22,9
3 651	3 654	3	Reisegeschw.	22,9	22,9
3 654	3 675	3	Beschl.	22,9	55,3
3 675	3 684	3	Reisegeschw.	55,3	55,3
3 684	3 688	3	Verzög.	55,3	39,5
3 688	3 692	3	Reisegeschw.	39,5	39,5
3 692	3 698	3	Verzög.	39,5	15,5
3 698	3 701	3	Reisegeschw.	15,5	15,5
3 701	3 717	3	Beschl.	15,5	44,3
3 717	3 729	3	Reisegeschw.	44,3	44,3
3 729	3 732	3	Verzög.	44,3	36,6
3 732	3 773	3	Reisegeschw.	36,6	36,6
3 773	3 778	3	Verzög.	36,6	20,8
3 778	3 796	3	Reisegeschw.	20,8	20,8
3 796	3 802	3	Beschl.	20,8	32,0
3 802	3 849	3	Reisegeschw.	32,0	32,0
3 849	3 852	3	Verzög.	32,0	24,8
3 852	3 855	3	Reisegeschw.	24,8	24,8
3 855	3 875	3	Beschl.	24,8	51,6
3 875	3 879	3	Reisegeschw.	51,6	51,6
3 879	3 883	3	Verzög.	51,6	39,3
3 883	3 895	3	Reisegeschw.	39,3	39,3
3 895	3 898	3	Verzög.	39,3	32,4
3 898	3 939	3	Reisegeschw.	32,4	32,4
3 939	3 946	3	Verzög.	32,4	0,0
3 946	3 947	3	Leerlauf	0,0	0,0
3 947	3 949	4	Leerlauf	0,0	0,0
3 949	3 966	4	Beschl.	0,0	75,8
3 966	4 001	4	Reisegeschw.	75,8	75,8
4 001	4 005	4	Verzög.	75,8	63,9
4 005	4 081	4	Reisegeschw.	63,9	63,9
4 081	4 086	4	Beschl.	63,9	72,4
4 086	4 089	4	Reisegeschw.	72,4	72,4
4 089	4 093	4	Verzög.	72,4	58,7

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
4 093	4 096	4	Reisegeschw.	58,7	58,7
4 096	4 104	4	Beschl.	58,7	65,9
4 104	4 118	4	Reisegeschw.	65,9	65,9
4 118	4 122	4	Verzög.	65,9	53,7
4 122	4 136	4	Reisegeschw.	53,7	53,7
4 136	4 137	4	Beschl.	53,7	54,9
4 137	4 147	4	Reisegeschw.	54,9	54,9
4 147	4 157	4	Verzög.	54,9	0,0
4 157	4 164	4	Leerlauf	0,0	0,0
4 164	4 196	4	Beschl.	0,0	90,6
4 196	4 551	4	Reisegeschw.	90,6	90,6
4 551	4 566	4	Verzög.	90,6	0,0
4 566	4 570	4	Leerlauf	0,0	0,0
4 570	4 578	4	Beschl.	0,0	33,0
4 578	4 586	4	Reisegeschw.	33,0	33,0
4 586	4 601	4	Beschl.	33,0	75,0
4 601	4 612	4	Reisegeschw.	75,0	75,0
4 612	4 619	4	Beschl.	75,0	80,3
4 619	4 635	4	Reisegeschw.	80,3	80,3
4 635	4 653	4	Beschl.	80,3	95,6
4 653	4 668	4	Reisegeschw.	95,6	95,6
4 668	4 683	4	Verzög.	95,6	25,5
4 683	4 688	4	Reisegeschw.	25,5	25,5
4 688	4 714	4	Beschl.	25,5	98,4
4 714	5 004	4	Reisegeschw.	98,4	98,4
5 004	5 019	4	Verzög.	98,4	0,0
5 019	5 022	4	Leerlauf	0,0	0,0
5 022	5 060	4	Beschl.	0,0	82,8
5 060	5 071	4	Reisegeschw.	82,8	82,8
5 071	5 076	4	Verzög.	82,8	69,4
5 076	5 135	4	Reisegeschw.	69,4	69,4
5 135	5 149	4	Verzög.	69,4	10,1
5 149	5 152	4	Reisegeschw.	10,1	10,1
5 152	5 170	4	Beschl.	10,1	69,0
5 170	5 190	4	Reisegeschw.	69,0	69,0
5 190	5 193	4	Verzög.	69,0	61,7
5 193	5 290	4	Reisegeschw.	61,7	61,7
5 290	5 293	4	Beschl.	61,7	64,7

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
5 293	5 297	4	Reisegeschw.	64,7	64,7
5 297	5 300	4	Verzög.	64,7	57,8
5 300	5 314	4	Reisegeschw.	57,8	57,8
5 314	5 326	4	Verzög.	57,8	0,0
5 326	5 336	4	Leerlauf	0,0	0,0
5 336	5 342	4	Beschl.	0,0	20,7
5 342	5 350	4	Reisegeschw.	20,7	20,7
5 350	5 356	4	Verzög.	20,7	0,0
5 356	5 359	4	Leerlauf	0,0	0,0
5 359	5 378	4	Beschl.	0,0	23,1
5 378	5 390	4	Reisegeschw.	23,1	23,1
5 390	5 397	4	Verzög.	23,1	5,6
5 397	5 400	4	Reisegeschw.	5,6	5,6
5 400	5 409	4	Beschl.	5,6	15,4
5 409	5 417	4	Reisegeschw.	15,4	15,4
5 417	5 421	4	Verzög.	15,4	4,4
5 421	5 424	4	Reisegeschw.	4,4	4,4
5 424	5 432	4	Beschl.	4,4	25,7
5 432	5 435	4	Reisegeschw.	25,7	25,7
5 435	5 441	4	Verzög.	25,7	7,2
5 441	5 444	4	Reisegeschw.	7,2	7,2
5 444	5 454	4	Beschl.	7,2	24,8
5 454	5 461	4	Reisegeschw.	24,8	24,8
5 461	5 464	4	Verzög.	24,8	16,7
5 464	5 467	4	Reisegeschw.	16,7	16,7
5 467	5 469	4	Beschl.	16,7	18,7
5 469	5 472	4	Reisegeschw.	18,7	18,7
5 472	5 480	4	Verzög.	18,7	0,0
5 480	5 484	4	Leerlauf	0,0	0,0
5 484	5 488	5	Leerlauf	0,0	0,0
5 488	5 496	5	Beschl.	0,0	41,8
5 496	5 514	5	Reisegeschw.	41,8	41,8
5 514	5 524	5	Verzög.	41,8	0,0
5 524	5 527	5	Leerlauf	0,0	0,0
5 527	5 542	5	Beschl.	0,0	34,6
5 542	5 554	5	Reisegeschw.	34,6	34,6
5 554	5 557	5	Verzög.	34,6	27,3
5 557	5 560	5	Reisegeschw.	27,3	27,3

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
5 560	5 568	5	Beschl.	27,3	43,5
5 568	5 571	5	Reisegeschw.	43,5	43,5
5 571	5 581	5	Verzög.	43,5	0,0
5 581	5 587	5	Leerlauf	0,0	0,0
5 587	5 601	5	Beschl.	0,0	30,0
5 601	5 624	5	Reisegeschw.	30,0	30,0
5 624	5 629	5	Verzög.	30,0	13,6
5 629	5 632	5	Reisegeschw.	13,6	13,6
5 632	5 639	5	Beschl.	13,6	37,0
5 639	5 647	5	Reisegeschw.	37,0	37,0
5 647	5 656	5	Verzög.	37,0	0,0
5 656	5 713	5	Leerlauf	0,0	0,0
5 713	5 734	5	Beschl.	0,0	41,2
5 734	5 749	5	Reisegeschw.	41,2	41,2
5 749	5 753	5	Verzög.	41,2	29,5
5 753	5 789	5	Reisegeschw.	29,5	29,5
5 789	5 792	5	Verzög.	29,5	18,0
5 792	5 795	5	Reisegeschw.	18,0	18,0
5 795	5 800	5	Verzög.	18,0	0,0
5 800	5 803	5	Leerlauf	0,0	0,0
5 803	5 811	5	Beschl.	0,0	29,5
5 811	5 814	5	Reisegeschw.	29,5	29,5
5 814	5 817	5	Verzög.	29,5	22,1
5 817	5 820	5	Reisegeschw.	22,1	22,1
5 820	5 824	5	Verzög.	22,1	8,1
5 824	5 827	5	Reisegeschw.	8,1	8,1
5 827	5 832	5	Beschl.	8,1	16,9
5 832	5 844	5	Reisegeschw.	16,9	16,9
5 844	5 849	5	Verzög.	16,9	0,0
5 849	5 952	5	Leerlauf	0,0	0,0
5 952	5 958	5	Beschl.	0,0	14,4
5 958	5 965	5	Reisegeschw.	14,4	14,4
5 965	5 968	5	Verzög.	14,4	3,5
5 968	5 971	5	Reisegeschw.	3,5	3,5
5 971	6 010	5	Beschl.	3,5	56,4
6 010	6 074	5	Reisegeschw.	56,4	56,4
6 074	6 078	5	Verzög.	56,4	41,2
6 078	6 081	5	Reisegeschw.	41,2	41,2

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
6 081	6 088	5	Verzög.	41,2	13,9
6 088	6 091	5	Reisegeschw.	13,9	13,9
6 091	6 111	5	Beschl.	13,9	56,4
6 111	6 175	5	Reisegeschw.	56,4	56,4
6 175	6 180	5	Verzög.	56,4	41,3
6 180	6 183	5	Reisegeschw.	41,3	41,3
6 183	6 200	5	Beschl.	41,3	58,0
6 200	6 208	5	Reisegeschw.	58,0	58,0
6 208	6 213	5	Verzög.	58,0	39,6
6 213	6 248	5	Reisegeschw.	39,6	39,6
6 248	6 252	5	Verzög.	39,6	22,3
6 252	6 255	5	Reisegeschw.	22,3	22,3
6 255	6 258	5	Beschl.	22,3	26,7
6 258	6 320	5	Reisegeschw.	26,7	26,7
6 320	6 330	5	Verzög.	26,7	0,0
6 330	6 339	5	Leerlauf	0,0	0,0
6 339	6 425	5	Beschl.	0,0	105,2
6 425	6 872	5	Reisegeschw.	105,2	105,2
6 872	6 876	5	Verzög.	105,2	90,4
6 876	6 884	5	Reisegeschw.	90,4	90,4
6 884	6 893	5	Beschl.	90,4	102,2
6 893	6 898	5	Reisegeschw.	102,2	102,2
6 898	6 901	5	Verzög.	102,2	91,6
6 901	6 923	5	Reisegeschw.	91,6	91,6
6 923	6 926	5	Beschl.	91,6	94,6
6 926	6 930	5	Reisegeschw.	94,6	94,6
6 930	6 932	5	Verzög.	94,6	87,2
6 932	6 953	5	Reisegeschw.	87,2	87,2
6 953	6 957	5	Verzög.	87,2	72,3
6 957	6 960	5	Reisegeschw.	72,3	72,3
6 960	6 973	5	Beschl.	72,3	84,8
6 973	6 977	5	Reisegeschw.	84,8	84,8
6 977	6 981	5	Verzög.	84,8	73,8
6 981	6 985	5	Reisegeschw.	73,8	73,8
6 985	6 995	5	Beschl.	73,8	87,8
6 995	6 999	5	Reisegeschw.	87,8	87,8
6 999	7 005	5	Verzög.	87,8	69,0
7 005	7 069	5	Reisegeschw.	69,0	69,0

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
7 069	7 074	5	Verzög.	69,0	50,2
7 074	7 090	5	Reisegeschw.	50,2	50,2
7 090	7 104	5	Beschl.	50,2	83,5
7 104	7 114	5	Reisegeschw.	83,5	83,5
7 114	7 117	5	Verzög.	83,5	71,3
7 117	7 177	5	Reisegeschw.	71,3	71,3
7 177	7 182	5	Verzög.	71,3	53,5
7 182	7 185	5	Reisegeschw.	53,5	53,5
7 185	7 198	5	Beschl.	53,5	80,0
7 198	7 201	5	Reisegeschw.	80,0	80,0
7 201	7 205	5	Verzög.	80,0	66,0
7 205	7 346	5	Reisegeschw.	66,0	66,0
7 346	7 349	5	Verzög.	66,0	56,7
7 349	7 354	5	Reisegeschw.	56,7	56,7
7 354	7 368	5	Beschl.	56,7	83,9
7 368	7 381	5	Reisegeschw.	83,9	83,9
7 381	7 388	5	Verzög.	83,9	42,5
7 388	7 400	5	Reisegeschw.	42,5	42,5
7 400	7 414	5	Beschl.	42,5	73,8
7 414	7 442	5	Reisegeschw.	73,8	73,8
7 442	7 455	5	Verzög.	73,8	24,4
7 455	7 490	5	Reisegeschw.	24,4	24,4
7 490	7 496	5	Verzög.	24,4	0,0
7 496	7 503	5	Leerlauf	0,0	0,0
7 503	7 509	5	Beschl.	0,0	22,9
7 509	7 518	5	Reisegeschw.	22,9	22,9
7 518	7 522	5	Verzög.	22,9	13,5
7 522	7 525	5	Reisegeschw.	13,5	13,5
7 525	7 531	5	Beschl.	13,5	23,0
7 531	7 534	5	Reisegeschw.	23,0	23,0
7 534	7 537	5	Verzög.	23,0	15,4
7 537	7 540	5	Reisegeschw.	15,4	15,4
7 540	7 545	5	Beschl.	15,4	19,0
7 545	7 548	5	Reisegeschw.	19,0	19,0
7 548	7 551	5	Verzög.	19,0	12,2
7 551	7 554	5	Reisegeschw.	12,2	12,2
7 554	7 558	5	Beschl.	12,2	18,8
7 558	7 561	5	Reisegeschw.	18,8	18,8

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
7 561	7 567	5	Verzög.	18,8	0,0
7 567	7 688	5	Leerlauf	0,0	0,0
7 688	7 699	5	Beschl.	0,0	37,9
7 699	7 704	5	Reisegeschw.	37,9	37,9
7 704	7 709	5	Verzög.	37,9	24,4
7 709	7 748	5	Reisegeschw.	24,4	24,4
7 748	7 752	5	Verzög.	24,4	14,9
7 752	7 755	5	Reisegeschw.	14,9	14,9
7 755	7 764	5	Beschl.	14,9	45,3
7 764	7 769	5	Reisegeschw.	45,3	45,3
7 769	7 774	5	Verzög.	45,3	25,9
7 774	7 777	5	Reisegeschw.	25,9	25,9
7 777	7 787	5	Beschl.	25,9	40,6
7 787	7 795	5	Reisegeschw.	40,6	40,6
7 795	7 800	5	Verzög.	40,6	25,4
7 800	7 803	5	Reisegeschw.	25,4	25,4
7 803	7 814	5	Beschl.	25,4	37,2
7 814	7 817	5	Reisegeschw.	37,2	37,2
7 817	7 822	5	Verzög.	37,2	20,8
7 822	7 825	5	Reisegeschw.	20,8	20,8
7 825	7 829	5	Beschl.	20,8	26,3
7 829	7 883	5	Reisegeschw.	26,3	26,3
7 883	7 889	5	Verzög.	26,3	0,0
7 889	7 892	5	Leerlauf	0,0	0,0
7 892	7 904	5	Beschl.	0,0	53,4
7 904	7 907	5	Reisegeschw.	53,4	53,4
7 907	7 913	5	Verzög.	53,4	28,2
7 913	7 916	5	Reisegeschw.	28,2	28,2
7 916	7 926	5	Beschl.	28,2	42,6
7 926	7 941	5	Reisegeschw.	42,6	42,6
7 941	7 947	5	Verzög.	42,6	19,0
7 947	7 950	5	Reisegeschw.	19,0	19,0
7 950	7 962	5	Beschl.	19,0	57,1
7 962	7 973	5	Reisegeschw.	57,1	57,1
7 973	7 979	5	Verzög.	57,1	31,8
7 979	7 982	5	Reisegeschw.	31,8	31,8
7 982	7 988	5	Beschl.	31,8	50,0
7 988	8 064	5	Reisegeschw.	50,0	50,0

