

Tabelle A1/8

WLTC-Zyklus Klasse 3a, Phase Medium_{3a}(Sekunde 589 ist das Ende der Phase Low₃ und der Beginn der Phase Medium_{3a})

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
590	0,0	629	46,0	668	19,0	707	15,1
591	0,0	630	46,1	669	23,2	708	12,8
592	0,0	631	46,7	670	28,0	709	12,0
593	0,0	632	47,7	671	32,0	710	13,2
594	0,0	633	48,9	672	34,0	711	17,1
595	0,0	634	50,3	673	36,0	712	21,1
596	0,0	635	51,6	674	38,0	713	21,8
597	0,0	636	52,6	675	40,0	714	21,2
598	0,0	637	53,0	676	40,3	715	18,5
599	0,0	638	53,0	677	40,5	716	13,9
600	0,0	639	52,9	678	39,0	717	12,0
601	1,0	640	52,7	679	35,7	718	12,0
602	2,1	641	52,6	680	31,8	719	13,0
603	5,2	642	53,1	681	27,1	720	16,3
604	9,2	643	54,3	682	22,8	721	20,5
605	13,5	644	55,2	683	21,1	722	23,9
606	18,1	645	55,5	684	18,9	723	26,0
607	22,3	646	55,9	685	18,9	724	28,0
608	26,0	647	56,3	686	21,3	725	31,5
609	29,3	648	56,7	687	23,9	726	33,4
610	32,8	649	56,9	688	25,9	727	36,0
611	36,0	650	56,8	689	28,4	728	37,8
612	39,2	651	56,0	690	30,3	729	40,2
613	42,5	652	54,2	691	30,9	730	41,6
614	45,7	653	52,1	692	31,1	731	41,9
615	48,2	654	50,1	693	31,8	732	42,0
616	48,4	655	47,2	694	32,7	733	42,2
617	48,2	656	43,2	695	33,2	734	42,4
618	47,8	657	39,2	696	32,4	735	42,7
619	47,0	658	36,5	697	28,3	736	43,1
620	45,9	659	34,3	698	25,8	737	43,7
621	44,9	660	31,0	699	23,1	738	44,0
622	44,4	661	26,0	700	21,8	739	44,1
623	44,3	662	20,7	701	21,2	740	45,3
624	44,5	663	15,4	702	21,0	741	46,4
625	45,1	664	13,1	703	21,0	742	47,2
626	45,7	665	12,0	704	20,9	743	47,3
627	46,0	666	12,5	705	19,9	744	47,4
628	46,0	667	14,0	706	17,9	745	47,4

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
746	47,5	790	65,4	834	48,7	878	76,5
747	47,9	791	65,7	835	49,3	879	76,2
748	48,6	792	66,0	836	49,8	880	75,8
749	49,4	793	65,6	837	50,2	881	75,4
750	49,8	794	63,5	838	50,9	882	74,8
751	49,8	795	59,7	839	51,8	883	73,9
752	49,7	796	54,6	840	52,5	884	72,7
753	49,3	797	49,3	841	53,3	885	71,3
754	48,5	798	44,9	842	54,5	886	70,4
755	47,6	799	42,3	843	55,7	887	70,0
756	46,3	800	41,4	844	56,5	888	70,0
757	43,7	801	41,3	845	56,8	889	69,0
758	39,3	802	43,0	846	57,0	890	68,0
759	34,1	803	45,0	847	57,2	891	67,3
760	29,0	804	46,5	848	57,7	892	66,2
761	23,7	805	48,3	849	58,7	893	64,8
762	18,4	806	49,5	850	60,1	894	63,6
763	14,3	807	51,2	851	61,1	895	62,6
764	12,0	808	52,2	852	61,7	896	62,1
765	12,8	809	51,6	853	62,3	897	61,9
766	16,0	810	49,7	854	62,9	898	61,9
767	20,4	811	47,4	855	63,3	899	61,8
768	24,0	812	43,7	856	63,4	900	61,5
769	29,0	813	39,7	857	63,5	901	60,9
770	32,2	814	35,5	858	63,9	902	59,7
771	36,8	815	31,1	859	64,4	903	54,6
772	39,4	816	26,3	860	65,0	904	49,3
773	43,2	817	21,9	861	65,6	905	44,9
774	45,8	818	18,0	862	66,6	906	42,3
775	49,2	819	17,0	863	67,4	907	41,4
776	51,4	820	18,0	864	68,2	908	41,3
777	54,2	821	21,4	865	69,1	909	42,1
778	56,0	822	24,8	866	70,0	910	44,7
779	58,3	823	27,9	867	70,8	911	46,0
780	59,8	824	30,8	868	71,5	912	48,8
781	61,7	825	33,0	869	72,4	913	50,1
782	62,7	826	35,1	870	73,0	914	51,3
783	63,3	827	37,1	871	73,7	915	54,1
784	63,6	828	38,9	872	74,4	916	55,2
785	64,0	829	41,4	873	74,9	917	56,2
786	64,7	830	44,0	874	75,3	918	56,1
787	65,2	831	46,3	875	75,6	919	56,1
788	65,3	832	47,7	876	75,8	920	56,5
789	65,3	833	48,2	877	76,6	921	57,5

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
922	59,2	948	55,8	973	36,5	999	0,0
923	60,7	949	56,2	974	31,7	1000	0,0
924	61,8	950	56,1	975	27,0	1001	0,0
925	62,3	951	55,1	976	24,7	1002	0,0
926	62,7	952	52,7	977	19,3	1003	0,0
927	62,0	953	48,4	978	16,0	1004	0,0
928	61,3	954	43,1	979	13,2	1005	0,0
929	60,9	955	37,8	980	10,7	1006	0,0
930	60,5	956	32,5	981	8,8	1007	0,0
931	60,2	957	27,2	982	7,2	1008	0,0
932	59,8	958	25,1	983	5,5	1009	0,0
933	59,4	959	27,0	984	3,2	1010	0,0
934	58,6	960	29,8	985	1,1	1011	0,0
935	57,5	961	33,8	986	0,0	1012	0,0
936	56,6	962	37,0	987	0,0	1013	0,0
937	56,0	963	40,7	988	0,0	1014	0,0
938	55,5	964	43,0	989	0,0	1015	0,0
939	55,0	965	45,6	990	0,0	1016	0,0
940	54,4	966	46,9	991	0,0	1017	0,0
941	54,1	967	47,0	992	0,0	1018	0,0
942	54,0	968	46,9	993	0,0	1019	0,0
943	53,9	969	46,5	994	0,0	1020	0,0
944	53,9	970	45,8	995	0,0	1021	0,0
945	54,0	971	44,3	996	0,0	1022	0,0
946	54,2	972	41,3	997	0,0		
947	55,0			998	0,0		

Tabelle A1/9

WLTC-Zyklus Klasse 3b, Phase Medium_{3b}(Sekunde 589 ist das Ende der Phase Low₃ und der Beginn der Phase Medium_{3b})