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
8 064	8 069	5	Verzög.	50,0	24,4
8 069	8 072	5	Reisegeschw.	24,4	24,4
8 072	8 078	5	Beschl.	24,4	58,2
8 078	8 081	5	Reisegeschw.	58,2	58,2
8 081	8 088	5	Verzög.	58,2	29,9
8 088	8 120	5	Reisegeschw.	29,9	29,9
8 120	8 123	5	Verzög.	29,9	21,2
8 123	8 126	5	Reisegeschw.	21,2	21,2
8 126	8 129	5	Beschl.	21,2	25,0
8 129	8 162	5	Reisegeschw.	25,0	25,0
8 162	8 165	5	Beschl.	25,0	32,6
8 165	8 168	5	Reisegeschw.	32,6	32,6
8 168	8 174	5	Verzög.	32,6	0,0
8 174	8 175	5	Leerlauf	0,0	0,0
8 175	8 177	6	Leerlauf	0,0	0,0
8 177	8 189	6	Beschl.	0,0	21,2
8 189	8 413	6	Reisegeschw.	21,2	21,2
8 413	8 418	6	Verzög.	21,2	9,5
8 418	8 421	6	Reisegeschw.	9,5	9,5
8 421	8 425	6	Verzög.	9,5	0,0
8 425	8 483	6	Leerlauf	0,0	0,0
8 483	8 540	7	Leerlauf	0,0	0,0
8 540	8 547	7	Beschl.	0,0	35,1
8 547	8 552	7	Reisegeschw.	35,1	35,1
8 552	8 560	7	Verzög.	35,1	5,5
8 560	8 563	7	Reisegeschw.	5,5	5,5
8 563	8 577	7	Beschl.	5,5	16,5
8 577	8 609	7	Reisegeschw.	16,5	16,5
8 609	8 614	7	Verzög.	16,5	0,0
8 614	8 625	7	Leerlauf	0,0	0,0
8 625	8 670	7	Beschl.	0,0	96,9
8 670	9 081	7	Reisegeschw.	96,9	96,9
9 081	9 089	7	Verzög.	96,9	73,3
9 089	9 117	7	Reisegeschw.	73,3	73,3
9 117	9 127	7	Verzög.	73,3	20,1
9 127	9 130	7	Reisegeschw.	20,1	20,1
9 130	9 143	7	Beschl.	20,1	62,2
9 143	9 146	7	Reisegeschw.	62,2	62,2

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
9 146	9 155	7	Verzög.	62,2	6,6
9 155	9 158	7	Reisegeschw.	6,6	6,6
9 158	9 171	7	Beschl.	6,6	53,2
9 171	9 174	7	Reisegeschw.	53,2	53,2
9 174	9 187	7	Verzög.	53,2	0,0
9 187	9 188	7	Leerlauf	0,0	0,0
9 188	9 190	8	Leerlauf	0,0	0,0
9 190	9 238	8	Beschl.	0,0	83,6
9 238	9 264	8	Reisegeschw.	83,6	83,6
9 264	9 279	8	Verzög.	83,6	0,0
9 279	9 366	8	Leerlauf	0,0	0,0
9 366	9 372	8	Beschl.	0,0	23,9
9 372	9 375	8	Reisegeschw.	23,9	23,9
9 375	9 382	8	Verzög.	23,9	0,0
9 382	9 386	8	Leerlauf	0,0	0,0
9 386	9 402	8	Beschl.	0,0	65,3
9 402	9 427	8	Reisegeschw.	65,3	65,3
9 427	9 439	8	Verzög.	65,3	0,0
9 439	9 443	8	Leerlauf	0,0	0,0
9 443	9 453	8	Beschl.	0,0	40,5
9 453	9 489	8	Reisegeschw.	40,5	40,5
9 489	9 493	8	Verzög.	40,5	29,3
9 493	9 496	8	Reisegeschw.	29,3	29,3
9 496	9 516	8	Beschl.	29,3	63,0
9 516	9 812	8	Reisegeschw.	63,0	63,0
9 812	9 815	8	Verzög.	63,0	52,2
9 815	9 845	8	Reisegeschw.	52,2	52,2
9 845	9 848	8	Verzög.	52,2	44,6
9 848	9 851	8	Reisegeschw.	44,6	44,6
9 851	9 859	8	Beschl.	44,6	59,2
9 859	9 864	8	Reisegeschw.	59,2	59,2
9 864	9 869	8	Verzög.	59,2	45,2
9 869	9 872	8	Reisegeschw.	45,2	45,2
9 872	9 876	8	Beschl.	45,2	53,9
9 876	9 888	8	Reisegeschw.	53,9	53,9
9 888	9 898	8	Verzög.	53,9	0,0
9 898	9 899	8	Leerlauf	0,0	0,0
9 899	9 901	9	Leerlauf	0,0	0,0

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
9 901	9 909	9	Beschl.	0,0	19,1
9 909	10 036	9	Reisegeschw.	19,1	19,1
10 036	10 041	9	Verzög.	19,1	6,4
10 041	10 044	9	Reisegeschw.	6,4	6,4
10 044	10 046	9	Beschl.	6,4	10,5
10 046	10 049	9	Reisegeschw.	10,5	10,5
10 049	10 054	9	Verzög.	10,5	0,0
10 054	10 056	9	Leerlauf	0,0	0,0
10 056	10 066	9	Beschl.	0,0	29,6
10 066	10 273	9	Reisegeschw.	29,6	29,6
10 273	10 280	9	Verzög.	29,6	0,0
10 280	10 284	9	Leerlauf	0,0	0,0
10 284	10 294	9	Beschl.	0,0	24,3
10 294	10 453	9	Reisegeschw.	24,3	24,3
10 453	10 458	9	Verzög.	24,3	4,5
10 458	10 461	9	Reisegeschw.	4,5	4,5
10 461	10 469	9	Beschl.	4,5	27,8
10 469	10 475	9	Reisegeschw.	27,8	27,8
10 475	10 479	9	Verzög.	27,8	17,3
10 479	10 482	9	Reisegeschw.	17,3	17,3
10 482	10 486	9	Verzög.	17,3	6,5
10 486	10 489	9	Reisegeschw.	6,5	6,5
10 489	10 496	9	Beschl.	6,5	26,8
10 496	10 507	9	Reisegeschw.	26,8	26,8
10 507	10 514	9	Verzög.	26,8	0,0
10 514	10 554	9	Leerlauf	0,0	0,0
10 554	10 626	10	Leerlauf	0,0	0,0
10 626	10 632	10	Beschl.	0,0	27,5
10 632	10 638	10	Reisegeschw.	27,5	27,5
10 638	10 647	10	Verzög.	27,5	0,0
10 647	10 650	10	Leerlauf	0,0	0,0
10 650	10 663	10	Beschl.	0,0	39,0
10 663	10 696	10	Reisegeschw.	39,0	39,0
10 696	10 700	10	Verzög.	39,0	29,0
10 700	10 707	10	Reisegeschw.	29,0	29,0
10 707	10 712	10	Beschl.	29,0	35,1
10 712	10 721	10	Reisegeschw.	35,1	35,1
10 721	10 725	10	Verzög.	35,1	24,5

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
10 725	10 728	10	Reisegeschw.	24,5	24,5
10 728	10 737	10	Beschl.	24,5	41,9
10 737	10 758	10	Reisegeschw.	41,9	41,9
10 758	10 761	10	Verzög.	41,9	34,1
10 761	10 764	10	Reisegeschw.	34,1	34,1
10 764	10 768	10	Beschl.	34,1	39,4
10 768	10 792	10	Reisegeschw.	39,4	39,4
10 792	10 797	10	Verzög.	39,4	24,9
10 797	10 800	10	Reisegeschw.	24,9	24,9
10 800	10 808	10	Beschl.	24,9	36,4
10 808	10 811	10	Reisegeschw.	36,4	36,4
10 811	10 822	10	Verzög.	36,4	0,0
10 822	10 825	10	Leerlauf	0,0	0,0
10 825	10 838	10	Beschl.	0,0	55,7
10 838	10 868	10	Reisegeschw.	55,7	55,7
10 868	10 879	10	Verzög.	55,7	0,0
10 879	10 888	10	Leerlauf	0,0	0,0
10 888	10 901	10	Beschl.	0,0	56,2
10 901	11 088	10	Reisegeschw.	56,2	56,2
11 088	11 101	10	Verzög.	56,2	0,0
11 101	11 104	10	Leerlauf	0,0	0,0
11 104	11 114	10	Beschl.	0,0	43,6
11 114	11 117	10	Reisegeschw.	43,6	43,6
11 117	11 126	10	Verzög.	43,6	0,0
11 126	11 238	10	Leerlauf	0,0	0,0
11 238	11 242	10	Beschl.	0,0	11,2
11 242	11 245	10	Reisegeschw.	11,2	11,2
11 245	11 249	10	Verzög.	11,2	4,1
11 249	11 252	10	Reisegeschw.	4,1	4,1
11 252	11 258	10	Beschl.	4,1	15,0
11 258	11 261	10	Reisegeschw.	15,0	15,0
11 261	11 265	10	Verzög.	15,0	6,2
11 265	11 268	10	Reisegeschw.	6,2	6,2
11 268	11 273	10	Beschl.	6,2	10,1
11 273	11 276	10	Reisegeschw.	10,1	10,1
11 276	11 281	10	Verzög.	10,1	0,0
11 281	11 284	10	Leerlauf	0,0	0,0
11 284	11 293	10	Beschl.	0,0	31,3

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
11 293	11 313	10	Reisegeschw.	31,3	31,3
11 313	11 316	10	Verzög.	31,3	23,8
11 316	11 348	10	Reisegeschw.	23,8	23,8
11 348	11 351	10	Verzög.	23,8	16,9
11 351	11 354	10	Reisegeschw.	16,9	16,9
11 354	11 361	10	Verzög.	16,9	0,0
11 361	11 364	10	Leerlauf	0,0	0,0
11 364	11 373	10	Beschl.	0,0	40,0
11 373	11 512	10	Reisegeschw.	40,0	40,0
11 512	11 519	10	Verzög.	40,0	10,6
11 519	11 522	10	Reisegeschw.	10,6	10,6
11 522	11 528	10	Beschl.	10,6	15,6
11 528	11 541	10	Reisegeschw.	15,6	15,6
11 541	11 545	10	Verzög.	15,6	6,3
11 545	11 548	10	Reisegeschw.	6,3	6,3
11 548	11 552	10	Beschl.	6,3	15,6
11 552	11 557	10	Reisegeschw.	15,6	15,6
11 557	11 560	10	Verzög.	15,6	8,8
11 560	11 563	10	Reisegeschw.	8,8	8,8
11 563	11 567	10	Beschl.	8,8	13,1
11 567	11 574	10	Reisegeschw.	13,1	13,1
11 574	11 579	10	Verzög.	13,1	0,0
11 579	11 646	10	Leerlauf	0,0	0,0
11 646	11 652	10	Beschl.	0,0	23,1
11 652	11 659	10	Reisegeschw.	23,1	23,1
11 659	11 662	10	Verzög.	23,1	15,0
11 662	11 665	10	Reisegeschw.	15,0	15,0
11 665	11 666	10	Beschl.	15,0	18,1
11 666	11 669	10	Reisegeschw.	18,1	18,1
11 669	11 671	10	Verzög.	18,1	13,6
11 671	11 674	10	Reisegeschw.	13,6	13,6
11 674	11 680	10	Beschl.	13,6	19,4
11 680	11 684	10	Reisegeschw.	19,4	19,4
11 684	11 687	10	Verzög.	19,4	11,5
11 687	11 690	10	Reisegeschw.	11,5	11,5
11 690	11 694	10	Verzög.	11,5	0,0
11 694	11 830	10	Leerlauf	0,0	0,0
11 830	11 842	10	Beschl.	0,0	34,9

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
11 842	11 845	10	Reisegeschw.	34,9	34,9
11 845	11 848	10	Verzög.	34,9	27,9
11 848	11 851	10	Reisegeschw.	27,9	27,9
11 851	11 858	10	Beschl.	27,9	43,7
11 858	11 861	10	Reisegeschw.	43,7	43,7
11 861	11 865	10	Verzög.	43,7	32,1
11 865	11 868	10	Reisegeschw.	32,1	32,1
11 868	11 873	10	Verzög.	32,1	12,4
11 873	11 880	10	Reisegeschw.	12,4	12,4
11 880	11 884	10	Verzög.	12,4	0,0
11 884	12 054	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 054	12 064	10	Beschl.	0,0	14,7
12 064	12 067	10	Reisegeschw.	14,7	14,7
12 067	12 072	10	Verzög.	14,7	0,0
12 072	12 075	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 075	12 079	10	Beschl.	0,0	13,8
12 079	12 082	10	Reisegeschw.	13,8	13,8
12 082	12 086	10	Verzög.	13,8	0,0
12 086	12 096	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 096	12 100	10	Beschl.	0,0	12,4
12 100	12 103	10	Reisegeschw.	12,4	12,4
12 103	12 106	10	Verzög.	12,4	0,0
12 106	12 124	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 124	12 129	10	Beschl.	0,0	18,7
12 129	12 132	10	Reisegeschw.	18,7	18,7
12 132	12 140	10	Verzög.	18,7	0,0
12 140	12 173	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 173	12 178	10	Beschl.	0,0	18,4
12 178	12 181	10	Reisegeschw.	18,4	18,4
12 181	12 187	10	Verzög.	18,4	0,0
12 187	12 188	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 188	12 197	10	Beschl.	0,0	41,2
12 197	12 198	10	Reisegeschw.	41,2	41,2
12 198	12 202	10	Verzög.	41,2	30,4
12 202	12 208	10	Reisegeschw.	30,4	30,4
12 208	12 213	10	Verzög.	30,4	14,8
12 213	12 216	10	Reisegeschw.	14,8	14,8
12 216	12 231	10	Beschl.	14,8	50,5

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
12 231	12 267	10	Reisegeschw.	50,5	50,5
12 267	12 272	10	Verzög.	50,5	30,8
12 272	12 276	10	Reisegeschw.	30,8	30,8
12 276	12 284	10	Verzög.	30,8	0,0
12 284	12 328	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 328	12 333	10	Beschl.	0,0	12,4
12 333	12 336	10	Reisegeschw.	12,4	12,4
12 336	12 340	10	Verzög.	12,4	0,0
12 340	12 356	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 356	12 361	10	Beschl.	0,0	14,7
12 361	12 364	10	Reisegeschw.	14,7	14,7
12 364	12 368	10	Verzög.	14,7	0,0
12 368	12 371	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 371	12 376	10	Beschl.	0,0	18,7
12 376	12 461	10	Reisegeschw.	18,7	18,7
12 461	12 469	10	Verzög.	18,7	0,0
12 469	12 478	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 478	12 484	10	Beschl.	0,0	18,4
12 484	12 487	10	Reisegeschw.	18,4	18,4
12 487	12 493	10	Verzög.	18,4	0,0
12 493	12 503	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 503	12 507	10	Beschl.	0,0	13,8
12 507	12 510	10	Reisegeschw.	13,8	13,8
12 510	12 514	10	Verzög.	13,8	0,0
12 514	12 517	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 517	12 521	10	Beschl.	0,0	12,4
12 521	12 524	10	Reisegeschw.	12,4	12,4
12 524	12 528	10	Verzög.	12,4	0,0
12 528	12 544	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 544	12 549	10	Beschl.	0,0	14,7
12 549	12 552	10	Reisegeschw.	14,7	14,7
12 552	12 556	10	Verzög.	14,7	0,0
12 556	12 559	10	Leerlauf	0,0	0,0
12 559	12 602	10	Beschl.	0,0	105,0
12 602	12 614	10	Reisegeschw.	105,0	105,0
12 614	12 617	10	Verzög.	105,0	95,4
12 617	12 622	10	Reisegeschw.	95,4	95,4
12 622	12 626	10	Verzög.	95,4	82,4

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
12 626	12 629	10	Reisegeschw.	82,4	82,4
12 629	12 639	10	Beschl.	82,4	97,4
12 639	12 642	10	Reisegeschw.	97,4	97,4
12 642	12 646	10	Verzög.	97,4	82,7
12 646	12 651	10	Reisegeschw.	82,7	82,7
12 651	12 654	10	Verzög.	82,7	74,5
12 654	12 658	10	Reisegeschw.	74,5	74,5
12 658	12 668	10	Verzög.	74,5	38,7
12 668	12 671	10	Reisegeschw.	38,7	38,7
12 671	12 679	10	Beschl.	38,7	64,0
12 679	12 695	10	Reisegeschw.	64,0	64,0
12 695	12 702	10	Verzög.	64,0	25,9
12 702	12 705	10	Reisegeschw.	25,9	25,9
12 705	12 711	10	Beschl.	25,9	47,8
12 711	12 714	10	Reisegeschw.	47,8	47,8
12 714	12 718	10	Verzög.	47,8	36,0
12 718	12 721	10	Reisegeschw.	36,0	36,0
12 721	12 728	10	Beschl.	36,0	60,3
12 728	12 790	10	Reisegeschw.	60,3	60,3
12 790	12 796	10	Verzög.	60,3	36,4
12 796	12 799	10	Reisegeschw.	36,4	36,4
12 799	12 806	10	Beschl.	36,4	49,0
12 806	12 854	10	Reisegeschw.	49,0	49,0
12 854	12 858	10	Verzög.	49,0	37,0
12 858	12 861	10	Reisegeschw.	37,0	37,0
12 861	12 877	10	Beschl.	37,0	61,0
12 877	12 926	10	Reisegeschw.	61,0	61,0
12 926	12 932	10	Verzög.	61,0	28,0
12 932	12 938	10	Reisegeschw.	28,0	28,0
12 938	12 944	10	Beschl.	28,0	43,2
12 944	12 959	10	Reisegeschw.	43,2	43,2
12 959	12 965	10	Verzög.	43,2	25,0
12 965	12 968	10	Reisegeschw.	25,0	25,0
12 968	12 974	10	Beschl.	25,0	46,7
12 974	12 977	10	Reisegeschw.	46,7	46,7
12 977	12 980	10	Verzög.	46,7	37,9
12 980	12 983	10	Reisegeschw.	37,9	37,9
12 983	12 997	10	Beschl.	37,9	54,9

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
12 997	13 053	10	Reisegeschw.	54,9	54,9
13 053	13 060	10	Verzög.	54,9	22,4
13 060	13 063	10	Reisegeschw.	22,4	22,4
13 063	13 067	10	Beschl.	22,4	26,2
13 067	13 072	10	Reisegeschw.	26,2	26,2
13 072	13 075	10	Verzög.	26,2	18,6
13 075	13 078	10	Reisegeschw.	18,6	18,6
13 078	13 080	10	Beschl.	18,6	20,1
13 080	13 084	10	Reisegeschw.	20,1	20,1
13 084	13 090	10	Verzög.	20,1	7,0
13 090	13 093	10	Reisegeschw.	7,0	7,0
13 093	13 097	10	Verzög.	7,0	0,0
13 097	13 100	10	Leerlauf	0,0	0,0
13 100	13 112	10	Beschl.	0,0	28,0
13 112	13 175	10	Reisegeschw.	28,0	28,0
13 175	13 179	10	Verzög.	28,0	16,3
13 179	13 182	10	Reisegeschw.	16,3	16,3
13 182	13 185	10	Beschl.	16,3	18,6
13 185	13 188	10	Reisegeschw.	18,6	18,6
13 188	13 192	10	Verzög.	18,6	7,6
13 192	13 195	10	Reisegeschw.	7,6	7,6
13 195	13 207	10	Beschl.	7,6	28,7
13 207	13 273	10	Reisegeschw.	28,7	28,7
13 273	13 278	10	Verzög.	28,7	14,6
13 278	13 281	10	Reisegeschw.	14,6	14,6
13 281	13 286	10	Beschl.	14,6	22,9
13 286	13 290	10	Reisegeschw.	22,9	22,9
13 290	13 294	10	Verzög.	22,9	12,0
13 294	13 297	10	Reisegeschw.	12,0	12,0
13 297	13 314	10	Beschl.	12,0	46,0
13 314	13 334	10	Reisegeschw.	46,0	46,0
13 334	13 344	10	Verzög.	46,0	0,0
13 344	13 347	10	Leerlauf	0,0	0,0
13 347	13 364	10	Beschl.	0,0	46,2
13 364	13 379	10	Reisegeschw.	46,2	46,2
13 379	13 384	10	Verzög.	46,2	32,1
13 384	13 408	10	Reisegeschw.	32,1	32,1
13 408	13 412	10	Verzög.	32,1	20,8

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
13 412	13 442	10	Reisegeschw.	20,8	20,8
13 442	13 445	10	Verzög.	20,8	12,4
13 445	13 448	10	Reisegeschw.	12,4	12,4
13 448	13 460	10	Beschl.	12,4	42,5
13 460	13 482	10	Reisegeschw.	42,5	42,5
13 482	13 488	10	Verzög.	42,5	17,8
13 488	13 491	10	Reisegeschw.	17,8	17,8
13 491	13 495	10	Beschl.	17,8	22,7
13 495	13 498	10	Reisegeschw.	22,7	22,7
13 498	13 506	10	Verzög.	22,7	0,0
13 506	13 509	10	Leerlauf	0,0	0,0
13 509	13 518	10	Beschl.	0,0	25,0
13 518	13 521	10	Reisegeschw.	25,0	25,0
13 521	13 524	10	Verzög.	25,0	17,2
13 524	13 527	10	Reisegeschw.	17,2	17,2
13 527	13 532	10	Beschl.	17,2	30,9
13 532	13 535	10	Reisegeschw.	30,9	30,9
13 535	13 539	10	Verzög.	30,9	16,7
13 539	13 542	10	Reisegeschw.	16,7	16,7
13 542	13 548	10	Beschl.	16,7	43,0
13 548	13 578	10	Reisegeschw.	43,0	43,0
13 578	13 583	10	Verzög.	43,0	29,8
13 583	13 586	10	Reisegeschw.	29,8	29,8
13 586	13 598	10	Beschl.	29,8	58,8
13 598	13 633	10	Reisegeschw.	58,8	58,8
13 633	13 636	10	Verzög.	58,8	48,7
13 636	13 639	10	Reisegeschw.	48,7	48,7
13 639	13 645	10	Verzög.	48,7	23,8
13 645	13 648	10	Reisegeschw.	23,8	23,8
13 648	13 654	10	Beschl.	23,8	44,3
13 654	13 676	10	Reisegeschw.	44,3	44,3
13 676	13 681	10	Verzög.	44,3	30,3
13 681	13 684	10	Reisegeschw.	30,3	30,3
13 684	13 689	10	Beschl.	30,3	41,4
13 689	13 716	10	Reisegeschw.	41,4	41,4
13 716	13 720	10	Verzög.	41,4	28,4
13 720	13 723	10	Reisegeschw.	28,4	28,4
13 723	13 730	10	Beschl.	28,4	51,4

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
13 730	13 739	10	Reisegeschw.	51,4	51,4
13 739	13 745	10	Verzög.	51,4	32,0
13 745	13 748	10	Reisegeschw.	32,0	32,0
13 748	13 754	10	Verzög.	32,0	10,0
13 754	13 760	10	Reisegeschw.	10,0	10,0
13 760	13 765	10	Verzög.	10,0	0,0
13 765	13 768	10	Leerlauf	0,0	0,0
13 768	13 772	10	Beschl.	0,0	16,3
13 772	13 775	10	Reisegeschw.	16,3	16,3
13 775	13 780	10	Verzög.	16,3	0,0
13 780	13 783	10	Leerlauf	0,0	0,0
13 783	13 796	10	Beschl.	0,0	45,8
13 796	13 817	10	Reisegeschw.	45,8	45,8
13 817	13 822	10	Verzög.	45,8	28,6
13 822	13 825	10	Reisegeschw.	28,6	28,6
13 825	13 833	10	Beschl.	28,6	40,9
13 833	13 836	10	Reisegeschw.	40,9	40,9
13 836	13 841	10	Verzög.	40,9	25,4
13 841	13 844	10	Reisegeschw.	25,4	25,4
13 844	13 850	10	Beschl.	25,4	41,1
13 850	13 853	10	Reisegeschw.	41,1	41,1
13 853	13 856	10	Verzög.	41,1	30,7
13 856	13 862	10	Reisegeschw.	30,7	30,7
13 862	13 865	10	Verzög.	30,7	22,1
13 865	13 868	10	Reisegeschw.	22,1	22,1
13 868	13 873	10	Beschl.	22,1	28,2
13 873	13 878	10	Reisegeschw.	28,2	28,2
13 878	13 881	10	Verzög.	28,2	21,2
13 881	13 947	10	Reisegeschw.	21,2	21,2
13 947	13 953	10	Beschl.	21,2	37,6
13 953	13 956	10	Reisegeschw.	37,6	37,6
13 956	13 959	10	Verzög.	37,6	29,8
13 959	13 962	10	Reisegeschw.	29,8	29,8
13 962	13 972	10	Beschl.	29,8	42,8
13 972	13 975	10	Reisegeschw.	42,8	42,8
13 975	13 978	10	Verzög.	42,8	34,5
13 978	13 981	10	Reisegeschw.	34,5	34,5
13 981	13 988	10	Beschl.	34,5	50,6

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
13 988	13 994	10	Reisegeschw.	50,6	50,6
13 994	14 001	10	Verzög.	50,6	21,2
14 001	14 004	10	Reisegeschw.	21,2	21,2
14 004	14 016	10	Beschl.	21,2	49,9
14 016	14 019	10	Reisegeschw.	49,9	49,9
14 019	14 025	10	Verzög.	49,9	25,2
14 025	14 028	10	Reisegeschw.	25,2	25,2
14 028	14 031	10	Beschl.	25,2	38,8
14 031	14 034	10	Reisegeschw.	38,8	38,8
14 034	14 040	10	Verzög.	38,8	19,6
14 040	14 113	10	Reisegeschw.	19,6	19,6
14 113	14 118	10	Beschl.	19,6	30,8
14 118	14 121	10	Reisegeschw.	30,8	30,8
14 121	14 127	10	Verzög.	30,8	10,2
14 127	14 130	10	Reisegeschw.	10,2	10,2
14 130	14 135	10	Beschl.	10,2	26,3
14 135	14 138	10	Reisegeschw.	26,3	26,3
14 138	14 142	10	Verzög.	26,3	16,5
14 142	14 145	10	Reisegeschw.	16,5	16,5
14 145	14 147	10	Beschl.	16,5	19,0
14 147	14 150	10	Reisegeschw.	19,0	19,0
14 150	14 154	10	Verzög.	19,0	7,6
14 154	14 157	10	Reisegeschw.	7,6	7,6
14 157	14 161	10	Verzög.	7,6	0,0
14 161	14 164	10	Leerlauf	0,0	0,0
14 164	14 172	10	Beschl.	0,0	32,2
14 172	14 175	10	Reisegeschw.	32,2	32,2
14 175	14 180	10	Verzög.	32,2	13,6
14 180	14 189	10	Reisegeschw.	13,6	13,6
14 189	14 195	10	Verzög.	13,6	0,0
14 195	14 257	10	Leerlauf	0,0	0,0
14 257	14 263	10	Beschl.	0,0	24,9
14 263	14 266	10	Reisegeschw.	24,9	24,9
14 266	14 270	10	Verzög.	24,9	10,9
14 270	14 277	10	Reisegeschw.	10,9	10,9
14 277	14 281	10	Verzög.	10,9	0,0
14 281	14 284	10	Leerlauf	0,0	0,0
14 284	14 287	10	Beschl.	0,0	11,0

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
14 287	14 290	10	Reisegeschw.	11,0	11,0
14 290	14 294	10	Verzög.	11,0	0,0
14 294	14 296	10	Leerlauf	0,0	0,0
14 296	14 310	10	Beschl.	0,0	64,9
14 310	14 325	10	Reisegeschw.	64,9	64,9
14 325	14 333	10	Verzög.	64,9	25,5
14 333	14 336	10	Reisegeschw.	25,5	25,5
14 336	14 360	10	Beschl.	25,5	112,0
14 360	14 992	10	Reisegeschw.	112,0	112,0
14 992	15 001	10	Verzög.	112,0	56,1
15 001	15 004	10	Reisegeschw.	56,1	56,1
15 004	15 010	10	Beschl.	56,1	68,2
15 010	15 013	10	Reisegeschw.	68,2	68,2
15 013	15 021	10	Verzög.	68,2	12,0
15 021	15 024	10	Reisegeschw.	12,0	12,0
15 024	15 045	10	Beschl.	12,0	80,9
15 045	15 048	10	Reisegeschw.	80,9	80,9
15 048	15 057	10	Verzög.	80,9	35,3
15 057	15 060	10	Reisegeschw.	35,3	35,3
15 060	15 073	10	Beschl.	35,3	73,4
15 073	15 076	10	Reisegeschw.	73,4	73,4
15 076	15 083	10	Verzög.	73,4	39,3
15 083	15 086	10	Reisegeschw.	39,3	39,3
15 086	15 098	10	Verzög.	39,3	0,0
15 098	15 102	10	Leerlauf	0,0	0,0
15 102	15 148	10	Beschl.	0,0	132,5
15 148	15 457	10	Reisegeschw.	132,5	132,5
15 457	15 472	10	Verzög.	132,5	34,0
15 472	15 475	10	Reisegeschw.	34,0	34,0
15 475	15 479	10	Beschl.	34,0	41,6
15 479	15 482	10	Reisegeschw.	41,6	41,6
15 482	15 491	10	Verzög.	41,6	0,0
15 491	15 542	10	Leerlauf	0,0	0,0
15 542	15 557	10	Beschl.	0,0	33,1
15 557	15 584	10	Reisegeschw.	33,1	33,1
15 584	15 590	10	Verzög.	33,1	6,3
15 590	15 593	10	Reisegeschw.	6,3	6,3
15 593	15 605	10	Beschl.	6,3	37,6

Uhrzeit des Vorgangsbeginns [s]	Uhrzeit des Vorgangsendes [s]	Fahrt [#]	Vorgangsart	Geschwindigkeit zu Beginn [km/h]	Geschwindigkeit am Ende [km/h]
15 605	15 625	10	Reisegeschw.	37,6	37,6
15 625	15 636	10	Verzög.	37,6	0,0
15 636	15 639	10	Leerlauf	0,0	0,0
15 639	15 654	10	Beschl.	0,0	52,0
15 654	15 664	10	Reisegeschw.	52,0	52,0
15 664	15 675	10	Verzög.	52,0	0,0
15 675	15 676	10	Leerlauf	0,0	0,0
15 676	15 690	10	Beschl.	0,0	50,6
15 690	15 717	10	Reisegeschw.	50,6	50,6
15 717	15 724	10	Verzög.	50,6	22,9
15 724	15 727	10	Reisegeschw.	22,9	22,9
15 727	15 738	10	Beschl.	22,9	47,7
15 738	15 742	10	Reisegeschw.	47,7	47,7
15 742	15 749	10	Verzög.	47,7	23,4
15 749	15 752	10	Reisegeschw.	23,4	23,4
15 752	15 769	10	Beschl.	23,4	45,9
15 769	15 791	10	Reisegeschw.	45,9	45,9
15 791	15 797	10	Verzög.	45,9	23,6
15 797	15 802	10	Reisegeschw.	23,6	23,6
15 802	15 808	10	Beschl.	23,6	37,6
15 808	15 815	10	Reisegeschw.	37,6	37,6
15 815	15 822	10	Verzög.	37,6	0,0
15 822	15 826	10	Leerlauf	0,0	0,0

Anhang 4 – Anlage 2

Bremsvorgänge während des WLTP-Bremszyklus

Fahrt	Bremsvorgang Nr.	Beginn [s]	Ende [s]	Dauer des Vorgangs [s]	Sollwert für Anfangsgeschwindigkeit [km/h]	Sollwert für Endgeschwindigkeit [km/h]	Verzögerungswert [m/s²]	Vorgangsstrecke [m]	Spezifische KE (nur Verzögerung) [J/kg]
1	1	18	24	6,0	20,7	0,0	0,958	17,24	16,53
1	2	58	65	7,0	23,1	5,6	0,695	27,88	19,38
1	3	85	89	4,0	15,4	4,4	0,760	11,01	8,40
1	4	103	109	6,0	25,7	7,2	0,857	27,47	23,48
1	5	129	132	3,0	24,8	16,7	0,748	17,28	12,97
1	6	140	149	9,0	18,7	0,0	0,577	23,36	13,49
1	7	177	183	6,0	32,5	0,0	1,506	27,11	40,75
1	8	298	303	5,0	27,5	11,8	0,872	27,31	23,80
1	9	314	320	6,0	29,4	9,7	0,915	32,59	29,72
1	10	341	347	6,0	31,9	9,5	1,037	34,47	35,78
1	11	361	366	5,0	14,7	0,0	0,814	10,18	8,34
1	12	384	388	4,0	59,5	47,6	0,820	59,50	49,17
1	13	402	406	4,0	47,6	36,2	0,793	46,59	36,86
1	14	486	490	4,0	38,2	25,5	0,881	35,42	31,21
1	15	493	496	3,0	25,5	18,4	0,659	18,32	12,03
1	16	499	505	6,0	18,4	0,0	0,853	15,35	13,06
1	17	543	552	9,0	42,3	0,0	1,306	52,88	69,03
1	18	566	576	10,0	42,1	0,0	1,170	58,48	68,38
1	19	592	595	3,0	31,3	12,5	1,746	18,25	31,77
1	20	600	605	5,0	12,5	0,0	0,693	8,66	6,03
1	21	647	657	10,0	45,3	0,0	1,258	62,88	79,17
1	22	673	683	10,0	45,5	0,0	1,265	63,25	79,87
1	23	726	733	7,0	40,7	12,8	1,109	52,03	57,59
1	24	747	751	4,0	59,6	46,7	0,893	59,04	52,90
1	25	768	777	9,0	48,6	0,0	1,500	60,77	91,13
1	26	941	945	4,0	23,7	9,8	0,969	18,60	17,96
1	27	974	983	9,0	37,5	0,0	1,157	46,86	54,25
1	28	996	1 005	9,0	37,7	0,0	1,164	47,14	54,83
1	29	1 016	1 021	5,0	18,6	0,0	1,036	12,95	13,35
2	30	1 122	1 126	4,0	13,8	0,0	0,960	7,68	7,35
2	31	1 147	1 151	4,0	34,2	18,9	1,059	29,52	31,34
2	32	1 174	1 178	4,0	32,9	23,3	0,664	31,19	20,81
2	33	1 188	1 191	3,0	25,6	18,5	0,653	18,37	12,08
2	34	1 209	1 217	8,0	38,7	0,0	1,343	42,98	57,78