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
590	0,0	629	46,0	668	19,0	707	15,1
591	0,0	630	46,1	669	23,2	708	12,8
592	0,0	631	46,7	670	28,0	709	12,0
593	0,0	632	47,7	671	32,0	710	13,2
594	0,0	633	48,9	672	34,0	711	17,1
595	0,0	634	50,3	673	36,0	712	21,1
596	0,0	635	51,6	674	38,0	713	21,8
597	0,0	636	52,6	675	40,0	714	21,2
598	0,0	637	53,0	676	40,3	715	18,5
599	0,0	638	53,0	677	40,5	716	13,9
600	0,0	639	52,9	678	39,0	717	12,0
601	1,0	640	52,7	679	35,7	718	12,0
602	2,1	641	52,6	680	31,8	719	13,0
603	4,8	642	53,1	681	27,1	720	16,0
604	9,1	643	54,3	682	22,8	721	18,5
605	14,2	644	55,2	683	21,1	722	20,6
606	19,8	645	55,5	684	18,9	723	22,5
607	25,5	646	55,9	685	18,9	724	24,0
608	30,5	647	56,3	686	21,3	725	26,6
609	34,8	648	56,7	687	23,9	726	29,9
610	38,8	649	56,9	688	25,9	727	34,8
611	42,9	650	56,8	689	28,4	728	37,8
612	46,4	651	56,0	690	30,3	729	40,2
613	48,3	652	54,2	691	30,9	730	41,6
614	48,7	653	52,1	692	31,1	731	41,9
615	48,5	654	50,1	693	31,8	732	42,0
616	48,4	655	47,2	694	32,7	733	42,2
617	48,2	656	43,2	695	33,2	734	42,4
618	47,8	657	39,2	696	32,4	735	42,7
619	47,0	658	36,5	697	28,3	736	43,1
620	45,9	659	34,3	698	25,8	737	43,7
621	44,9	660	31,0	699	23,1	738	44,0
622	44,4	661	26,0	700	21,8	739	44,1
623	44,3	662	20,7	701	21,2	740	45,3
624	44,5	663	15,4	702	21,0	741	46,4
625	45,1	664	13,1	703	21,0	742	47,2
626	45,7	665	12,0	704	20,9	743	47,3
627	46,0	666	12,5	705	19,9	744	47,4
628	46,0	667	14,0	706	17,9	745	47,4

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
746	47,5	790	65,4	834	48,7	878	70,4
747	47,9	791	65,7	835	49,3	879	70,0
748	48,6	792	66,0	836	49,8	880	70,0
749	49,4	793	65,6	837	50,2	881	69,0
750	49,8	794	63,5	838	50,9	882	68,0
751	49,8	795	59,7	839	51,8	883	68,0
752	49,7	796	54,6	840	52,5	884	68,0
753	49,3	797	49,3	841	53,3	885	68,1
754	48,5	798	44,9	842	54,5	886	68,4
755	47,6	799	42,3	843	55,7	887	68,6
756	46,3	800	41,4	844	56,5	888	68,7
757	43,7	801	41,3	845	56,8	889	68,5
758	39,3	802	42,1	846	57,0	890	68,1
759	34,1	803	44,7	847	57,2	891	67,3
760	29,0	804	48,4	848	57,7	892	66,2
761	23,7	805	51,4	849	58,7	893	64,8
762	18,4	806	52,7	850	60,1	894	63,6
763	14,3	807	53,0	851	61,1	895	62,6
764	12,0	808	52,5	852	61,7	896	62,1
765	12,8	809	51,3	853	62,3	897	61,9
766	16,0	810	49,7	854	62,9	898	61,9
767	19,1	811	47,4	855	63,3	899	61,8
768	22,4	812	43,7	856	63,4	900	61,5
769	25,6	813	39,7	857	63,5	901	60,9
770	30,1	814	35,5	858	64,5	902	59,7
771	35,3	815	31,1	859	65,8	903	54,6
772	39,9	816	26,3	860	66,8	904	49,3
773	44,5	817	21,9	861	67,4	905	44,9
774	47,5	818	18,0	862	68,8	906	42,3
775	50,9	819	17,0	863	71,1	907	41,4
776	54,1	820	18,0	864	72,3	908	41,3
777	56,3	821	21,4	865	72,8	909	42,1
778	58,1	822	24,8	866	73,4	910	44,7
779	59,8	823	27,9	867	74,6	911	48,4
780	61,1	824	30,8	868	76,0	912	51,4
781	62,1	825	33,0	869	76,6	913	52,7
782	62,8	826	35,1	870	76,5	914	54,0
783	63,3	827	37,1	871	76,2	915	57,0
784	63,6	828	38,9	872	75,8	916	58,1
785	64,0	829	41,4	873	75,4	917	59,2
786	64,7	830	44,0	874	74,8	918	59,0
787	65,2	831	46,3	875	73,9	919	59,1
788	65,3	832	47,7	876	72,7	920	59,5
789	65,3	833	48,2	877	71,3	921	60,5

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
922	62,3	948	55,8	973	40,6	999	0,0
923	63,9	949	56,2	974	35,3	1000	0,0
924	65,1	950	56,1	975	30,0	1001	0,0
925	64,1	951	55,1	976	24,7	1002	0,0
926	62,7	952	52,7	977	19,3	1003	0,0
927	62,0	953	48,4	978	16,0	1004	0,0
928	61,3	954	43,1	979	13,2	1005	0,0
929	60,9	955	37,8	980	10,7	1006	0,0
930	60,5	956	32,5	981	8,8	1007	0,0
931	60,2	957	27,2	982	7,2	1008	0,0
932	59,8	958	25,1	983	5,5	1009	0,0
933	59,4	959	26,0	984	3,2	1010	0,0
934	58,6	960	29,3	985	1,1	1011	0,0
935	57,5	961	34,6	986	0,0	1012	0,0
936	56,6	962	40,4	987	0,0	1013	0,0
937	56,0	963	45,3	988	0,0	1014	0,0
938	55,5	964	49,0	989	0,0	1015	0,0
939	55,0	965	51,1	990	0,0	1016	0,0
940	54,4	966	52,1	991	0,0	1017	0,0
941	54,1	967	52,2	992	0,0	1018	0,0
942	54,0	968	52,1	993	0,0	1019	0,0
943	53,9	969	51,7	994	0,0	1020	0,0
944	53,9	970	50,9	995	0,0	1021	0,0
945	54,0	971	49,2	996	0,0	1022	0,0
946	54,2	972	45,9	997	0,0		
947	55,0			998	0,0		

Tabelle A1/10

WLTC-Zyklus für Klasse 3a, Phase High_{3a}

(Sekunde 1022 ist der Beginn dieser Phase)

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
1023	0,0	1062	12,0	1101	58,9	1140	14,6
1024	0,0	1063	12,1	1102	58,4	1141	15,1
1025	0,0	1064	12,8	1103	58,8	1142	16,4
1026	0,0	1065	15,6	1104	60,2	1143	19,1
1027	0,8	1066	19,9	1105	62,3	1144	22,5
1028	3,6	1067	23,4	1106	63,9	1145	24,4
1029	8,6	1068	24,6	1107	64,5	1146	24,8
1030	14,6	1069	27,0	1108	64,4	1147	22,7
1031	20,0	1070	29,0	1109	63,5	1148	17,4
1032	24,4	1071	32,0	1110	62,0	1149	13,8
1033	28,2	1072	34,8	1111	61,2	1150	12,0
1034	31,7	1073	37,7	1112	61,3	1151	12,0
1035	35,0	1074	40,8	1113	61,7	1152	12,0
1036	37,6	1075	43,2	1114	62,0	1153	13,9
1037	39,7	1076	46,0	1115	64,6	1154	17,7
1038	41,5	1077	48,0	1116	66,0	1155	22,8
1039	43,6	1078	50,7	1117	66,2	1156	27,3
1040	46,0	1079	52,0	1118	65,8	1157	31,2
1041	48,4	1080	54,5	1119	64,7	1158	35,2
1042	50,5	1081	55,9	1120	63,6	1159	39,4
1043	51,9	1082	57,4	1121	62,9	1160	42,5
1044	52,6	1083	58,1	1122	62,4	1161	45,4
1045	52,8	1084	58,4	1123	61,7	1162	48,2
1046	52,9	1085	58,8	1124	60,1	1163	50,3
1047	53,1	1086	58,8	1125	57,3	1164	52,6
1048	53,3	1087	58,6	1126	55,8	1165	54,5
1049	53,1	1088	58,7	1127	50,5	1166	56,6
1050	52,3	1089	58,8	1128	45,2	1167	58,3
1051	50,7	1090	58,8	1129	40,1	1168	60,0
1052	48,8	1091	58,8	1130	36,2	1169	61,5
1053	46,5	1092	59,1	1131	32,9	1170	63,1
1054	43,8	1093	60,1	1132	29,8	1171	64,3
1055	40,3	1094	61,7	1133	26,6	1172	65,7
1056	36,0	1095	63,0	1134	23,0	1173	67,1
1057	30,7	1096	63,7	1135	19,4	1174	68,3
1058	25,4	1097	63,9	1136	16,3	1175	69,7
1059	21,0	1098	63,5	1137	14,6	1176	70,6
1060	16,7	1099	62,3	1138	14,2	1177	71,6
1061	13,4	1100	60,3	1139	14,3	1178	72,6