Fahrt	Brem svor-gang Nr.	Beginn [s]	Ende [s]	Dauer des Vorgangs [s]	Sollwert für Anfangsge schwindig-keit [km/h]	Sollwert für Endge schwindig keit [km/h]	Verzögerungs-wert [m/s²]	Vorgangs-strecke [m]	Spezifische KE (nur Verzögerung) [J/kg]
2	35	1 253	1 256	3,0	48,4	40,6	0,728	37,09	26,78
2	36	1 282	1 286	4,0	42,4	30,3	0,840	40,41	33,94
2	37	1 290	1 295	5,0	30,3	13,7	0,921	30,60	28,18
2	38	1 319	1 325	6,0	40,0	20,0	0,929	49,98	46,30
2	39	1 334	1 338	4,0	29,7	18,9	0,747	26,98	20,25
2	40	1 448	1 451	3,0	24,5	17,5	0,643	17,51	11,34
2	41	1 482	1 491	9,0	42,0	0,0	1,296	52,49	68,06
2	42	1 515	1 519	4,0	22,0	11,8	0,704	18,77	13,30
2	43	1 539	1 547	8,0	32,4	6,1	0,915	42,81	39,06
2	44	1 597	1 605	8,0	34,8	0,0	1,208	38,66	46,72
2	45	1 662	1 675	13,0	76,1	0,0	1,626	137,41	223,43
2	46	1 689	1 694	5,0	22,8	0,0	1,269	15,86	20,06
2	47	1 753	1 757	4,0	41,6	27,2	0,995	38,23	38,22
2	48	1 804	1 807	3,0	47,9	35,2	1,177	34,59	40,72
2	49	1 823	1 828	5,0	35,2	20,1	0,836	38,37	32,22
2	50	1 870	1 873	3,0	59,2	49,5	0,904	45,29	40,68
2	51	1 895	1 898	3,0	72,9	62,0	1,010	56,23	56,73
2	52	1 907	1 910	3,0	66,4	57,4	0,828	51,58	42,99
2	53	1 918	1 921	3,0	60,0	52,1	0,727	46,71	34,17
2	54	1 951	1 954	3,0	79,7	72,1	0,697	63,26	44,51
2	55	1 972	1 978	6,0	74,0	52,4	0,999	105,35	105,33
2	56	2 062	2 074	12,0	52,4	0,0	1,213	87,37	105,93
2	57	2 123	2 133	10,0	60,3	0,0	1,676	83,80	140,28
2	58	2 187	2 195	8,0	62,9	0,0	2,183	69,86	152,64
2	59	2 218	2 229	11,0	60,1	15,2	1,133	115,11	130,44
2	60	2 250	2 261	11,0	53,3	0,0	1,345	81,39	109,60
2	61	2 520	2 526	6,0	20,7	0,0	0,958	17,24	16,53
2	62	2 560	2 567	7,0	23,1	5,6	0,695	27,88	19,38
2	63	2 587	2 591	4,0	15,4	4,4	0,760	11,01	8,40
2	64	2 605	2 611	6,0	25,7	7,2	0,857	27,47	23,48
2	65	2 631	2 634	3,0	24,8	16,7	0,748	17,28	12,97
2	66	2 642	2 650	8,0	18,7	0,0	0,649	20,77	13,49
2	67	2 672	2 677	5,0	46,6	9,4	2,070	38,89	80,37
2	68	2 698	2 701	3,0	52,0	41,5	0,970	38,99	37,88
2	69	2 714	2 719	5,0	49,9	34,0	0,884	58,20	51,47
2	70	2 738	2 745	7,0	49,0	23,8	0,998	70,76	70,78

Fahrt	Brem svor-gang Nr.	Beginn [s]	Ende [s]	Dauer des Vorgangs [s]	Sollwert für Anfangsge schwindig-keit [km/h]	Sollwert für Endge schwindig keit [km/h]	Verzögerungs-wert [m/s²]	Vorgangs-strecke [m]	Spezifische KE (nur Verzögerung) [J/kg]
2	71	2 759	2 767	8,0	41,6	0,0	1,446	46,26	66,77
3	72	2 897	2 903	6,0	32,1	5,5	1,232	31,37	38,59
3	73	2 946	2 949	3,0	50,5	42,8	0,714	38,91	27,72
3	74	2 958	2 963	5,0	45,0	29,8	0,843	51,91	43,86
3	75	2 966	2 971	5,0	29,8	0,0	1,655	20,68	34,26
3	76	3 006	3 011	5,0	49,2	33,1	0,893	57,16	51,12
3	77	3 032	3 036	4,0	56,2	44,0	0,841	55,66	47,16
3	78	3 053	3 056	3,0	59,0	51,2	0,722	45,95	33,16
3	79	3 078	3 081	3,0	55,0	47,5	0,692	42,72	29,66
3	80	3 096	3 101	5,0	59,5	39,9	1,085	69,02	75,16
3	81	3 159	3 165	6,0	39,9	14,2	1,189	45,14	53,64
3	82	3 195	3 201	6,0	58,3	34,8	1,086	77,60	84,41
3	83	3 268	3 271	3,0	39,5	30,0	0,882	28,98	25,47
3	84	3 308	3 311	3,0	56,2	46,0	0,943	42,56	40,22
3	85	3 418	3 422	4,0	54,4	40,4	0,974	52,67	51,20
3	86	3 441	3 445	4,0	53,5	40,8	0,885	52,37	46,20
3	87	3 480	3 483	3,0	40,8	32,0	0,815	30,30	24,72
3	88	3 492	3 495	3,0	34,7	26,4	0,776	25,45	19,57
3	89	3 557	3 561	4,0	50,6	37,6	0,900	48,97	44,24
3	90	3 621	3 626	5,0	37,6	22,4	0,842	41,68	35,19
3	91	3 647	3 651	4,0	36,8	22,9	0,964	33,20	32,02
3	92	3 684	3 688	4,0	55,3	39,5	1,099	52,67	57,79
3	93	3 692	3 698	6,0	39,5	15,5	1,111	45,82	50,93
3	94	3 729	3 732	3,0	44,3	36,6	0,710	33,68	24,03
3	95	3 773	3 778	5,0	36,6	20,8	0,879	39,82	34,99
3	96	3 849	3 852	3,0	32,0	24,8	0,662	23,67	15,78
3	97	3 879	3 883	4,0	51,6	39,3	0,858	50,49	43,14
3	98	3 895	3 898	3,0	39,3	32,4	0,634	29,86	19,09
3	99	3 939	3 946	7,0	32,4	0,0	1,286	31,51	40,50
4	100	4 001	4 005	4,0	75,8	63,9	0,832	77,61	64,14
4	101	4 089	4 093	4,0	72,4	58,7	0,958	72,83	69,29
4	102	4 118	4 122	4,0	65,9	53,7	0,849	66,48	56,29
4	103	4 147	4 157	10,0	54,9	0,0	1,524	76,18	116,28
4	104	4 551	4 566	15,0	90,6	0,0	1,677	188,65	316,68
4	105	4 668	4 683	15,0	95,6	25,5	1,299	252,30	327,51
4	106	5 004	5 019	15,0	98,4	0,0	1,822	204,95	373,56

Fahrt	Brem svor-gang Nr.	Beginn [s]	Ende [s]	Dauer des Vorgangs [s]	Sollwert für Anfangsge schwindig-keit [km/h]	Sollwert für Endge schwindig keit [km/h]	Verzögerungs-wert [m/s²]	Vorgangs-strecke [m]	Spezifische KE (nur Verzögerung) [J/kg]
4	107	5 071	5 076	5,0	82,8	69,4	0,748	105,67	78,68
4	108	5 135	5 149	14,0	69,4	10,1	1,176	154,45	181,88
4	109	5 190	5 193	3,0	69,0	61,7	0,673	54,48	36,81
4	110	5 297	5 300	3,0	64,7	57,8	0,641	51,07	32,61
4	111	5 314	5 326	12,0	57,8	0,0	1,338	96,37	128,89
4	112	5 350	5 356	6,0	20,7	0,0	0,958	17,24	16,53
4	113	5 390	5 397	7,0	23,1	5,6	0,695	27,88	19,38
4	114	5 417	5 421	4,0	15,4	4,4	0,760	11,01	8,40
4	115	5 435	5 441	6,0	25,7	7,2	0,857	27,47	23,48
4	116	5 461	5 464	3,0	24,8	16,7	0,748	17,28	12,97
4	117	5 472	5 480	8,0	18,7	0,0	0,649	20,77	13,49
5	118	5 514	5 524	10,0	41,8	0,0	1,160	57,99	67,41
5	119	5 554	5 557	3,0	34,6	27,3	0,680	25,79	17,43
5	120	5 571	5 581	10,0	43,5	0,0	1,207	60,36	73,00
5	121	5 624	5 629	5,0	30,0	13,6	0,913	30,29	27,59
5	122	5 647	5 656	9,0	37,0	0,0	1,140	46,19	52,82
5	123	5 749	5 753	4,0	41,2	29,5	0,812	39,29	31,91
5	124	5 789	5 792	3,0	29,5	18,0	1,066	19,80	21,07
5	125	5 795	5 800	5,0	18,0	0,0	1,000	12,50	12,50
5	126	5 814	5 817	3,0	29,5	22,1	0,677	21,50	14,73
5	127	5 820	5 824	4,0	22,1	8,1	0,974	16,81	16,31
5	128	5 844	5 849	5,0	16,9	0,0	0,939	11,74	11,02
5	129	5 965	5 968	3,0	14,4	3,5	1,007	7,44	7,53
5	130	6 074	6 078	4,0	56,4	41,2	1,061	54,21	57,23
5	131	6 081	6 088	7,0	41,2	13,9	1,083	53,47	58,03
5	132	6 175	6 180	5,0	56,4	41,3	0,835	67,83	56,92
5	133	6 208	6 213	5,0	58,0	39,6	1,020	67,74	69,28
5	134	6 248	6 252	4,0	39,6	22,3	1,199	34,40	41,31
5	135	6 320	6 330	10,0	26,7	0,0	0,741	37,06	27,50
5	136	6 872	6 876	4,0	105,2	90,4	1,028	108,66	111,69
5	137	6 898	6 901	3,0	102,2	91,6	0,977	80,77	79,25
5	138	6 930	6 932	2,0	94,6	87,2	1,039	50,50	51,90
5	139	6 953	6 957	4,0	87,2	72,3	1,031	88,60	91,69
5	140	6 977	6 981	4,0	84,8	73,8	0,766	88,11	67,31
5	141	6 999	7 005	6,0	87,8	69,0	0,871	130,61	113,73
5	142	7 069	7 074	5,0	69,0	50,2	1,039	82,77	86,46

Fahrt	Brem svor-gang Nr.	Beginn [s]	Ende [s]	Dauer des Vorgangs [s]	Sollwert für Anfangsge schwindig-keit [km/h]	Sollwert für Endge schwindig keit [km/h]	Verzögerungs-wert [m/s²]	Vorgangs-strecke [m]	Spezifische KE (nur Verzögerung) [J/kg]
5	143	7 114	7 117	3,0	83,5	71,3	1,128	64,49	72,86
5	144	7 177	7 182	5,0	71,3	53,5	0,991	86,64	85,70
5	145	7 201	7 205	4,0	80,0	66,0	0,974	81,14	78,86
5	146	7 346	7 349	3,0	66,0	56,7	0,859	51,14	44,02
5	147	7 381	7 388	7,0	83,9	42,5	1,642	122,89	201,89
5	148	7 442	7 455	13,0	73,8	24,4	1,056	177,40	187,16
5	149	7 490	7 496	6,0	24,4	0,0	1,130	20,34	22,97
5	150	7 518	7 522	4,0	22,9	13,5	0,651	20,19	13,20
5	151	7 534	7 537	3,0	23,0	15,4	0,702	16,02	11,26
5	152	7 548	7 551	3,0	19,0	12,2	0,631	12,99	8,19
5	153	7 561	7 567	6,0	18,8	0,0	0,869	15,65	13,64
5	154	7 704	7 709	5,0	37,9	24,4	0,750	43,29	32,45
5	155	7 748	7 752	4,0	24,4	14,9	0,661	21,85	14,40
5	156	7 769	7 774	5,0	45,3	25,9	1,075	49,44	53,29
5	157	7 795	7 800	5,0	40,6	25,4	0,849	45,84	38,70
5	158	7 817	7 822	5,0	37,2	20,8	0,913	40,30	36,70
5	159	7 883	7 889	6,0	26,3	0,0	1,215	21,88	26,69
5	160	7 907	7 913	6,0	53,4	28,2	1,167	67,98	79,33
5	161	7 941	7 947	6,0	42,6	19,0	1,093	51,27	56,09
5	162	7 973	7 979	6,0	57,1	31,8	1,170	74,11	86,77
5	163	8 064	8 069	5,0	50,0	24,4	1,422	51,67	73,48
5	164	8 081	8 088	7,0	58,2	29,9	1,123	85,65	96,19
5	165	8 120	8 123	3,0	29,9	21,2	0,803	21,31	17,15
5	166	8 168	8 174	6,0	32,6	0,0	1,507	27,13	41,00
6	167	8 413	8 418	5,0	21,2	9,5	0,653	21,29	13,86
6	168	8 421	8 425	4,0	9,5	0,0	0,656	5,25	3,48
7	169	8 552	8 560	8,0	35,1	5,5	1,028	45,06	46,36
7	170	8 609	8 614	5,0	16,5	0,0	0,915	11,44	10,50
7	171	9 081	9 089	8,0	96,9	73,3	0,821	189,13	154,97
7	172	9 117	9 127	10,0	73,3	20,1	1,477	129,73	191,70
7	173	9 146	9 155	9,0	62,2	6,6	1,716	86,05	147,58
7	174	9 174	9 187	13,0	53,2	0,0	1,137	96,11	109,19
8	175	9 264	9 279	15,0	83,6	0,0	1,549	174,24	269,64
8	176	9 375	9 382	7,0	23,9	0,0	0,946	23,19	22,04
8	177	9 427	9 439	12,0	65,3	0,0	1,512	108,86	164,51
8	178	9 489	9 493	4,0	40,5	29,3	0,783	38,78	30,16

Fahrt	Brem svor-gang Nr.	Beginn [s]	Ende [s]	Dauer des Vorgangs [s]	Sollwert für Anfangsge schwindig-keit [km/h]	Sollwert für Endge schwindig keit [km/h]	Verzögerungs-wert [m/s²]	Vorgangs-strecke [m]	Spezifische KE (nur Verzögerung) [J/kg]
8	179	9 812	9 815	3,0	63,0	52,2	1,006	48,01	48,00
8	180	9 845	9 848	3,0	52,2	44,6	0,701	40,33	28,38
8	181	9 864	9 869	5,0	59,2	45,2	0,777	72,49	56,39
8	182	9 888	9 898	10,0	53,9	0,0	1,497	74,85	112,08
9	183	10 036	10 041	5,0	19,1	6,4	0,704	17,66	12,49
9	184	10 049	10 054	5,0	10,5	0,0	0,582	7,27	4,25
9	185	10 273	10 280	7,0	29,6	0,0	1,175	28,79	33,80
9	186	10 453	10 458	5,0	24,3	4,5	1,101	19,98	22,00
9	187	10 475	10 479	4,0	27,8	17,3	0,734	25,05	18,27
9	188	10 482	10 486	4,0	17,3	6,5	0,747	13,20	9,92
9	189	10 507	10 514	7,0	26,8	0,0	1,062	26,02	27,71
10	190	10 638	10 647	9,0	27,5	0,0	0,849	34,38	29,18
10	191	10 696	10 700	4,0	39,0	29,0	0,689	37,77	26,23
10	192	10 721	10 725	4,0	35,1	24,5	0,740	33,12	24,37
10	193	10 758	10 761	3,0	41,9	34,1	0,720	31,66	22,87
10	194	10 792	10 797	5,0	39,4	24,9	0,807	44,68	35,97
10	195	10 811	10 822	11,0	36,4	0,0	0,920	55,67	51,12
10	196	10 868	10 879	11,0	55,7	0,0	1,407	85,10	119,69
10	197	11 088	11 101	13,0	56,2	0,0	1,201	101,50	121,85
10	198	11 117	11 126	9,0	43,6	0,0	1,347	54,55	73,34
10	199	11 245	11 249	4,0	11,2	4,1	0,494	8,54	4,19
10	200	11 261	11 265	4,0	15,0	6,2	0,611	11,80	7,20
10	201	11 276	11 281	5,0	10,1	0,0	0,561	7,01	3,94
10	202	11 313	11 316	3,0	31,3	23,8	0,694	22,92	15,94
10	203	11 348	11 351	3,0	23,8	16,9	0,636	16,93	10,83
10	204	11 354	11 361	7,0	16,9	0,0	0,670	16,41	11,02
10	205	11 512	11 519	7,0	40,0	10,6	1,166	49,23	57,39
10	206	11 541	11 545	4,0	15,6	6,3	0,651	12,16	7,86
10	207	11 557	11 560	3,0	15,6	8,8	0,637	10,16	6,40
10	208	11 574	11 579	5,0	13,1	0,0	0,729	9,12	6,62
10	209	11 659	11 662	3,0	23,1	15,0	0,753	15,89	11,91
10	210	11 669	11 671	2,0	18,1	13,6	0,625	8,82	5,50
10	211	11 684	11 687	3,0	19,4	11,5	0,730	12,87	9,42
10	212	11 690	11 694	4,0	11,5	0,0	0,799	6,39	5,10
10	213	11 845	11 848	3,0	34,9	27,9	0,652	26,18	16,96
10	214	11 861	11 865	4,0	43,7	32,1	0,802	42,12	33,92

Fahrt	Brem svor-gang Nr.	Beginn [s]	Ende [s]	Dauer des Vorgangs [s]	Sollwert für Anfangsge schwindig-keit [km/h]	Sollwert für Endge schwindig keit [km/h]	Verzögerungs-wert [m/s²]	Vorgangs-strecke [m]	Spezifische KE (nur Verzögerung) [J/kg]
10	215	11 868	11 873	5,0	32,1	12,4	1,097	30,91	33,82
10	216	11 880	11 884	4,0	12,4	0,0	0,860	6,88	5,93
10	217	12 067	12 072	5,0	14,7	0,0	0,814	10,18	8,34
10	218	12 082	12 086	4,0	13,8	0,0	0,960	7,68	7,35
10	219	12 103	12 106	3,0	12,4	0,0	1,145	5,15	5,93
10	220	12 132	12 140	8,0	18,7	0,0	0,649	20,77	13,49
10	221	12 181	12 187	6,0	18,4	0,0	0,853	15,35	13,06
10	222	12 198	12 202	4,0	41,2	30,4	0,748	39,74	29,83
10	223	12 208	12 213	5,0	30,4	14,8	0,863	31,40	27,20
10	224	12 267	12 272	5,0	50,5	30,8	1,092	56,43	61,79
10	225	12 276	12 284	8,0	30,8	0,0	1,069	34,22	36,60
10	226	12 336	12 340	4,0	12,4	0,0	0,860	6,88	5,93
10	227	12 364	12 368	4,0	14,7	0,0	1,018	8,14	8,34
10	228	12 461	12 469	8,0	18,7	0,0	0,649	20,77	13,49
10	229	12 487	12 493	6,0	18,4	0,0	0,853	15,35	13,06
10	230	12 510	12 514	4,0	13,8	0,0	0,960	7,68	7,35
10	231	12 524	12 528	4,0	12,4	0,0	0,860	6,88	5,93
10	232	12 552	12 556	4,0	14,7	0,0	1,018	8,14	8,34
10	233	12 614	12 617	3,0	105,0	95,4	0,888	83,49	74,22
10	234	12 622	12 626	4,0	95,4	82,4	0,901	98,78	89,17
10	235	12 642	12 646	4,0	97,4	82,7	1,025	100,07	102,14
10	236	12 651	12 654	3,0	82,7	74,5	0,756	65,50	49,73
10	237	12 658	12 668	10,0	74,5	38,7	0,994	157,30	156,35
10	238	12 695	12 702	7,0	64,0	25,9	1,512	87,35	132,14
10	239	12 714	12 718	4,0	47,8	36,0	0,822	46,56	38,15
10	240	12 790	12 796	6,0	60,3	36,4	1,108	80,57	89,16
10	241	12 854	12 858	4,0	49,0	37,0	0,829	47,77	39,81
10	242	12 926	12 932	6,0	61,0	28,0	1,529	74,17	113,31
10	243	12 959	12 965	6,0	43,2	25,0	0,843	56,75	47,89
10	244	12 977	12 980	3,0	46,7	37,9	0,815	35,24	28,72
10	245	13 053	13 060	7,0	54,9	22,4	1,289	75,09	96,92
10	246	13 072	13 075	3,0	26,2	18,6	0,704	18,67	13,14
10	247	13 084	13 090	6,0	20,1	7,0	0,603	22,57	13,70
10	248	13 093	13 097	4,0	7,0	0,0	0,488	3,91	1,89
10	249	13 175	13 179	4,0	28,0	16,3	0,808	24,62	20,00
10	250	13 188	13 192	4,0	18,6	7,6	0,761	14,55	11,12

Fahrt	Brem svor-gang Nr.	Beginn [s]	Ende [s]	Dauer des Vorgangs [s]	Sollwert für Anfangsge schwindig-keit [km/h]	Sollwert für Endge schwindig keit [km/h]	Verzögerungs-wert [m/s²]	Vorgangs-strecke [m]	Spezifische KE (nur Verzögerung) [J/kg]
10	251	13 273	13 278	5,0	28,7	14,6	0,783	30,06	23,55
10	252	13 290	13 294	4,0	22,9	12,0	0,760	19,40	14,68
10	253	13 334	13 344	10,0	46,0	0,0	1,279	63,95	81,64
10	254	13 379	13 384	5,0	46,2	32,1	0,779	54,38	42,59
10	255	13 408	13 412	4,0	32,1	20,8	0,791	29,38	23,06
10	256	13 442	13 445	3,0	20,8	12,4	0,777	13,80	10,76
10	257	13 482	13 488	6,0	42,5	17,8	1,146	50,21	57,46
10	258	13 498	13 506	8,0	22,7	0,0	0,787	25,19	19,88
10	259	13 521	13 524	3,0	25,0	17,2	0,721	17,55	12,70
10	260	13 535	13 539	4,0	30,9	16,7	0,983	26,43	26,08
10	261	13 578	13 583	5,0	43,0	29,8	0,734	50,52	37,07
10	262	13 633	13 636	3,0	58,8	48,7	0,942	44,80	41,89
10	263	13 639	13 645	6,0	48,7	23,8	1,151	60,40	69,65
10	264	13 676	13 681	5,0	44,3	30,3	0,775	51,77	40,29
10	265	13 716	13 720	4,0	41,4	28,4	0,905	38,75	35,01
10	266	13 739	13 745	6,0	51,4	32,0	0,898	69,57	62,42
10	267	13 748	13 754	6,0	32,0	10,0	1,020	35,04	35,65
10	268	13 760	13 765	5,0	10,0	0,0	0,556	6,94	3,86
10	269	13 775	13 780	5,0	16,3	0,0	0,906	11,33	10,25
10	270	13 817	13 822	5,0	45,8	28,6	0,955	51,70	49,37
10	271	13 836	13 841	5,0	40,9	25,4	0,856	46,04	39,65
10	272	13 853	13 856	3,0	41,1	30,7	0,956	29,91	28,81
10	273	13 862	13 865	3,0	30,7	22,1	0,800	22,01	17,52
10	274	13 878	13 881	3,0	28,2	21,2	0,646	20,55	13,34
10	275	13 956	13 959	3,0	37,6	29,8	0,724	28,08	20,28
10	276	13 975	13 978	3,0	42,8	34,5	0,761	32,20	24,75
10	277	13 994	14 001	7,0	50,6	21,2	1,166	69,82	81,44
10	278	14 019	14 025	6,0	49,9	25,2	1,145	62,60	71,57
10	279	14 034	14 040	6,0	38,8	19,6	0,888	48,66	43,26
10	280	14 121	14 127	6,0	30,8	10,2	0,954	34,14	32,58
10	281	14 138	14 142	4,0	26,3	16,5	0,680	23,75	16,18
10	282	14 150	14 154	4,0	19,0	7,6	0,794	14,78	11,70
10	283	14 157	14 161	4,0	7,6	0,0	0,526	4,21	2,23
10	284	14 175	14 180	5,0	32,2	13,6	1,036	31,83	32,87
10	285	14 189	14 195	6,0	13,6	0,0	0,630	11,33	7,14
10	286	14 266	14 270	4,0	24,9	10,9	0,977	19,90	19,34

Fahrt	Brem svor-gang Nr.	Beginn [s]	Ende [s]	Dauer des Vorgangs [s]	Sollwert für Anfangsge schwindig-keit [km/h]	Sollwert für Endge schwindig keit [km/h]	Verzögerungs-wert [m/s²]	Vorgangs-strecke [m]	Spezifische KE (nur Verzögerung) [J/kg]
10	287	14 277	14 281	4,0	10,9	0,0	0,755	6,04	4,58
10	288	14 290	14 294	4,0	11,0	0,0	0,766	6,13	4,67
10	289	14 325	14 333	8,0	64,9	25,5	1,367	100,49	137,41
10	290	14 992	15 001	9,0	112,0	56,1	1,724	210,12	362,53
10	291	15 013	15 021	8,0	68,2	12,0	1,949	89,14	173,89
10	292	15 048	15 057	9,0	80,9	35,3	1,407	145,18	204,43
10	293	15 076	15 083	7,0	73,4	39,3	1,356	109,57	148,27
10	294	15 086	15 098	12,0	39,3	0,0	0,909	65,44	59,59
10	295	15 457	15 472	15,0	132,5	34,0	1,824	346,87	632,73
10	296	15 482	15 491	9,0	41,6	0,0	1,283	51,98	66,77
10	297	15 584	15 590	6,0	33,1	6,3	1,239	32,84	40,74
10	298	15 625	15 636	11,0	37,6	0,0	0,948	57,37	54,54
10	299	15 664	15 675	11,0	52,0	0,0	1,313	79,42	104,32
10	300	15 717	15 724	7,0	50,6	22,9	1,102	71,46	78,55
10	301	15 742	15 749	7,0	47,7	23,4	0,964	69,13	66,66
10	302	15 791	15 797	6,0	45,9	23,6	1,032	57,87	59,79
10	303	15 815	15 822	7,0	37,6	0,0	1,491	36,53	54,54

ANHANG 5

Verfahren zur Messung und Berechnung der fahrzeugspezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung

1. Zweck

In diesem Anhang wird das Verfahren zur Bestimmung der fahrzeugspezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung beschrieben. Das in diesem Anhang beschriebene Verfahren kann alternativ zu den in Tabelle 4 dieser Regelung angegebenen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung angewandt werden.

2. Geltungsbereich und Anwendung

Das in diesem Anhang beschriebene Verfahren kann auf alle Fahrzeug-Elektrifizierungstypen mit Nicht-Reibungsbremsvermögen angewandt werden, ausgenommen NOVC-HEV Kat. 0. Es ist als Ergänzung zu Tabelle 4 dieser Regelung gedacht und beschreibt das Verfahren zur Bestimmung der fahrzeugspezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung für bestimmte Fahrzeug-Elektrifizierungstypen (d. h. NOVC-HEV Kat. 1, NOVC-HEV Kat. 2, NOVC-FCHV, OVC-HEV, OVC-FCHV und PEV).

In diesem Anhang werden der Aufbau und die Verfahren für die Durchführung des WLTP-Bremszyklus – oder Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus – auf einem Rollenprüfstand und die Bestimmung des fahrzeugspezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung beschrieben. Darüber hinaus werden ein Verfahren und die Akzeptanzkriterien für die Verwendung alternativer Verfahren festgelegt.

3. Referenzverfahren und Berechnung

Der fahrzeugspezifische Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung wird ermittelt, indem der WLTP-Bremszyklus auf einem Rollenprüfstand, der in vollem Umfang den Anforderungen der UN-Regelung Nr. 154 entspricht, durchgeführt wird. Alle Bremsen müssen an jedem Rad mit externen Sensoren zur Bestimmung des Bremsmoments ausgerüstet sein. Alternativen und Akzeptanzkriterien sind in Absatz 5 dieses Anhangs beschrieben.

3.1. Berechnung des fahrzeugspezifischen Koeffizienten c des Anteils der Reibungsbremsung

Der Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung wird berechnet, indem die „von den Reibungsbremsen abgeleitete Verzögerungsenergie“ durch die „Gesamtverzögerungsenergie abzüglich 13 % zur Berücksichtigung der Fahrwiderstände auf der Straße“ geteilt wird (siehe Gleichung 1):

$$c = \frac{W_{brake}}{W_{ref}} \qquad \text{(Gleichung 1)}$$

Dabei gilt:

c ist der fahrzeugspezifische Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung.

W_{brake} ist die Summe der Reibungsarbeit aller Bremsvorgänge während des jeweiligen Zyklus in allen Reibungsbremssystemen des Fahrzeugs in J.

W_{ref} ist der normative Verweis für den Zyklus, in dem die Reibungsarbeit in J gemessen wurde.

Je nach Prüfzyklus wird der Wert des normativen Verweises W_{ref} gemäß Tabelle A5/1 angegeben.

Tabelle A5/1

Werte des normativen Verweises für verschiedene Prüfzyklen

Prüfzyklus	Normativer Verweis
WLTP-Bremszyklus	$W_{ref} = 0,87 \cdot M_{Veh} \cdot w_{total,bc}$
Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus	$W_{ref} = 0,87 \cdot M_{Veh} \cdot w_{total,trip\#10}$

Dabei gilt:

$w_{\text{total, bc}}$ ist die Summe der massespezifischen Veränderungen der kinetischen Energie des Fahrzeugs bei allen Bremsvorgängen des WLTP-Bremszyklus (15986 J/kg).

$w_{\text{total,trip\#10}}$ ist die Summe der massespezifischen Veränderungen der kinetischen Energie des Fahrzeugs bei allen Bremsvorgängen während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus (5 557 J/kg).

Die Gesamtreibungsarbeit ist die Summe der Reibungsarbeit aller eingebauten Bremsen (siehe Gleichung 2):

$$W_{brake} = \sum_{b = [FL,FR,RL,RR]} W_{brake,b} \qquad \text{(Gleichung 2)}$$

Dabei gilt:

W_{brake} ist die Summe der Reibungsarbeit aller in dem Fahrzeug eingebauten Bremsen bei allen Bremsvorgängen des jeweiligen Zyklus in J.

$W_{brake,b}$ ist die Reibungsarbeit von Bremse b bei allen Bremsvorgängen des jeweiligen Zyklus in J.

b ist der Kennwert der Bremse (FL: vorne links, FR: vorne rechts, RL: hinten links, RR: hinten rechts).

3.2. Verfahren zur Bestimmung der Reibungsarbeit

Das in diesem Absatz beschriebene Verfahren ist von der Prüfeinrichtung zur Bestimmung des fahrzeugspezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung anzuwenden. Zur Bestimmung und Validierung des C-Faktors während der Typgenehmigung wendet die Prüfeinrichtung eines der in den Absätzen 3.2.2.1., 3.2.2.2., 3.2.2.3. oder 3.2.2.4. dieses Anhangs beschriebenen Verfahren an. Die Reibungsarbeit pro Bremse wird als Integral der Reibungsleistung während der gesamten Dauer des Bezugszyklus nach Gleichung 3 berechnet:

$$W_{brake,b} = \int_{t_{start}}^{t_{end}} P_{brake,b}(t)\ \mathrm{d}t \qquad \text{(Gleichung 3)}$$

Dabei gilt:

$W_{brake,b}$ ist die Reibungsarbeit von Bremse b bei allen Bremsvorgängen des jeweiligen Zyklus in J.

$P_{brake,b}$ ist die Reibungsbremsleistung von Bremse b in W.

t_{start} ist der Sollzeitpunkt für den Beginn des analysierten Zyklus in s.

t_{end} ist der Sollzeitpunkt für das Ende des analysierten Zyklus in s.

Für die numerische Integration der gemessenen Signale zum Zeitpunkt t_i ist die Trapezregel nach Gleichung 4 anzuwenden:

$$W_{brake,b} = \sum_{i=1}^{N_t} \frac{t_{i+1} - t_i}{2} \cdot \left(P_{brake,b}(t_i) + P_{brake,b}(t_{i+1}) \right) \qquad \text{(Gleichung 4)}$$

Dabei gilt:

$W_{brake,b}$	ist die Reibungsarbeit von Bremse b bei allen Bremsvorgängen des jeweiligen Zyklus in J.
t_i	ist der Zeitstempel der i-ten Stichprobe der gemessenen Signale in s.
N_t	ist die Anzahl der Zeitmesspunkte t_i während des jeweiligen Zyklus ($t_i \in [t_{start}, t_{end}]$).
$P_{brake,b}$	ist die Reibungsbremsleistung von Bremse b in W.