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
1179	73,5	1223	94,1	1267	94,5	1311	76,0
1180	74,2	1224	94,3	1268	94,4	1312	76,1
1181	74,9	1225	94,4	1269	94,4	1313	76,3
1182	75,6	1226	94,6	1270	94,3	1314	76,5
1183	76,3	1227	94,7	1271	94,3	1315	76,6
1184	77,1	1228	94,8	1272	94,1	1316	76,8
1185	77,9	1229	95,0	1273	93,9	1317	77,1
1186	78,5	1230	95,1	1274	93,4	1318	77,1
1187	79,0	1231	95,3	1275	92,8	1319	77,2
1188	79,7	1232	95,4	1276	92,0	1320	77,2
1189	80,3	1233	95,6	1277	91,3	1321	77,6
1190	81,0	1234	95,7	1278	90,6	1322	78,0
1191	81,6	1235	95,8	1279	90,0	1323	78,4
1192	82,4	1236	96,0	1280	89,3	1324	78,8
1193	82,9	1237	96,1	1281	88,7	1325	79,2
1194	83,4	1238	96,3	1282	88,1	1326	80,3
1195	83,8	1239	96,4	1283	87,4	1327	80,8
1196	84,2	1240	96,6	1284	86,7	1328	81,0
1197	84,7	1241	96,8	1285	86,0	1329	81,0
1198	85,2	1242	97,0	1286	85,3	1330	81,0
1199	85,6	1243	97,2	1287	84,7	1331	81,0
1200	86,3	1244	97,3	1288	84,1	1332	81,0
1201	86,8	1245	97,4	1289	83,5	1333	80,9
1202	87,4	1246	97,4	1290	82,9	1334	80,6
1203	88,0	1247	97,4	1291	82,3	1335	80,3
1204	88,3	1248	97,4	1292	81,7	1336	80,0
1205	88,7	1249	97,3	1293	81,1	1337	79,9
1206	89,0	1250	97,3	1294	80,5	1338	79,8
1207	89,3	1251	97,3	1295	79,9	1339	79,8
1208	89,8	1252	97,3	1296	79,4	1340	79,8
1209	90,2	1253	97,2	1297	79,1	1341	79,9
1210	90,6	1254	97,1	1298	78,8	1342	80,0
1211	91,0	1255	97,0	1299	78,5	1343	80,4
1212	91,3	1256	96,9	1300	78,2	1344	80,8
1213	91,6	1257	96,7	1301	77,9	1345	81,2
1214	91,9	1258	96,4	1302	77,6	1346	81,5
1215	92,2	1259	96,1	1303	77,3	1347	81,6
1216	92,8	1260	95,7	1304	77,0	1348	81,6
1217	93,1	1261	95,5	1305	76,7	1349	81,4
1218	93,3	1262	95,3	1306	76,0	1350	80,7
1219	93,5	1263	95,2	1307	76,0	1351	79,6
1220	93,7	1264	95,0	1308	76,0	1352	78,2
1221	93,9	1265	94,9	1309	75,9	1353	76,8
1222	94,0	1266	94,7	1310	76,0	1354	75,3

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
1355	73,8	1385	31,7	1417	34,8	1447	17,9
1356	72,1	1386	32,9	1418	38,4	1448	15,0
1357	70,2	1387	35,0	1419	40,9	1449	9,9
1358	68,2	1388	38,0	1420	41,7	1450	4,6
1359	66,1	1389	40,5	1421	40,9	1451	1,2
1360	63,8	1390	42,7	1422	38,3	1452	0,0
1361	61,6	1391	45,8	1423	35,3	1453	0,0
1362	60,2	1392	47,5	1424	34,3	1454	0,0
1363	59,8	1393	48,9	1425	34,6	1455	0,0
1364	60,4	1394	49,4	1426	36,3	1456	0,0
1365	61,8	1395	49,4	1427	39,5	1457	0,0
1366	62,6	1396	49,2	1428	41,8	1458	0,0
1367	62,7	1397	48,7	1429	42,5	1459	0,0
1368	61,9	1398	47,9	1430	41,9	1460	0,0
1369	60,0	1399	46,9	1431	40,1	1461	0,0
1370	58,4	1400	45,6	1432	36,6	1462	0,0
1371	57,8	1401	44,2	1433	31,3	1463	0,0
1372	57,8	1402	42,7	1434	26,0	1464	0,0
1373	57,8	1403	40,7	1435	20,6	1465	0,0
1374	57,3	1404	37,1	1436	19,1	1466	0,0
1375	56,2	1405	33,9	1437	19,7	1467	0,0
1376	54,3	1406	30,6	1438	21,1	1468	0,0
1377	50,8	1407	28,6	1439	22,0	1469	0,0
1378	45,5	1408	27,3	1440	22,1	1470	0,0
1379	40,2	1409	27,2	1441	21,4	1471	0,0
1380	34,9	1410	27,5	1442	19,6	1472	0,0
1381	29,6	1411	27,4	1443	18,3	1473	0,0
1382	28,7	1412	27,1	1444	18,0	1474	0,0
1383	29,3	1413	26,7	1445	18,3	1475	0,0
1384	30,5	1414	26,8	1446	18,5	1476	0,0
		1415	28,2			1477	0,0
		1416	31,1				

Tabelle A1/11

WLTC-Zyklus Klasse 3b, Phase High_{3b}

(Sekunde 1022 ist der Beginn dieser Phase)

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
1023	0,0	1062	12,0	1101	58,9	1140	14,6
1024	0,0	1063	12,1	1102	58,4	1141	15,1
1025	0,0	1064	12,8	1103	58,8	1142	16,4
1026	0,0	1065	15,6	1104	60,2	1143	19,1
1027	0,8	1066	19,9	1105	62,3	1144	22,5
1028	3,6	1067	23,4	1106	63,9	1145	24,4
1029	8,6	1068	24,6	1107	64,5	1146	24,8
1030	14,6	1069	25,2	1108	64,4	1147	22,7
1031	20,0	1070	26,4	1109	63,5	1148	17,4
1032	24,4	1071	28,8	1110	62,0	1149	13,8
1033	28,2	1072	31,8	1111	61,2	1150	12,0
1034	31,7	1073	35,3	1112	61,3	1151	12,0
1035	35,0	1074	39,5	1113	62,6	1152	12,0
1036	37,6	1075	44,5	1114	65,3	1153	13,9
1037	39,7	1076	49,3	1115	68,0	1154	17,7
1038	41,5	1077	53,3	1116	69,4	1155	22,8
1039	43,6	1078	56,4	1117	69,7	1156	27,3
1040	46,0	1079	58,9	1118	69,3	1157	31,2
1041	48,4	1080	61,2	1119	68,1	1158	35,2
1042	50,5	1081	62,6	1120	66,9	1159	39,4
1043	51,9	1082	63,0	1121	66,2	1160	42,5
1044	52,6	1083	62,5	1122	65,7	1161	45,4
1045	52,8	1084	60,9	1123	64,9	1162	48,2
1046	52,9	1085	59,3	1124	63,2	1163	50,3
1047	53,1	1086	58,6	1125	60,3	1164	52,6
1048	53,3	1087	58,6	1126	55,8	1165	54,5
1049	53,1	1088	58,7	1127	50,5	1166	56,6
1050	52,3	1089	58,8	1128	45,2	1167	58,3
1051	50,7	1090	58,8	1129	40,1	1168	60,0
1052	48,8	1091	58,8	1130	36,2	1169	61,5
1053	46,5	1092	59,1	1131	32,9	1170	63,1
1054	43,8	1093	60,1	1132	29,8	1171	64,3
1055	40,3	1094	61,7	1133	26,6	1172	65,7
1056	36,0	1095	63,0	1134	23,0	1173	67,1
1057	30,7	1096	63,7	1135	19,4	1174	68,3
1058	25,4	1097	63,9	1136	16,3	1175	69,7
1059	21,0	1098	63,5	1137	14,6	1176	70,6
1060	16,7	1099	62,3	1138	14,2	1177	71,6
1061	13,4	1100	60,3	1139	14,3	1178	72,6