Als Zwischenschritt werden die Zuwächse der Reibungsarbeit für jeden Zeitmesspunkt t_i anhand der Gleichung 5 berechnet:

$$W_{brake,b,i} = \frac{t_{i+1} - t_i}{2} \cdot \left(P_{brake,b}(t_i) + P_{brake,b}(t_{i+1}) \right) \qquad \text{(Gleichung 5)}$$

3.2.1. Verfahren zur Bestimmung der Reibungsleistung

Die Reibungsleistung wird aus dem Reibungsbremsmoment jeder Bremse und der gemessenen Rotationsgeschwindigkeit des Rads an jeder Bremse während der Verzögerungsphasen des Referenzzyklus bei jeder Bremse anhand der Gleichung 6 berechnet:

$$P_{brake,b}(t) = \begin{cases} \tau_{brake,b}(t) \cdot \omega_b(t) & \text{für} \quad a_{ref}(t) < 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 6)}$$

Dabei gilt:

$P_{brake,b}$	ist die Reibungsbremsleistung von Bremse b in W.
$\tau_{brake,b}$	ist das Reibungsbremsmoment an Bremse b in N·m.
ω_b	ist die gemessene Drehgeschwindigkeit des Rads an Bremse b in rad/s.
a_{ref}	ist die Sollwertbeschleunigung des Prüfzyklus in m/s².

Die Drehgeschwindigkeit des Rads kann aus der Drehgeschwindigkeit des Bremsenprüfstands an diesem Rad anhand der Gleichung 7 berechnet werden:

$$\omega_b = \frac{r_{D,b}}{r_{R,b}} \omega_{D,b} \qquad \text{(Gleichung 7)}$$

Dabei gilt:

ω_b	ist die gemessene Drehgeschwindigkeit des Rads an Bremse b in rad/s.
$\omega_{D,b}$	ist die gemessene Drehgeschwindigkeit der Prüfstandrolle an Bremse b in rad/s.
$r_{D,b}$	ist der Radius der Prüfstandrolle, auf der sich der Reifen an Bremse b dreht, in m.
$r_{R,b}$	ist der dynamische Reifenrollradius an Bremse b in m.

3.2.2. Verfahren zur Bestimmung des Reibungsbremsmoments

3.2.2.1. Bremsmomentbasiertes Verfahren

Das bremsmomentbasierte Verfahren erfordert die direkte Messung des tatsächlichen Bremsmoments ($\tau_{brake,b}$) an den jeweiligen Bremssystemen nach Gleichung 8. Ein positives Vorzeichen des gemessenen Bremsmoments zeigt Bremsaktivität an.

$$\tau_{brake,b}(t) = \begin{cases} \tau_{meas,b}(t) & \text{für} \quad \tau_{meas,b}(t) > 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 8)}$$

Dabei gilt:

$\tau_{brake,b}$ ist das Reibungsbremsmoment an Bremse b in N·m.

$\tau_{meas,b}$ ist das gemessene Bremsmoment an Bremse b in N·m.

3.2.2.2. Druckbasiertes Verfahren

Das druckbasierte Verfahren erfordert die Bestimmung des Drucks in den hydraulischen Reibungsbremssystemen möglichst nah am Rad hinsichtlich Sicherheit, Handhabung und Messqualität. Das Bremsmoment bei hydraulischen Reibungsbremsen wird aus dem gemessenen Bremsdruck ($p_{brake,b}$) multipliziert mit dem Drehmoment-Druck-Verhältnis ($C_{p,b}$) an der jeweiligen Bremse während der Bremsvorgänge des Fahrzyklus nach den Gleichungen 9 und 10 berechnet.

$$\tau_{brake,b}(t) = C_{p,b} \cdot p_{brake,b}(t) \qquad \text{(Gleichung 9)}$$

$$p_{brake,b}(t) = \begin{cases} p_{meas,b}(t) & \text{für} \quad p_{meas,b}(t) > p_{threshold,b} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 10)}$$

Dabei gilt:

$\tau_{brake,b}$ ist das Reibungsbremsmoment an Bremse b in N·m.

$C_{p,b}$ ist das Drehmoment-Druck-Verhältnis an der betrachteten Bremse b in N·m/kPa.

$p_{brake,b}$ ist der wirksame Bremsdruck an Bremse b, der ein Bremsmoment in kPa erzeugt.

$p_{meas,b}$ ist der gemessene Bremsdruck an Bremse b in kPa.

$p_{threshold,b}$ ist der Schwellendruck von Bremse b, der erforderlich ist, um das Bremsmoment in kPa gemäß Absatz 3.1.19 dieser Regelung zu erzeugen.

3.2.2.3. Elektromechanische Bremsen

Reserviert

3.2.2.4. Alternative Verfahren

Es können das Bremsmoment und die von elektronischen Bussen gesendeten Signale (z. B. CAN-Bus-Signale und/oder On-Board-Diagnosesysteme) des Fahrzeugs verwendet werden, die die Berechnung des Bremsmoments nach den Verfahren der Absätze 3.2.2.1, 3.2.2.2 oder 3.2.2.3 dieses Anhangs ermöglichen. Das Kriterium der Gleichwertigkeit des alternativen Verfahrens mit dem Referenzverfahren ist in Absatz 5.3 dieses Anhangs erläutert. Die Gleichwertigkeit der Signale mit dem gewählten Referenzverfahren ist von der Typgenehmigungsbehörde zu bestätigen.

3.3. Bestimmung der C_p-Werte

Der $C_{p,b}$-Wert für das druckbasierte Verfahren für ein bestimmtes Bremssystem wird bestimmt, indem der WLTP-Bremszyklus auf einem Bremsenprüfstand durchgeführt wird, der in vollem Umfang den Anforderungen dieser Regelung entspricht. Es wird davon ausgegangen, dass der $C_{p,b}$-Wert eines spezifischen Bremssystems für alle Mitglieder derselben Bremsemissionsfamilie gemäß Absatz 7.2.1 dieser Regelung repräsentativ ist.

3.3.1. Vorbereitung des Bremsenprüfstands

Der Bremsenprüfstand und alle Prüfausrüstungen sind nach den Spezifikationen des Anhangs 4 anzuordnen und zu betreiben.

3.3.2. Arbeitsweise

Die Prüfeinrichtung führt die folgenden Schritte aus:

a) Installation des Bremssystems nach dem in Anhang 4 Absatz 8.2 beschriebenen Verfahren

b) Durchführung des WLTP-Bremszyklus nach dem in Anhang 4 Absätze 9.2.1, 9.2.2 und 9.2.3 beschriebenen Verfahren

c) Aufzeichnung des Bremsmoments und des Bremsdrucks bei hydraulischen oder elektrohydraulischen Bremsen

d) Berechnung der $C_{p,b}$-Werte unter Verwendung der Daten aus dem Abschnitt „Messung der Bremsemissionen“ gemäß Anhang 4 Absatz 9.2.3.

3.3.3. Berechnung von C_p

Der $C_{p,b}$-Wert beschreibt das Verhältnis zwischen Bremsdruck und Bremsmoment und wird anhand der Gleichung 11 berechnet:

$$C_{p,b}(t) = \frac{\tau_{brake,b}(t)}{p_{brake,b}(t)} \qquad \text{(Gleichung 11)}$$

Bei einem gegebenen Reibmaterial kann $C_{p,b}$ von der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem aufgebrachten Bremsdruck, der Rotationsgeschwindigkeit der Bremse und der Bremsklotztemperatur abhängen. Der Wert kann bei verschiedenen Bremsvorgängen während der Durchführung der Prüfung unterschiedlich ausfallen. Um den Einfluss der Variabilität von $C_{p,b}$ auf die Berechnung der Bremsenergie im Prüfzyklus zu verringern, ist der „energiegewichtete $C_{p,b}$-Wert“ nach Gleichung 12 zu verwenden:

$$C_{p,b} = \frac{\int_{t_{start}}^{t_{end}} \tau_{brake,b} \cdot \omega_b(t)\ \mathrm{d}t}{\int_{t_{start}}^{t_{end}} \cdot\ p_{brake,b}(t) \cdot \omega_b(t)\ \mathrm{d}t} \qquad \text{(Gleichung 12)}$$

Um die Verwendung ungültiger Signale zu vermeiden, gilt darüber hinaus Folgendes für die korrekte Berechnung des Bremsdrucks und des Bremsmoments nach den Gleichungen 13 und 14. Der Wert für $p_{threshold,}$ ist gemäß Absatz 3.1.19 dieser Regelung zu verwenden:

$$\tau_{brake,b}(t) = \begin{cases} \tau_{meas,b} & \text{für } p_{meas,b}(t) > p_{threshold,b} \textit{ und } \tau_{meas,b} > 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 13)}$$

$$p_{brake,b}(t) = \begin{cases} p_{meas,b} & \text{für } p_{meas,b}(t) > p_{threshold,b} \textit{ und } \tau_{meas,b} > 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 14)}$$

Wird der fahrzeugspezifische Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung auf dem Rollenprüfstand während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus berechnet, so ist der C_p-Wert anhand der Daten der entsprechenden Prüfung zu bewerten, die mit demselben Bremssystem während Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus auf dem Bremsenprüfstand durchgeführt wurde.

3.3.4. Berechnung von C_e

Reserviert

4. Prüfanordnung und Spezifikationen

4.1. Auswahl des Fahrzeugs

Jedem Fahrzeug ist ein fahrzeugspezifischer Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung zuzuweisen. Verfügt ein Fahrzeug über verschiedene vom Fahrer wählbare Betriebsarten, so ist es in der Betriebsart zu prüfen, die die geringste Rückgewinnung bewirkt, da dies die ungünstigste Variante in Bezug auf den spezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung darstellt. Der gemessene spezifische Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung ist allen vom Fahrer wählbaren Betriebsarten dieses Fahrzeugs zuzuweisen. Betriebsstrategien zur Optimierung der Bremsfunktion (z. B. Korrosionsschutzmaßnahmen) dürfen während der Prüfung nicht deaktiviert oder weggelassen werden, solange der sichere Betrieb des Fahrzeugs auf dem Rollenprüfstand nicht beeinträchtigt wird.

Auf der Grundlage technischer Unterlagen, die vom Hersteller bereitgestellt werden, und der Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde können die speziellen vom Fahrer wählbaren Betriebsarten für sehr spezielle begrenzte Zwecke (z. B. Sand, Schnee/alpine Bedingungen, Offroad, automatische Entladung aus Sicherheitsgründen) von der Einhaltung des deklarierten spezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung ausgenommen werden.

Im Rahmen dieser Regelung kann der Hersteller beantragen, dass nur ein Fahrzeug jeder Interpolationsfamilie geprüft wird, um den fahrzeugspezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung der gesamten Interpolationsfamilie zu bestimmen. Auszuwählen und zu prüfen ist das Fahrzeug mit der geringsten Rückgewinnung (d. h. das Fahrzeug mit dem höchsten spezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung) aus der Interpolationsfamilie. In diesem Fall ist allen Fahrzeugen derselben Interpolationsfamilie unabhängig von Variante, Version und Ausstattungskonfiguration derselbe fahrzeugspezifische Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung zuzuweisen. Der Hersteller muss für jedes Fahrzeug der Interpolationsfamilie nachweisen können, dass der genehmigte Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung eingehalten wird.

Im Rahmen dieser Regelung kann der Hersteller beantragen, dass in dem Fall, dass es ein bestimmtes Fahrzeugmodell in verschiedenen Ausführungen gibt, die zu mehr als einer Interpolationsfamilie gehören, dasjenige Fahrzeug geprüft wird, das in Bezug auf den spezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung des jeweiligen Fahrzeug-Elektrifizierungstyps gemäß Tabelle 4 dieser Regelung den ungünstigsten Fall darstellt (d. h. das Fahrzeug mit dem höchsten spezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung). In diesem Fall ist der gemessene fahrzeugspezifische Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung allen Fahrzeugen des jeweiligen Fahrzeug-Elektrifizierungstyps gemäß Tabelle 4 dieser Regelung zuzuweisen. Der Hersteller muss in diesem Fall für jedes Fahrzeug der Interpolationsfamilie nachweisen können, dass der genehmigte Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung für jede Konfiguration innerhalb des Fahrzeugmodells eingehalten wird.

4.2. Vorbereitung

4.2.1. Bremsmomentsensoren

4.2.1.1. Piezoelektrische Sensoren

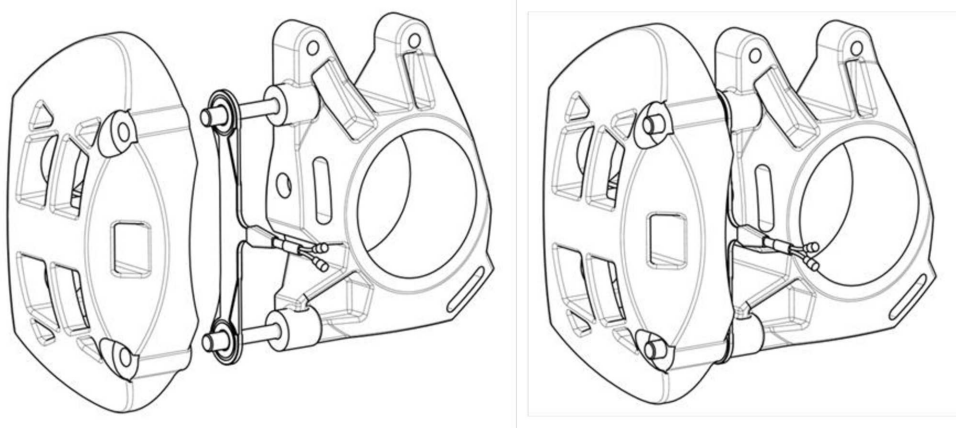
Der Bremsmomentsensor ist ein Sensor, der das tatsächliche Bremsmoment direkt an der Stelle messen kann, an der es auftritt, nämlich zwischen Bremssattel und Achsschenkel. Bremsmomentsensoren sind in der Regel auf die jeweiligen Bremssysteme zugeschnitten. Im Allgemeinen liegt die Stärke je nach Durchmesser des Befestigungsbolzens zwischen 3,5 mm und 5,0 mm.

Für das Verfahren im Rahmen dieser Regelung sind in jeder Bremsecke des Fahrzeugs externe Bremsmomentsensoren am Bremssattel anzubringen. Abbildung A5/1 zeigt ein schematisches Beispiel für die Anbringung eines Bremsmomentsensors. Je nach technischer Auslegung der Bremse und des Sensors ist ein Sensor pro Befestigungsloch oder die Integration in einem einzigen Instrument erforderlich. Unter Umständen muss der Bremssattel oder der Bremsklotz nachbearbeitet werden, damit die Sensoren eingebaut werden können. Es ist jedoch sorgfältig darauf zu achten, dass die Bremse nicht beschädigt wird und dass der Bremssattel weiterhin die für den WLTP-Bremszyklus vorgesehenen Anforderungen erfüllt, ohne dass dabei Sicherheitsrisiken entstehen oder das Bremsverhalten beeinträchtigt wird (z. B. durch Verformung). Dies gilt für den gesamten vom Sensorhersteller angegebenen Betriebsbereich des Sensors.

Das im Zeitverlauf gemessene Bremsmoment ist gemäß Absatz 3.2 dieses Anhangs in Reibungsbremsarbeit umzurechnen. Aufgrund des Funktionsprinzips des Sensors muss vor und nach der Prüfung die Nullpunktstabilität überprüft werden; eine etwaige Drift ist zu berücksichtigen.

Abbildung C1.

Schematisches Beispiel für die Anbringung eines Bremsmomentsensors



Es wird ein Ergebnis-Gesamtbereich von 0 bis 800 N·m empfohlen. Der maximale Bereich der Messkette ist entsprechend der Fahrzeugmasse, der Geometrie der Bremsen und den während der Prüfungen erwarteten Bremsmomentbedingungen zu wählen. Die Prüfeinrichtung hat die Empfehlungen des Herstellers des Brems-, Fahrzeug- und Sensorsystems zu beachten, um die ordnungsgemäße Funktionsweise des Sensors und der Datenerfassungseinrichtungen sicherzustellen.

Die Kalibrierung des Sensors muss folgenden Spezifikationen entsprechen:

a) Die Genauigkeit des Sensorsystems muss 2 % des Skalenendwerts oder ± 5 N m betragen; es gilt der jeweils größere Wert.

b) Die Verstärker für die Bremsmomentsensoren sind vor der Prüfung auf Null einzustellen, wobei kein Bremsmoment auf das System aufgebracht werden darf.

c) Nach der Prüfung müssen die Bremsmomentsensoren auf Nullpunktdrift überprüft werden. Zulässig ist eine maximale Nullpunktdrift von ± 0,5 % des Skalenendwerts.

Zur Durchführung des Kalibrierungsverfahrens ist ein Referenz-Kalibrierungssensor erforderlich. In Abbildung A5/2 ist schematisch dargestellt, wie der Referenz-Kalibrierungssensor an der Radnabe anzubringen ist. Nach dem Einbau des Bremsmomentsensors ist der Referenz-Kalibrierungssensor am Rad anzubringen und das Bremsmoment ist aufzubringen. In Abbildung A5/3 ist das Kalibrierungsverfahren schematisch dargestellt.

Abbildung A5/2

T-Griff und Referenz-Kalibrierungssensor mit Radnabenadapter an Radnabe angebracht.

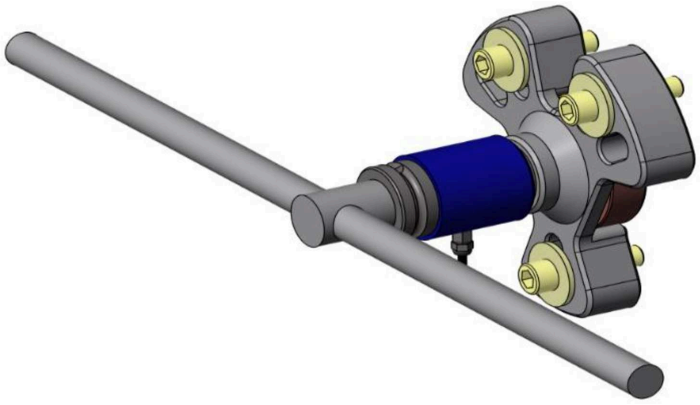
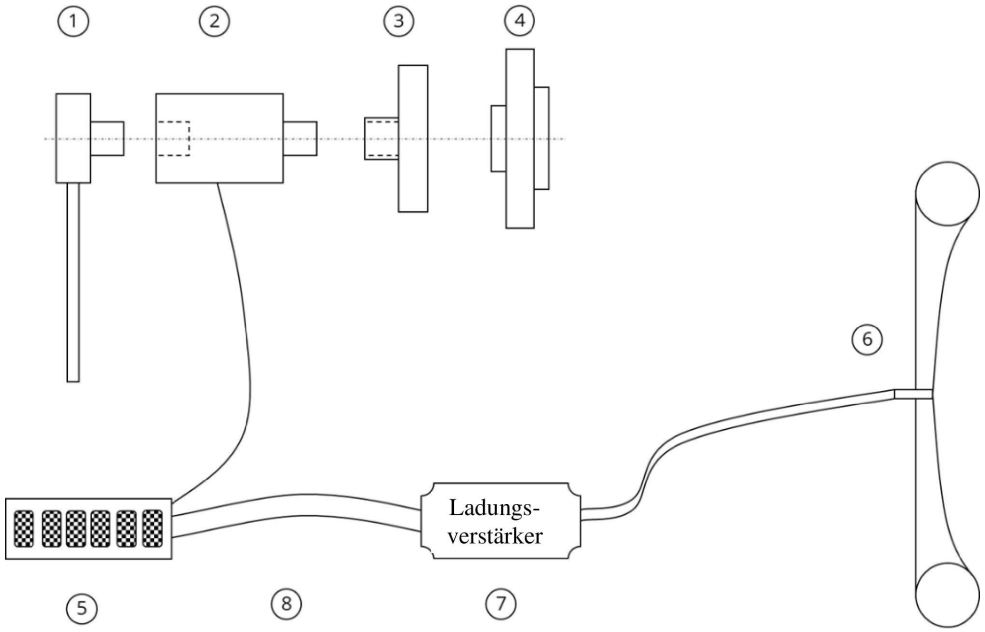


Abbildung A5/3

Schematisches Beispiel für eine Kalibrierung.



Nr.	Abbildung A5/3
1	Standard-Vierkantantrieb (in den der Referenzsensor passt)
2	Referenz-Kalibrierungssensor
3	Radnabenadapter (zur direkten Übertragung des Bremsmoments auf die Achse)
4	Radnabe
5	Datenerfassungssystem (das mit dem Dehnungsmessstreifen kompatibel ist)
6	Bremsmomentsensoren einschl. Kabel
7	Ladungsverstärker
8	Systemkabel mit Anschluss an das Datenerfassungssystem

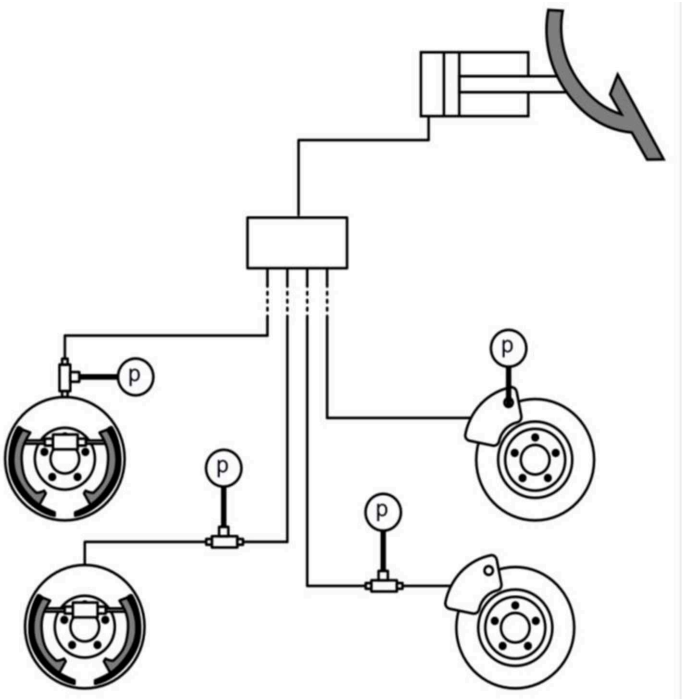
Die Linearität des Sensors ist gemäß Empfehlung des Messsystemherstellers zu überprüfen. An keinem Punkt des Betriebsbereichs oberhalb von Null dürfen Restwerte (Abweichungen) angezeigt werden, die größer sind als 2 % des Skalenendwerts oder ± 5 N m; es gilt der jeweils größere Wert. Für das Messsystem muss eine Temperaturkompensation gemäß Herstellerangabe durchgeführt werden. Der Referenz-Kalibrierungssensor muss innerhalb der letzten zwölf Monate vor seiner Verwendung gemäß ISO 17025 kalibriert worden sein.

4.2.2. Druckaufnehmer und -sensoren

In jeder Bremsecke des Fahrzeugs ist ein externer Drucksensor am Bremsflüssigkeitspfad anzubringen. Er wird vorzugsweise an der Entlüftungsschraube der jeweiligen Bremsecke angebracht. Ist dies aufgrund von Platzbeschränkungen oder anderen Gründen nicht möglich, sind alternative Anbringungsstellen zulässig. Sie müssen sich jedoch so nahe wie möglich an der jeweiligen Bremsecke befinden. In Abbildung A5/4 ist schematisch die Anbringung von Bremsdrucksensoren an den Bremsleitungen des geprüften Fahrzeugs dargestellt. Der im Zeitverlauf gemessene Druck ist nach Gleichung 9 in Bremsmoment und gemäß den Absätzen 3.1. und 3.2. dieses Anhangs in einen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung umzurechnen.

Abbildung A5/4

Beispiele für die Anbringung von Bremsdrucksensoren (P) an den Bremsleitungen der geprüften Fahrzeuge



Es wird empfohlen, einen Drucksensor zu verwenden, der einen Messbereich von 0 bis 6 000 kPa abdeckt, wobei der maximale Messbereich des Sensors entsprechend den während der Prüfungen erwarteten maximalen Druckbedingungen zu wählen ist. Die kombinierte Unsicherheit der Nichtlinearität, Hysterese und Reproduzierbarkeit bei der Druckmessung darf 0,5 % des Ablesewerts oder 0,3 % des Skalenendwerts nicht überschreiten; es gilt der jeweils größere Wert (Gesamt-Unsicherheitsbudget).

4.2.3. Sensoren für Kraftmessungen an elektromechanischen Bremsen

Reserviert

4.3. Datenaufzeichnung

4.3.1. Daten des Rollenprüfstands

Zur Aufzeichnung der Rohdaten, die während der Prüfung am Rollenprüfstand sowie am Fahrzeug und dessen mit Messgeräten ausgestatteten Bauteilen erfasst werden, sind spezielle Datenaufzeichnungssysteme zu verwenden. Es wird empfohlen, die Daten gemäß den Spezifikationen des Anhangs B5 der UN-Regelung Nr. 154 (Absatz 2 „Rollenprüfstand“) aufzuzeichnen.

Zusätzlich zu den in UN-Regelung Nr. 154 vorgeschriebenen Daten sind die Parameter für die Grundbremse gemäß Anhang 4 Tabelle A4/3 aufzuzeichnen. Dazu gehören mindestens die mit dem Hauptverfahren und dem Referenzverfahren gewählten Parameter. Die Messung ist mit einer Frequenz von mindestens 10 Hz durchzuführen. Die Fahrzeugmasse ist unabhängig vom Prüfzyklus nach Absatz 3.1.9 dieser Regelung zu bestimmen. Darüber hinaus sind gegebenenfalls die Werte des Drehmoment-Druck-Verhältnisses C_p zu dokumentieren.

Die Datenaufzeichnung muss vor oder gleichzeitig mit der eigentlichen Prüfung auf dem Rollenprüfstand beginnen. Die Datenaufzeichnung des Rollenprüfstands und des Fahrzeugs muss gewährleisten, dass die Daten synchron sind, d. h. die Signale müssen sich auf denselben Zeitbereich beziehen. Es wird empfohlen, die Signale zeitlich synchronisiert in einer einzigen Datei zu erfassen. Alternativ ist für den Fall, dass die Daten in unterschiedlichen Systemen aufgezeichnet werden, das Signal für die Fahrzeuggeschwindigkeit zusammen mit den Daten der Bremse aufzuzeichnen und für den Zeitabgleich zu verwenden. Die aufgezeichneten Daten sind in einem gängigen Open-Access-Datenformat bereitzustellen.

4.4. Einstellungen des Rollenprüfstands

Die Prüfanordnung und das Prüfverfahren müssen den Anforderungen der UN-Regelung Nr. 154 in der zum Zeitpunkt der Prüfung geltenden Fassung entsprechen. Abweichungen sind, sofern in diesem Dokument nichts anderes bestimmt ist, nicht zulässig.

Die Prüfungen sind bei 23 ± 5 °C durchzuführen, wobei das Fahrzeug, die Bremssysteme und die Messsysteme 6 bis 36 Stunden vorher akklimatisiert werden müssen. Die Simulation des Fahrwiderstands auf der Straße muss unabhängig vom Prüfzyklus in vollem Umfang der UN-Regelung Nr. 154 entsprechen. Akklimatisierung, Vorkonditionierung und Fahrwiderstände auf der Straße sind gemäß UN-Regelung Nr. 154 einzustellen. Demnach müssen bei der Durchführung der Prüfung der Koeffizienten des Fahrwiderstands auf der Straße (f0, f1, f2) der Fahrwiderstandsgleichung berücksichtigt werden.

4.5. Prüffolge

Das Prüffahrzeug ist gemäß den Anforderungen in Anhang B8 Absätze 2. bis 2.3. der UN-Regelung Nr. 154 einzufahren. Darüber hinaus müssen die Bremsen des Prüffahrzeugs angemessen eingefahren sein. Auf Verlangen der Typgenehmigungsbehörde legt der Hersteller technische Nachweise vor.

Im Allgemeinen wird die Prüfung in folgender Abfolge durchgeführt: Vorkonditionierung, Abkühlung und (bei OVC-HEV, OVC-FCHV und PEV) Aufladung. Anschließend wird die Leistungsprüfung durchgeführt, um die Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung zu ermitteln (siehe Abbildung A5/5). Diese Verfahren entsprechen den Spezifikationen in Anhang B8 der UN-Regelung Nr. 154, sofern nachstehend nichts anderes angegeben ist.

Abbildung A5/5

Grundlegender Aufbau von Prüfungen auf dem Rollenprüfstand gemäß diesem Abschnitt.

Vorkonditionierung WLTC-Abgaszyklus	**Akklimatisierung/Abkühlung und Aufladung** 6-36 Stunden	**Prüfzyklus** WLTP-Bremszyklus oder Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus

Für das Fahrzeug und dessen Prüfung ist die vom Fahrer wählbare Betriebsart einzustellen, die die geringste Rückgewinnung bewirkt (d. h. der ungünstigste Fall in Bezug auf den spezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung) gemäß Absatz 4.1 dieses Anhangs. Spezielle vom Fahrer wählbare Betriebsarten für sehr spezielle begrenzte Zwecke gemäß Absatz 4.1 dieses Anhangs können außer Acht gelassen werden.

Ungeachtet der vorstehenden Anforderungen entspricht der während der Leistungsprüfung durchzuführende Prüfzyklus dem WLTP-Bremszyklus gemäß Anhang 4 oder Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus gemäß den Vorschriften in Absatz 6 dieses Anhangs. Bei allen Fahrzeug-Elektrifizierungstypen sind der WLTC-Zyklus zur Vorkonditionierung und der durchzuführende Prüfzyklus nur einmal zu fahren.

4.6. Qualitätskriterien für die Prüfung auf dem Rollenprüfstand

Die folgenden Qualitätskontrollen sind durchzuführen, um die ordnungsgemäße Durchführung des WLTP-Bremszyklus im Rahmen einer Prüfung auf dem Rollenprüfstand zu überprüfen. Eine gültige Prüfung auf dem Rollenprüfstand muss alle nachstehend beschriebenen Kriterien erfüllen.

Sollte das Fahrzeug nicht alle Kriterien erfüllen oder die Geschwindigkeitswerte eines der Prüfzyklen nicht erreichen, sind standardmäßig die Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung gemäß Tabelle 4 dieser Regelung zu verwenden.

4.6.1. Berechnung der für Qualitätskontrollen verwendeten Signale

4.6.1.1. Gefahrene Geschwindigkeit und Zielgeschwindigkeit

Für die Berechnung der Kriterien für die Qualitätskontrolle sind Geschwindigkeitssignale zu verwenden. Die gemessene Geschwindigkeit und die Referenzgeschwindigkeit sind nachzubearbeiten, um die zur Qualitätskontrolle verwendeten Signale für die Ziel- und die gefahrene Geschwindigkeit zu erhalten.

Die gemessene Geschwindigkeit und die Referenzgeschwindigkeit sind mit einem symmetrischen gleitend gemittelten Filter mit einer Länge von 0,5 Sekunden zu glätten. Zur Anwendung des diskreten gleitend gemittelten Filters wird die Anzahl der zu berücksichtigenden Abtastwerte als ungerade Anzahl von Abtastwerten ermittelt, die in das 0,5-Sekunden-Intervall passen. Die Anzahl der in beiden Richtungen zu berücksichtigenden Abtastwerte ergibt sich aus (Gleichung 15):

$$m = \left\lfloor \frac{0{,}25\ \mathrm{s}}{t_s} \right\rfloor \qquad \text{(Gleichung 15)}$$

Dabei gilt:

t_s ist das Abtastintervall des Geschwindigkeitssignals in Sekunden.

$\lfloor \rfloor$ ist der Operator für das Abrunden.

Bei einer Messfrequenz von 10 Hz ergibt sich eine Breite von $2m + 1 = 5$ Abtastwerten.

Der gleitende Mittelwert des Signals x mit einer Länge von $2m + 1$ Abtastwerten wird mit der Operation $\text{mavg}(x)$ ermittelt und anhand der Gleichung 16 berechnet:

$$\text{mavg}(x) = \begin{cases} \frac{1}{2m+1} \sum_{j=i-m}^{j=i+m} x_i & \text{für} \quad m < i < N-m \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 16)}$$

Dabei gilt:

N ist die Anzahl der Zeitmesspunkte des Signals für die gesamte Prüfung.

x_i ist der i-te Zeitmesspunkt des zu glättenden Signals.

Die gefahrene Geschwindigkeit und die Zielgeschwindigkeit für die Berechnung der Qualitätskontrollen werden ermittelt, indem der über 0,5 s gleitend gemittelte Filter zweimal hintereinander auf die Referenzgeschwindigkeit und die gemessene Fahrzeuggeschwindigkeit auf dem Rollenprüfstand angewandt wird (Gleichungen 17 und 18):

$$v_T = \text{mavg}\Big(\text{mavg}(v_{ref})\Big) \qquad \text{(Gleichung 17)}$$

$$v_D = \text{mavg}\Big(\text{mavg}(v_{dyno})\Big) \qquad \text{(Gleichung 18)}$$

Dabei gilt:

v_{ref} ist die Sollwertgeschwindigkeit des Prüfzyklus in m/s.

v_{dyno} ist die Geschwindigkeit des Fahrzeugs in m/s.

v_D ist die für Qualitätskontrollen verwendete gefahrene Geschwindigkeit in m/s.

v_T ist die für Qualitätskontrollen verwendete Zielgeschwindigkeit in m/s.