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
1179	73,5	1223	94,1	1267	94,5	1311	75,8
1180	74,2	1224	94,3	1268	94,4	1312	75,7
1181	74,9	1225	94,4	1269	94,4	1313	75,5
1182	75,6	1226	94,6	1270	94,3	1314	75,2
1183	76,3	1227	94,7	1271	94,3	1315	75,0
1184	77,1	1228	94,8	1272	94,1	1316	74,7
1185	77,9	1229	95,0	1273	93,9	1317	74,1
1186	78,5	1230	95,1	1274	93,4	1318	73,7
1187	79,0	1231	95,3	1275	92,8	1319	73,3
1188	79,7	1232	95,4	1276	92,0	1320	73,5
1189	80,3	1233	95,6	1277	91,3	1321	74,0
1190	81,0	1234	95,7	1278	90,6	1322	74,9
1191	81,6	1235	95,8	1279	90,0	1323	76,1
1192	82,4	1236	96,0	1280	89,3	1324	77,7
1193	82,9	1237	96,1	1281	88,7	1325	79,2
1194	83,4	1238	96,3	1282	88,1	1326	80,3
1195	83,8	1239	96,4	1283	87,4	1327	80,8
1196	84,2	1240	96,6	1284	86,7	1328	81,0
1197	84,7	1241	96,8	1285	86,0	1329	81,0
1198	85,2	1242	97,0	1286	85,3	1330	81,0
1199	85,6	1243	97,2	1287	84,7	1331	81,0
1200	86,3	1244	97,3	1288	84,1	1332	81,0
1201	86,8	1245	97,4	1289	83,5	1333	80,9
1202	87,4	1246	97,4	1290	82,9	1334	80,6
1203	88,0	1247	97,4	1291	82,3	1335	80,3
1204	88,3	1248	97,4	1292	81,7	1336	80,0
1205	88,7	1249	97,3	1293	81,1	1337	79,9
1206	89,0	1250	97,3	1294	80,5	1338	79,8
1207	89,3	1251	97,3	1295	79,9	1339	79,8
1208	89,8	1252	97,3	1296	79,4	1340	79,8
1209	90,2	1253	97,2	1297	79,1	1341	79,9
1210	90,6	1254	97,1	1298	78,8	1342	80,0
1211	91,0	1255	97,0	1299	78,5	1343	80,4
1212	91,3	1256	96,9	1300	78,2	1344	80,8
1213	91,6	1257	96,7	1301	77,9	1345	81,2
1214	91,9	1258	96,4	1302	77,6	1346	81,5
1215	92,2	1259	96,1	1303	77,3	1347	81,6
1216	92,8	1260	95,7	1304	77,0	1348	81,6
1217	93,1	1261	95,5	1305	76,7	1349	81,4
1218	93,3	1262	95,3	1306	76,0	1350	80,7
1219	93,5	1263	95,2	1307	76,0	1351	79,6
1220	93,7	1264	95,0	1308	76,0	1352	78,2
1221	93,9	1265	94,9	1309	75,9	1353	76,8
1222	94,0	1266	94,7	1310	75,9	1354	75,3

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
1355	73,8	1385	35,6	1417	34,8	1447	17,9
1356	72,1	1386	36,7	1418	38,4	1448	15,0
1357	70,2	1387	37,6	1419	40,9	1449	9,9
1358	68,2	1388	39,4	1420	41,7	1450	4,6
1359	66,1	1389	42,5	1421	40,9	1451	1,2
1360	63,8	1390	46,5	1422	38,3	1452	0,0
1361	61,6	1391	50,2	1423	35,3	1453	0,0
1362	60,2	1392	52,8	1424	34,3	1454	0,0
1363	59,8	1393	54,3	1425	34,6	1455	0,0
1364	60,4	1394	54,9	1426	36,3	1456	0,0
1365	61,8	1395	54,9	1427	39,5	1457	0,0
1366	62,6	1396	54,7	1428	41,8	1458	0,0
1367	62,7	1397	54,1	1429	42,5	1459	0,0
1368	61,9	1398	53,2	1430	41,9	1460	0,0
1369	60,0	1399	52,1	1431	40,1	1461	0,0
1370	58,4	1400	50,7	1432	36,6	1462	0,0
1371	57,8	1401	49,1	1433	31,3	1463	0,0
1372	57,8	1402	47,4	1434	26,0	1464	0,0
1373	57,8	1403	45,2	1435	20,6	1465	0,0
1374	57,3	1404	41,8	1436	19,1	1466	0,0
1375	56,2	1405	36,5	1437	19,7	1467	0,0
1376	54,3	1406	31,2	1438	21,1	1468	0,0
1377	50,8	1407	27,6	1439	22,0	1469	0,0
1378	45,5	1408	26,9	1440	22,1	1470	0,0
1379	40,2	1409	27,3	1441	21,4	1471	0,0
1380	34,9	1410	27,5	1442	19,6	1472	0,0
1381	29,6	1411	27,4	1443	18,3	1473	0,0
1382	27,3	1412	27,1	1444	18,0	1474	0,0
1383	29,3	1413	26,7	1445	18,3	1475	0,0
1384	32,9	1414	26,8	1446	18,5	1476	0,0
		1415	28,2			1477	0,0
		1416	31,1				

Tabelle A1/12

Diese Tabelle findet nur für Stufe 1A Anwendung

WLTC-Zyklus Klasse 3, Phase Extra High₃

(Sekunde 1477 ist der Beginn dieser Phase)

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
1478	0,0	1516	69,2	1554	94,9	1592	114,5
1479	2,2	1517	70,7	1555	95,7	1593	114,1
1480	4,4	1518	71,9	1556	96,6	1594	113,9
1481	6,3	1519	72,7	1557	97,7	1595	113,7
1482	7,9	1520	73,4	1558	98,9	1596	113,3
1483	9,2	1521	73,8	1559	100,4	1597	112,9
1484	10,4	1522	74,1	1560	102,0	1598	112,2
1485	11,5	1523	74,0	1561	103,6	1599	111,4
1486	12,9	1524	73,6	1562	105,2	1600	110,5
1487	14,7	1525	72,5	1563	106,8	1601	109,5
1488	17,0	1526	70,8	1564	108,5	1602	108,5
1489	19,8	1527	68,6	1565	110,2	1603	107,7
1490	23,1	1528	66,2	1566	111,9	1604	107,1
1491	26,7	1529	64,0	1567	113,7	1605	106,6
1492	30,5	1530	62,2	1568	115,3	1606	106,4
1493	34,1	1531	60,9	1569	116,8	1607	106,2
1494	37,5	1532	60,2	1570	118,2	1608	106,2
1495	40,6	1533	60,0	1571	119,5	1609	106,2
1496	43,3	1534	60,4	1572	120,7	1610	106,4
1497	45,7	1535	61,4	1573	121,8	1611	106,5
1498	47,7	1536	63,2	1574	122,6	1612	106,8
1499	49,3	1537	65,6	1575	123,2	1613	107,2
1500	50,5	1538	68,4	1576	123,6	1614	107,8
1501	51,3	1539	71,6	1577	123,7	1615	108,5
1502	52,1	1540	74,9	1578	123,6	1616	109,4
1503	52,7	1541	78,4	1579	123,3	1617	110,5
1504	53,4	1542	81,8	1580	123,0	1618	111,7
1505	54,0	1543	84,9	1581	122,5	1619	113,0
1506	54,5	1544	87,4	1582	122,1	1620	114,1
1507	55,0	1545	89,0	1583	121,5	1621	115,1
1508	55,6	1546	90,0	1584	120,8	1622	115,9
1509	56,3	1547	90,6	1585	120,0	1623	116,5
1510	57,2	1548	91,0	1586	119,1	1624	116,7
1511	58,5	1549	91,5	1587	118,1	1625	116,6
1512	60,2	1550	92,0	1588	117,1	1626	116,2
1513	62,3	1551	92,7	1589	116,2	1627	115,2
1514	64,7	1552	93,4	1590	115,5	1628	113,8
1515	67,1	1553	94,2	1591	114,9	1629	112,0

Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h	Zeit in s	Geschwindigkeit in km/h
1630	110,1	1674	126,9	1718	129,0	1762	83,2
1631	108,3	1675	126,9	1719	129,5	1763	82,6
1632	107,0	1676	126,9	1720	130,1	1764	82,0
1633	106,1	1677	126,8	1721	130,6	1765	81,3
1634	105,8	1678	126,6	1722	131,0	1766	80,4
1635	105,7	1679	126,3	1723	131,2	1767	79,1
1636	105,7	1680	126,0	1724	131,3	1768	77,4
1637	105,6	1681	125,7	1725	131,2	1769	75,1
1638	105,3	1682	125,6	1726	130,7	1770	72,3
1639	104,9	1683	125,6	1727	129,8	1771	69,1
1640	104,4	1684	125,8	1728	128,4	1772	65,9
1641	104,0	1685	126,2	1729	126,5	1773	62,7
1642	103,8	1686	126,6	1730	124,1	1774	59,7
1643	103,9	1687	127,0	1731	121,6	1775	57,0
1644	104,4	1688	127,4	1732	119,0	1776	54,6
1645	105,1	1689	127,6	1733	116,5	1777	52,2
1646	106,1	1690	127,8	1734	114,1	1778	49,7
1647	107,2	1691	127,9	1735	111,8	1779	46,8
1648	108,5	1692	128,0	1736	109,5	1780	43,5
1649	109,9	1693	128,1	1737	107,1	1781	39,9
1650	111,3	1694	128,2	1738	104,8	1782	36,4
1651	112,7	1695	128,3	1739	102,5	1783	33,2
1652	113,9	1696	128,4	1740	100,4	1784	30,5
1653	115,0	1697	128,5	1741	98,6	1785	28,3
1654	116,0	1698	128,6	1742	97,2	1786	26,3
1655	116,8	1699	128,6	1743	95,9	1787	24,4
1656	117,6	1700	128,5	1744	94,8	1788	22,5
1657	118,4	1701	128,3	1745	93,8	1789	20,5
1658	119,2	1702	128,1	1746	92,8	1790	18,2
1659	120,0	1703	127,9	1747	91,8	1791	15,5
1660	120,8	1704	127,6	1748	91,0	1792	12,3
1661	121,6	1705	127,4	1749	90,2	1793	8,7
1662	122,3	1706	127,2	1750	89,6	1794	5,2
1663	123,1	1707	127,0	1751	89,1	1795	0,0
1664	123,8	1708	126,9	1752	88,6	1796	0,0
1665	124,4	1709	126,8	1753	88,1	1797	0,0
1666	125,0	1710	126,7	1754	87,6	1798	0,0
1667	125,4	1711	126,8	1755	87,1	1799	0,0
1668	125,8	1712	126,9	1756	86,6	1800	0,0
1669	126,1	1713	127,1	1757	86,1		
1670	126,4	1714	127,4	1758	85,5		
1671	126,6	1715	127,7	1759	85,0		
1672	126,7	1716	128,1	1760	84,4		
1673	126,8	1717	128,5	1761	83,8		

7. Identifizierung des Zyklus

Zur Bestätigung der Auswahl der richtigen Zyklusversion oder der Verwendung des richtigen Zyklus durch das Betriebssystem des Prüfstands sind in Tabelle A1/13 Kontrollsummen in Bezug auf die Werte der Fahrzeuggeschwindigkeit für die Zyklusphasen und den gesamten Zyklus enthalten.

Tabelle A1/13

Kontrollsummen für die Phase Extra High in dieser Tabelle finden nur für Stufe 1A Anwendung. 1-Hz-Kontrollsummen

Zyklus Klasse	Zyklusphase	Kontrollsumme der 1-Hz-Sollgeschwindigkeiten des Fahrzeugs
Klasse 1	Low	11988,4
	Medium	17162,8
	Low	11988,4
	Insgesamt	41139,6
Klasse 2	Low	11162,2
	Medium	17054,3
	High	24450,6
	Extra High	28869,8
	Insgesamt	81536,9
Klasse 3a	Low	11140,3
	Medium	16995,7
	High	25646,0
	Extra High	29714,9
	Insgesamt	83496,9
Klasse 3b	Low	11140,3
	Medium	17121,2
	High	25782,2
	Extra High	29714,9
	Insgesamt	83758,6

8. Zyklusänderung

Dieser Absatz gilt nicht für OVC-HEV, NOVC-HEV und NOVC-FCHV.

Auf Antrag des Herstellers und mit Genehmigung der zuständigen Behörde kann jedoch das in Absatz 8.2 dieses Anhangs beschriebene Miniaturisierungsverfahren auf NOVC-HEV angewendet werden, wobei im anzuwendenden WLTP-Prüfzyklus, wenn die elektrische Maschine keinen Einfluss auf die maximale Fahrzeugleistung hat, die maximale Motornennleistung als maximale Fahrzeugnennleistung zu verwenden ist.

Beträgt die Spannung des Antriebs-REESS eines NOVC-HEV weniger als 60 V, muss der Hersteller der zuständigen Behörde technische Nachweise darüber vorlegen, dass die elektrische Maschine keine Auswirkung auf die Höchstleistung des Fahrzeugs im anzuwendenden WLTP-Prüfzyklus hat.

Beträgt die Spannung des Antriebs-REESS eines NOVC-HEV 60 V oder mehr, muss der Hersteller der zuständigen Behörde gegenüber nachweisen, dass die elektrische Maschine keine Auswirkung auf die Höchstleistung des Fahrzeugs im anzuwendenden WLTP-Prüfzyklus hat. Solche Nachweise sind zum Beispiel: Profile von Drehmoment/Leistung des Motors und der elektrischen Maschine; Betriebsbereiche der elektrischen Maschine; Leistungskurven oder andere, für den Nachweis der Leistungsabgabe geeignete Informationen.

8.1. Allgemeine Anmerkungen

Es können Beeinträchtigungen des Fahrverhaltens bei Fahrzeugen auftreten, deren Verhältnisse von Leistung zu Masse nahe an den Grenzwerten zwischen Fahrzeugen der Klasse 1 und Klasse 2 oder zwischen Fahrzeugen der Klasse 2 und Klasse 3 liegen, oder bei Fahrzeugen mit sehr geringer Leistung in Klasse 1.

Da sich diese Probleme hauptsächlich auf Zyklusphasen mit einer Kombination aus hoher Fahrzeuggeschwindigkeit und hohen Beschleunigungswerten statt auf die Höchstgeschwindigkeit des Zyklus beziehen, ist das Miniaturisierungsverfahren anzuwenden, um das Fahrverhalten zu verbessern.