4.6.1.2. Gefahrene Beschleunigung und Zielbeschleunigung

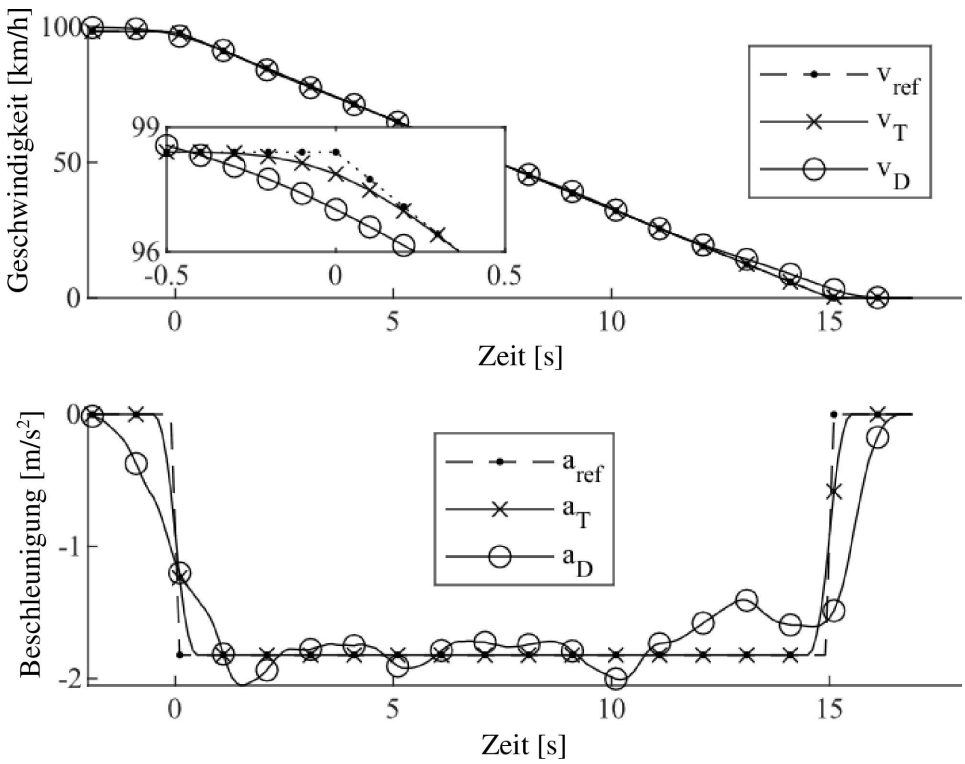
Für die Berechnung im Rahmen von Qualitätskontrollen ist die Beschleunigung auf der Grundlage der Geschwindigkeitssignale zu berechnen. Dazu wird die symmetrische endliche Differenz nach den Gleichungen 19 und 20 verwendet:

$$a_{T,i} = \begin{cases} \frac{v_{T,i+1} - v_{T,i-1}}{2t_s} & \text{für} \quad 1 < i < N-1 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 19)}$$

$$a_{D,i} = \begin{cases} \frac{v_{D,i+1} - v_{D,i-1}}{2t_s} & \text{für} \quad 1 < i < N-1 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 20)}$$

Abbildung A5/6

Beispiel für geglättete Signale, wobei a_{ref} das Signal für die Sollwertbeschleunigung ist.



4.6.1.3. Gefahrene spezifische Trägheitsleistung und spezifische Zielträgheitsleistung

Für die Berechnung im Rahmen von Qualitätskontrollen wird die spezifische Trägheitsleistung der bei den jeweiligen Geschwindigkeiten wirkenden Trägheitskraft nach den Gleichungen 21 und 22 berechnet:

$$\tilde{P}_{T,i} = v_{T,i} \cdot a_{T,i} \qquad \text{(Gleichung 21)}$$

$$\tilde{P}_{D,i} = v_{D,i} \cdot a_{D,i} \qquad \text{(Gleichung 22)}$$

Dabei gilt:

$\tilde{P}_{T,i}$ ist der i-te Abtastwert des Signals für die spezifische Sollträgheitsleistung in W/kg.

$\tilde{P}_{D,i}$ ist der i-te Abtastwert des Signals für die gefahrene spezifische Trägheitsleistung in W/kg.

4.6.2. Root Mean Squared Speed Error (mittlerer quadratischer Geschwindigkeitsfehler)

Zur Überprüfung der Qualität der Prüfung ist der mittlere quadratische Geschwindigkeitsfehler (Root Mean Squared Speed Error – RMSSE) in km/h nach Gleichung 23 zu berechnen:

$$\text{RMSSE} = \frac{3,6\ \text{km/h}}{1,0\ \text{m/s}} \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(v_{D,i} - v_{T,i})^2} \qquad \text{(Gleichung 23)}$$

Damit die Prüfung gültig ist, muss das Kriterium der Gleichung 24 erfüllt sein:

$$\mathrm{RMSSE} < 1,3\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \qquad \text{(Gleichung 24)}$$

4.6.3. Inertial Work Rating während der Verzögerung

Zur Überprüfung der Qualität der Prüfung ist die Bewertung hinsichtlich Trägheitsarbeit (IWR) während der Verzögerung (IWR^-) anhand der Gleichung 25 zu berechnen:

$$\mathrm{IWR}^- = 100\% \cdot \frac{w_D^- - w_T^-}{w_T^-} \qquad \text{(Gleichung 25)}$$

Dabei gilt:

w_D^- ist die gefahrene spezifische Trägheitsarbeit während der Verzögerung in J/kg.

w_T^- ist die spezifische Zielträgheitsarbeit während der Verzögerung in J/kg.

Die spezifische Trägheitsarbeit während der Verzögerung wird als numerisches Integral der spezifischen Trägheitsleistung ausschließlich während der Verzögerung berechnet (Gleichungen 26 und 27):

$$w_T^- = \sum_{i=1}^{N_t-1} \frac{t_{i+1} - t_i}{2} \cdot (\tilde{P}_{T,i}^- + \tilde{P}_{T,i+1}^-) \qquad \text{(Gleichung 26)}$$

$$w_D^- = \sum_{i=1}^{N_t-1} \frac{t_{i+1} - t_i}{2} \cdot (\tilde{P}_{D,i}^- + \tilde{P}_{D,i+1}^-) \qquad \text{(Gleichung 27)}$$

Dabei gilt:

$\tilde{P}_D^-$ ist die gefahrene spezifische Trägheitsleistung während der Verzögerung in J/kg.

$\tilde{P}_T^-$ ist die spezifische Zielträgheitsleistung während der Verzögerung in J/kg.

Die spezifische Trägheitsleistung während der Verzögerung wird wie folgt ermittelt (Gleichungen 28 und 29):

$$\tilde{P}_{T,i}^- = \begin{cases} \tilde{P}_{T,i} & \text{für} \quad \tilde{P}_{T,i} < 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 28)}$$

$$\tilde{P}_{D,i}^- = \begin{cases} \tilde{P}_{D,i} & \text{für} \quad \tilde{P}_{D,i} < 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{(Gleichung 29)}$$

Damit die Prüfung gültig ist, muss das Kriterium der Gleichung 30 erfüllt sein:

$$|\mathrm{IWR}^-| < 15\% \qquad \text{(Gleichung 30)}$$

4.6.4. Inertial Power Difference Work

Die Arbeit der Differenz bei Trägheitsleistung (IPDW) beschreibt die effektive Arbeit, die durch die Differenz der spezifischen Trägheitsleistung zwischen den Signalen für die gefahrene spezifische Trägheitsleistung und die spezifische Zielträgheitsleistung bewirkt wird, in J/kg.

Im Allgemeinen ist die effektive spezifische Trägheitsarbeit der Differenz zwischen zwei Signalen für die spezifische Trägheitsleistung nach Gleichung 31 zu bestimmen:

$$w_{\Delta P^2} = \sqrt{(t_{end} - t_{start}) \cdot \int_{t_{start}}^{t_{end}} (\tilde{P}_D - \tilde{P}_T)^2 \mathrm{d}t} \qquad \text{(Gleichung 31)}$$

Für die Anwendung auf den WLTP-Bremszyklus wird IPDW für jeden Bremsverzögerungsvorgang *k* im Intervall von 1 s vor Beginn des Bremsverzögerungsvorgangs bis 1 s nach Ende des Bremsverzögerungsvorgangs anhand der Gleichungen 32 und 33 berechnet:

$$\mathrm{IPDW_k} = \sqrt{(t_{end,k} - t_{start,k} + 2\mathrm{s}) \cdot \sum_{i \in \mathrm{I_k}} \frac{t_{i+1} - t_i}{2} (\Delta\tilde{P}_i^2 + \Delta\tilde{P}_{i+1}^2)} \qquad \text{(Gleichung 32)}$$

$$\Delta\tilde{P}_i = \tilde{P}_{D,i} - \tilde{P}_{T,i} \qquad \text{(Gleichung 33)}$$

Dabei gilt:

k	ist der Kennwert für jeden Bremsverzögerungsvorgang.
i	ist der Kennwert des Zeitmesspunkts.
$t_{start,k}$	ist der Sollanfangszeitpunkt des Bremsverzögerungsvorgangs gemäß Referenz in Sekunden.
$t_{end,k}$	ist der Sollendzeitpunkt des Bremsverzögerungsvorgangs gemäß Referenz in Sekunden.
t_i	ist der i-te Zeitmesspunkt.
$\Delta\tilde{P}_i$	ist die Differenz zwischen dem Signal für die gefahrene spezifische Trägheitsleistung und der spezifischen Sollträgheitsleistung in W/kg.
$\mathrm{I_k}$	entspricht den Zeitmesspunkten während des Bremsverzögerungsvorgangs.

Der Zeitmesspunkte von 1 s vor bis 1 s nach dem k-ten Bremsverzögerungsvorgang ergeben sich aus Gleichung 34:

$$\mathrm{I_k} = \{i \in \mathrm{N} \mid t_{start,k} - 1\mathrm{s} \leq t_i < t_{end,k} + 1\mathrm{s}\} \qquad \text{(Gleichung 34)}$$

Der IPDW-Wert für den gesamten WLTP-Bremszyklus wird als quadratischer Mittelwert der $\mathrm{IPDW_k}$ aller Bremsverzögerungsvorgänge berechnet (Gleichung 35):

$$\mathrm{IPDW} = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K} \mathrm{IPDW}_k^2} \qquad \text{(Gleichung 35)}$$

Dabei gilt:

K	ist die Anzahl der Halte im Zyklus, die für den gesamten WLTP-Bremszyklus 303 und für Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus 114 beträgt.

Damit die Prüfung gültig ist, muss das Kriterium der Gleichung 36 erfüllt sein:

$$\mathrm{IPDW} < 30 \frac{J}{\mathrm{kg}} \qquad \text{(Gleichung 36)}$$

4.6.5. Inertial Power Difference Rating

Die Bewertung der Differenz bei der Trägheitsleistung (IPDR) ist das Verhältnis von IPDW-Wert eines Bremsverzögerungsvorgangs und Referenzträgheitsarbeit bei dem entsprechenden Bremsverzögerungsvorgang in Prozent.

Der $\mathrm{IPDR_k}$-Wert jedes k-ten Bremsverzögerungsvorgangs ergibt sich aus Gleichung 37:

$$\mathrm{IPDR_k} = \frac{\mathrm{IPDW_k}}{w_{ref,k}} \qquad \text{(Gleichung 37)}$$

Dabei gilt:

$w_{ref,k}$ ist die spezifische Referenzträgheitsarbeit des Bremsverzögerungsvorgangs k gemäß der Spalte „Spezifische KE“ der Tabelle in Anhang 4 Anlage 2.

Der IPDR-Wert für den gesamten WLTP-Bremszyklus wird als quadratischer Mittelwert der $\mathrm{IPDR_k}$ aller Bremsverzögerungsvorgänge berechnet (Gleichung 38):

$$\mathrm{IPDR} = 100\% \cdot \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K} \mathrm{IPDR}_k^2} \qquad \text{(Gleichung 38)}$$

Dabei gilt:

K ist die Anzahl der Bremsverzögerungsvorgänge im Zyklus, die für den WLTP-Bremszyklus 303 und ausschließlich für Fahrt 10 114 beträgt.

Damit die Prüfung gültig ist, muss das Kriterium der Gleichung 39 erfüllt sein:

$$\mathrm{IPDR} < 50\,\% \qquad \text{(Gleichung 39)}$$

4.6.6. Kontrolle in Bezug auf geschwindigkeitsbezogene Abweichungen

Es gelten die Kriterien für die Geschwindigkeitstoleranz gemäß Anhang 4 Absatz 9.4.1 Der darin festgelegte 3 %-Ansatz gilt für Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus, wenn diese als Prüfzyklus ausgewählt wird.

5. Gleichwertigkeit der Verfahren

Auf Antrag des Herstellers und unter der Voraussetzung, dass die in Absatz 5.3 dieses Anhangs beschriebenen Gleichwertigkeitskriterien erfüllt sind, kann zur Bestimmung des individuellen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung anstelle der in den Absätzen 3.2.2.1, 3.2.2.2 oder 3.2.2.3 dieses Anhangs beschriebenen Referenzverfahren ein alternatives Verfahren gemäß Absatz 3.2.2.4 dieses Anhangs verwendet werden.

5.1. Auswahl des Fahrzeugs für den Nachweis der Gleichwertigkeit

Der Hersteller muss die Gleichwertigkeit eines alternativen Verfahrens für diejenigen Fahrzeug-Elektrifizierungstypen gemäß Absatz 2 dieses Anhangs nachweisen, für die die Anwendung des alternativen Verfahrens beantragt wird. Für einen solchen Nachweis ist mindestens ein Fahrzeug jedes Fahrzeug-Elektrifizierungstyps auszuwählen.

5.2. Prüfung des alternativen Verfahrens.

Zum Nachweis der Gleichwertigkeit muss das Fahrzeug mit Bremsmomentmessgeräten, Bremsdruckaufnehmern und/oder Sensoren gemäß Absatz 4.2 dieses Anhangs ausgerüstet sein und dem WLTP-Bremszyklus gemäß der in Absatz 4.5 dieses Anhangs festgelegten Prüffolge unterzogen werden.

5.3. Kriterium der Gleichwertigkeit

Das alternative Verfahren gilt als dem Referenzverfahren gleichwertig, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist (Gleichungen 40 und 41):

$$\left|\frac{c_{alt} - c}{c}\right| \leq 10\,\% \qquad \text{(Gleichung 40)}$$

$$|c_{alt} - c| \leq 0,02 \qquad \text{(Gleichung 41)}$$

Dabei gilt:

c_{alt} ist der mit dem alternativen Verfahren gemessene fahrzeugspezifische Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung.

6. Gleichwertigkeit des Prüfzyklus

Alternativ zur Herleitung des fahrzeugspezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung aus dem WLTP-Bremszyklus kann der Hersteller diesen auch berechnen, indem er Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus nach dem in Absatz 4.5. dieses Anhangs festgelegten Verfahren durchführt. In diesem Fall gilt der für Fahrt 10 des WLTP-Bremszyklus berechnete fahrzeugspezifische Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung als dem aus dem WLTP-Bremszyklus hergeleiteten Koeffizienten gleichwertig. Dies ist entsprechend anzugeben. Bei Abweichungen zwischen den gemessenen C-Faktoren ist der während des WLTP-Bremszyklus ermittelte C-Faktor maßgeblich.

7. Arbeitsergebnisse der Prüfung

Das Referenzmessverfahren für die Bestimmung und Validierung des fahrzeugspezifischen Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung, der vom Fahrzeughersteller für die Typgenehmigung verwendet wird, ist anzugeben (Einzelheiten siehe Absatz 3.2 dieses Anhangs).

7.1. Abweichung der Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung („Deklaration“)

7.1.1. Der nach diesem Anhang berechnete fahrzeugspezifische Koeffizient für den Anteil der Reibungsbremsung kann vom Hersteller um bis zu 50 % des gemessenen Werts oder um einen absoluten Wert von 0,05 erhöht werden; es gilt der jeweils höhere Wert.

7.1.2. Auf Antrag des Herstellers und mit Genehmigung der Genehmigungsbehörde können Hersteller den nach diesem Anhang berechneten Koeffizienten für den Anteil der Reibungsbremsung auf die in Tabelle 4 dieser Regelung für den jeweiligen Fahrzeug-Elektrifizierungstyp angegebenen Werte oder auf die in Absatz 7.1.1 dieses Anhangs angegebenen Werte erhöhen; es gilt der jeweils höhere Wert.