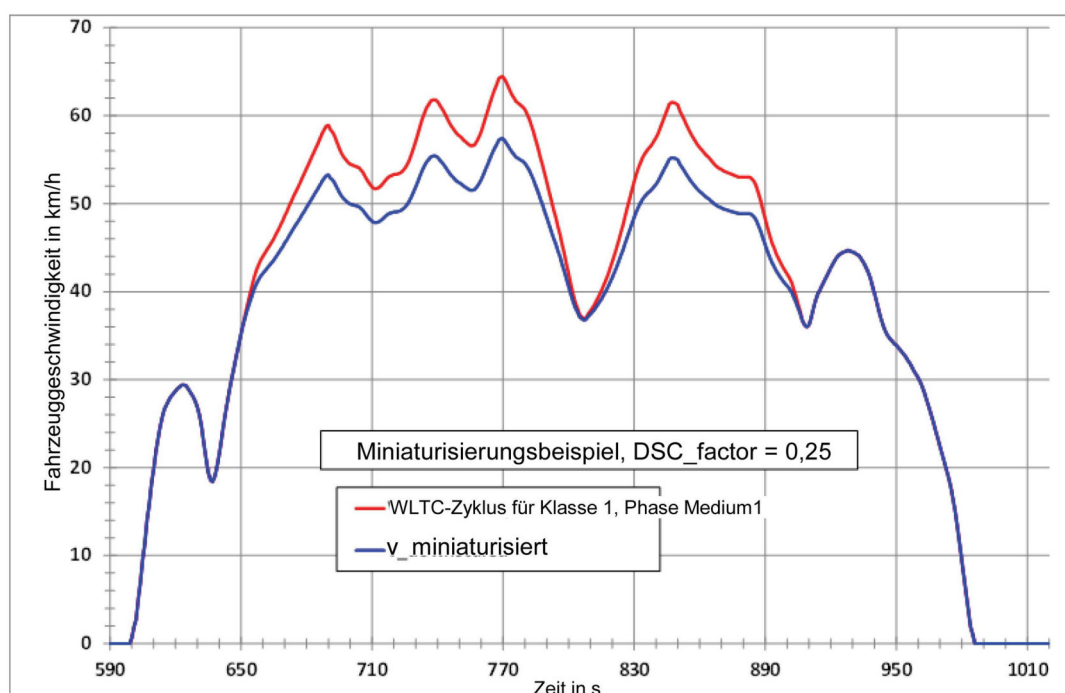
8.2. In diesem Absatz wird das Miniaturisierungsverfahren zur Änderung des Zyklusprofils beschrieben. Die nach den Absätzen 8.2.1 bis 8.2.3 berechneten modifizierten Fahrzeuggeschwindigkeitswerte sind in einem abschließenden Schritt gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf 1 Dezimalstelle zu runden.

8.2.1. Miniaturisierungsverfahren für Zyklen der Klasse 1

Abbildung A1/14 zeigt beispielhaft eine miniaturisierte Phase mittlerer Geschwindigkeit im WLTC-Zyklus für Fahrzeuge der Klasse 1.

Abbildung A1/14

Miniaturisierte Phase mittlerer Geschwindigkeit im WLTC-Zyklus für Fahrzeuge der Klasse 1



Im Zyklus der Klasse 1 erfolgt die Miniaturisierung im Zeitraum zwischen Sekunde 651 und Sekunde 906. In diesem Zeitraum ist die Beschleunigung für den ursprünglichen Zyklus mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$a_{\text{origi}} = \frac{v_{i+1} - v_i}{3.6}$$

dabei ist

V_i Fahrzeuggeschwindigkeit (in km/h);

i Zeit zwischen Sekunde 651 und Sekunde 906.

Die Miniaturisierung muss zuerst im Zeitraum zwischen Sekunde 651 und Sekunde 848 erfolgen. Die miniaturisierte Geschwindigkeitskurve ist dann mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$v_{\text{dsci}+1} = v_{\text{dsci}} + a_{\text{origi}} \times (1 - f_{\text{dsc}}) \times 3.6$$

mit $i = 651$ to 847 .

Für $i = 651$, $v_{\text{dsci}} = v_{\text{origi}}$.

Um bei Sekunde 907 die ursprüngliche Fahrzeuggeschwindigkeit zu erhalten, ist für die Verzögerung ein Korrekturfaktor mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$f_{\text{corr_dec}} = \frac{v_{\text{dsc_848}} - 36.7}{v_{\text{orig_848}} - 36.7}$$

dabei ist 36,7 km/h die ursprüngliche Fahrzeuggeschwindigkeit bei Sekunde 907.

Die miniaturisierte Fahrzeuggeschwindigkeit zwischen Sekunde 849 und Sekunde 906 ist dann mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$v_{\text{dsci}+1} = v_{\text{dsci}-1} + a_{\text{origi}-1} \times f_{\text{corr_dec}} \times 3.6$$

Für $i = 849$ to 906 .

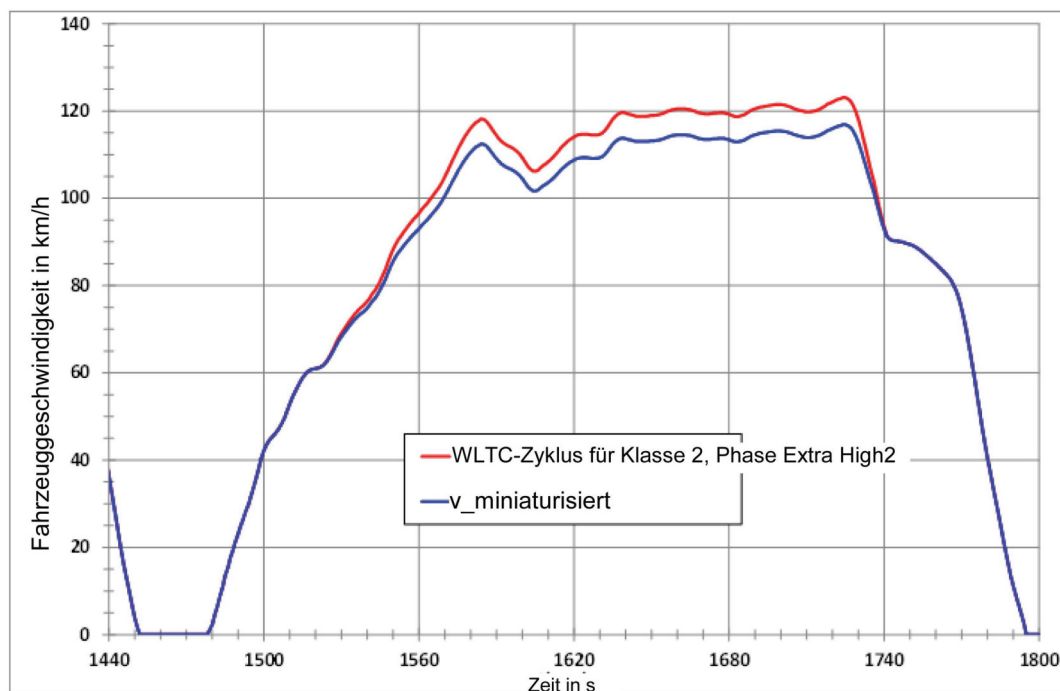
8.2.2. Miniaturisierungsverfahren für Zyklen der Klasse 2

Dieser Absatz findet nur für Stufe 1A Anwendung.

Da sich die Beeinträchtigungen des Fahrverhaltens ausschließlich auf die Phasen sehr hoher Geschwindigkeit („Extra High“) der Zyklen für die Klasse 2 und die Klasse 3 beziehen, bezieht sich die Miniaturisierung auf die Zeitabschnitte der Phasen mit sehr hoher Geschwindigkeit, in denen mit Beeinträchtigungen des Fahrverhaltens zu rechnen ist (siehe Abbildungen A1/15 und A1/16).

Abbildung A1/15

Miniaturisierte Phase sehr hoher Geschwindigkeit im WLTC-Zyklus für Fahrzeuge der Klasse 2



Im Zyklus der Klasse 2 erfolgt die Miniaturisierung im Zeitraum zwischen Sekunde 1520 und Sekunde 1742. In diesem Zeitraum ist die Beschleunigung für den ursprünglichen Zyklus mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$a_{\text{origi}} = \frac{v_{i+1} - v_i}{3.6}$$

dabei ist:

v_i Fahrzeuggeschwindigkeit (in km/h);

i i Zeit zwischen Sekunde 1520 und Sekunde 1742.

Die Miniaturisierung muss zuerst im Zeitraum zwischen Sekunde 1520 und Sekunde 1725 erfolgen. Sekunde 1725 ist der Zeitpunkt, an dem die Höchstgeschwindigkeit der Phase sehr hoher Geschwindigkeit erreicht ist. Die miniaturisierte Geschwindigkeitskurve ist dann mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$v_{dsci+1} = v_{dsci} + a_{orig_i} \times (1 - f_{dsc}) \times 3.6$$

Für $i = 1520$ to 1724 .

für $i = 1520$, $v_{dsci} = v_{orig_i}$.

Um bei Sekunde 1743 die ursprüngliche Fahrzeuggeschwindigkeit zu erhalten, ist für die Verzögerung ein Korrekturfaktor mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$f_{corr_dec} = \frac{v_{dsc_1725} - 90.4}{v_{orig_1725} - 90.4}$$

dabei ist 90,4 km/h die ursprüngliche Fahrzeuggeschwindigkeit bei Sekunde 1743.

Die miniaturisierte Fahrzeuggeschwindigkeit zwischen Sekunde 1726 und Sekunde 1742 ist dann mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$v_{dsci+1} = v_{dsci-1} + a_{orig_{i-1}} \times f_{corr_dec} \times 3.6$$

für $i = 1726$ to 1742 .

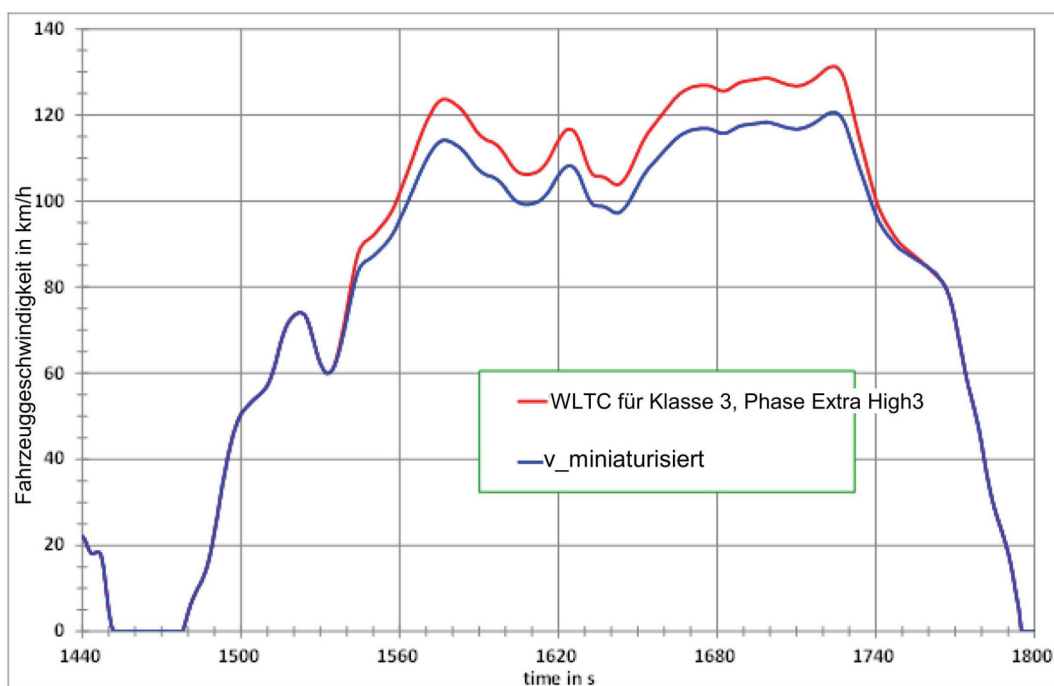
8.2.3. Miniaturisierungsverfahren für Zyklen der Klasse 3

Dieser Absatz findet nur für Stufe 1A Anwendung.

Abbildung A1/16 zeigt beispielhaft eine miniaturisierte Phase sehr hoher Geschwindigkeit im WLTC-Zyklus für Fahrzeuge der Klasse 3.

Abbildung A1/16

Miniaturisierte Phase sehr hoher Geschwindigkeit im WLTC-Zyklus für Fahrzeuge der Klasse 3



Im Zyklus der Klasse 3 erfolgt die Miniaturisierung im Zeitraum zwischen Sekunde 1533 und Sekunde 1762. In diesem Zeitraum ist die Beschleunigung für den ursprünglichen Zyklus mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$a_{\text{origi}} = \frac{v_{i+1} - v_i}{3.6}$$

dabei ist:

v_i Fahrzeuggeschwindigkeit (in km/h);

i Zeit zwischen Sekunde 1533 und Sekunde 1762.

Die Miniaturisierung muss zuerst im Zeitraum zwischen Sekunde 1533 und Sekunde 1724 erfolgen. Sekunde 1724 ist der Zeitpunkt, an dem die Höchstgeschwindigkeit der Phase sehr hoher Geschwindigkeit erreicht ist. Die miniaturisierte Geschwindigkeitskurve ist dann mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$v_{\text{dsci}+1} = v_{\text{dsci}} + a_{\text{origi}} \times (1 - f_{\text{dsc}}) \times 3.6$$

Für $i = 1533$ to 1723 .

Für $i = 1533$, $v_{\text{dsci}} = v_{\text{origi}}$.

Um bei Sekunde 1763 die ursprüngliche Fahrzeuggeschwindigkeit zu erhalten, ist für die Verzögerung ein Korrekturfaktor mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$f_{\text{corr_dec}} = \frac{v_{\text{dsc_1724}} - 82.6}{v_{\text{orig_1724}} - 82.6}$$

dabei ist 82,6 km/h die ursprüngliche Fahrzeuggeschwindigkeit bei Sekunde 1763.

Die miniaturisierte Fahrzeuggeschwindigkeit zwischen Sekunde 1725 und Sekunde 1762 ist dann mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$v_{\text{dsci}+1} = v_{\text{dsci-1}} + a_{\text{origi-1}} \times f_{\text{corr_dec}} \times 3.6$$

Für $i = 1725$ to 1762 .

8.3. Bestimmung des Miniaturisierungsfaktors (je nach Anwendbarkeit)

Der Miniaturisierungsfaktor f_{dsc} ist eine Funktion des Verhältnisses r_{max} zwischen der maximal erforderlichen Leistung der Zyklusphasen, in denen die Miniaturisierung anzuwenden ist, und der Nennleistung P_{rated} des Fahrzeugs.

Die maximal erforderliche Leistung $P_{\text{req,max,i}}$ (in kW) bezieht sich auf eine spezifische Zeit i und die entsprechende Fahrzeuggeschwindigkeit v_i in der Zykluskurve und wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$P_{\text{req,max,i}} = \frac{\left((f_0 \times v_i) + (f_1 \times v_i^2) + (f_2 \times v_i^3) + (1.03 \times TM \times v_i \times a_i) \right)}{3600}$$

dabei ist:

f_0, f_1, f_2 anzuwendende Fahrwiderstandskoeffizienten (in N, N/(km/h) und N/(km/h)²)

TM anzuwendende Prüfmasse (in kg)

v_i Geschwindigkeit zur Zeit i (in km/h)

a_i Beschleunigung zur Zeit i (in m/s²)

Die Zykluszeit i , zu der die Höchstleistung oder Leistungswerte nahe an der Höchstleistung erforderlich ist/sind: Sekunde 764 für den Zyklus für Klasse 1, Sekunde 1574 für den Zyklus für Klasse 2 und Sekunde 1566 für den Zyklus für Klasse 3.

Die entsprechenden Werte der Fahrzeuggeschwindigkeit V_i und Beschleunigung a_i sind:

$v_i = 61.4 \text{ km/h}$, $a_i = 0.22 \text{ m/s}^2$ für Klasse 1

$v_i = 109.9 \text{ km/h}$, $a_i = 0.36 \text{ m/s}^2$ für Klasse 2

$v_i = 111.9 \text{ km/h}$, $a_i = 0.50 \text{ m/s}^2$ für Klasse 3.

$r_{\max}$ ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$r_{\max} = \frac{P_{\text{req,max,i}}}{P_{\text{rated}}}$$

Der Miniaturisierungsfaktor f_{dsc} ist mit folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$\text{wenn } r_{\max} < r_0, \text{ dann } f_{\text{dsc}} = 0$$

und es erfolgt keine Miniaturisierung.

Wenn $r_{\max} \geq r_0$, then $f_{\text{dsc}} = a_1 \times r_{\max} + b_1$.

Die Berechnungsparameter und -koeffizienten r_0 , a_1 und b_1 , gelten wie folgt:

Klasse 1 $r_0 = 0.978$, $a_1 = 0.680$, $b_1 = -0.665$

Klasse 2 $r_0 = 0.866$, $a_1 = 0.606$, $b_1 = -0.525$.

Klasse 3 $r_0 = 0.867$, $a_1 = 0.588$, $b_1 = -0.510$.

Das Ergebnis f_{dsc} ist gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf 3 Dezimalstellen zu runden und nur anzuwenden, wenn der Wert größer ist als 0,010.

Folgende Daten sind zu notieren:

- a) f_{dsc}
- b) $v_{\max}$
- c) d_{cycle} (gefahrte Strecke) (in m).

Die Strecke ist anhand folgender Gleichung zu berechnen:

$$d_{\text{cycle}} = \sum \left(\frac{(v_i + v_{i-1})}{2 \times 3.6} \times (t_i - t_{i-1}) \right), \text{ für}$$

$$i = t_{\text{start}} + 1 \text{ bis } t_{\text{end}}$$

t_{start} ist der Zeitpunkt, an dem der anzuwendende Prüfzyklus beginnt (siehe Absatz 3 dieses Anhangs) (in s)

t_{end} ist der Zeitpunkt, an dem der anzuwendende Prüfzyklus endet (siehe Absatz 3 dieses Anhangs) (in s).

8.4. Zusatzanforderungen (je nach Anwendbarkeit)

Bei unterschiedlichen Fahrzeugkonfigurationen hinsichtlich Prüfmasse und Fahrwiderstandskoeffizienten ist die Miniaturisierung individuell anzuwenden.

Ist die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs nach der Miniaturisierung geringer als die Höchstgeschwindigkeit des Zyklus, so ist das in Absatz 9 dieses Anhangs beschriebene Verfahren mit dem anwendbaren Zyklus durchzuführen.

Kann das Fahrzeug nicht der Geschwindigkeitskurve des anwendbaren Zyklus innerhalb der Toleranz bei Geschwindigkeiten folgen, die geringer als seine Höchstgeschwindigkeit sind, so ist es in diesen Zeiträumen mit voll betätigter Beschleunigungseinrichtung zu fahren. Während solcher Betriebsphasen ist die Nichteinhaltung der Geschwindigkeitskurve zulässig.

9. Zyklusänderungen für Fahrzeuge mit einer Höchstgeschwindigkeit, die geringer ist als die in den vorstehenden Absätzen dieses Anhangs genannte Höchstgeschwindigkeit des Zyklus

9.1. Allgemeine Anmerkungen

Dieser Absatz gilt für Fahrzeuge, die technisch in der Lage sind, der Geschwindigkeitskurve des in Absatz 1 dieses Anhangs genannten anwendbaren Zyklus (Basiszyklus) bei Geschwindigkeiten zu folgen, die geringer sind als ihre Höchstgeschwindigkeit, deren Höchstgeschwindigkeit jedoch aus anderen Gründen auf einen Wert begrenzt ist, der geringer ist als die Höchstgeschwindigkeit des Basiszyklus. Für die Zwecke dieses Absatzes wird der in Absatz 1 spezifizierte Zyklus als „Basiszyklus“ bezeichnet und zur Bestimmung des Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit verwendet.

In den Fällen, in denen eine Miniaturisierung gemäß Absatz 8.2 dieses Anhangs angewendet wird, ist der miniaturisierte Zyklus als Basiszyklus zu verwenden.

Die Höchstgeschwindigkeit des Basiszyklus wird im Folgenden als $v_{\max, \text{cycle}}$ bezeichnet.

Die Höchstgeschwindigkeit eines solchen Fahrzeugs wird im Folgenden als „begrenzte Geschwindigkeit“ v_{cap} bezeichnet.

Wird v_{cap} auf ein Fahrzeug der Klasse 3b angewendet, ist der Zyklus für die Klasse 3b gemäß der Definition in Absatz 3.3.2 dieses Anhangs als Basiszyklus zu verwenden. Dies gilt auch, wenn v_{cap} niedriger als 120 km/h ist.

In den Fällen, in denen v_{cap} angewendet wird, ist der Basiszyklus gemäß Absatz 9.2 dieses Anhangs zu ändern, um für den Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit dieselbe Zyklusstrecke wie für den Basiszyklus zu erhalten.

9.2. Berechnungsschritte

9.2.1. Bestimmung der Differenz der Strecke pro Zyklusphase

Ein Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit ist abzuleiten, indem alle Werte der Fahrzeuggeschwindigkeiten v_i mit $v_i > v_{\text{cap}}$ durch v_{cap} ersetzt werden.

- 9.2.1.1. Ist $v_{\text{cap}} < v_{\max, \text{medium}}$, so sind die Strecken der Phasen mit mittlerer Geschwindigkeit im Falle des Basiszyklus $d_{\text{base, medium}}$ und des Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit $d_{\text{cap, medium}}$ mit der folgenden Gleichung für beide Zyklen zu berechnen:

$$d_{\text{medium}} = \sum \left(\frac{(v_i + v_{i-1})}{2 \times 3.6} \times (t_i - t_{i-1}) \right), \text{ für } i = 590 \text{ bis } 1022$$

dabei ist:

$v_{\max, \text{medium}}$ die Fahrzeughöchstgeschwindigkeit der Phase mit mittlerer Geschwindigkeit gemäß Tabelle A1/2 für den Zyklus der Klasse 1, gemäß Tabelle A1/4 für den Zyklus der Klasse 2, gemäß Tabelle A1/8 für den Zyklus der Klasse 3a und gemäß Tabelle A1/9 für den Zyklus der Klasse 3b.

- 9.2.1.2. Ist $v_{\text{cap}} < v_{\max, \text{high}}$, so sind die Strecken der Phasen mit hoher Geschwindigkeit im Falle des Basiszyklus $d_{\text{base, high}}$ und des Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit $d_{\text{cap, high}}$ mit der folgenden Gleichung für beide Zyklen zu berechnen:

$$d_{\text{high}} = \sum \left(\frac{(v_i + v_{i-1})}{2 \times 3.6} \times (t_i - t_{i-1}) \right), \text{ für } i = 1023 \text{ bis } 1477$$

$v_{\max, \text{high}}$ ist die Fahrzeughöchstgeschwindigkeit der Phase mit hoher Geschwindigkeit gemäß Tabelle A1/5 für den Zyklus der Klasse 2, gemäß Tabelle A1/10 für den Zyklus der Klasse 3a und gemäß Tabelle A1/11 für den Zyklus der Klasse 3b.

- 9.2.1.3. Dieser Absatz findet nur für Stufe 1A Anwendung.

Die Strecken der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit im Falle des Basiszyklus $d_{\text{base,exhigh}}$ und des Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit $d_{\text{cap,exhigh}}$ sind für die Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit in beiden Zyklen mit der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$d_{\text{exhigh}} = \sum \left(\frac{(v_i + v_{i-1})}{2 \times 3.6} \times (t_i - t_{i-1}) \right), \text{ für } i = 1478 \text{ bis } 1800$$

- 9.2.2. Bestimmung der dem Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit hinzuzufügenden Zeiträume zum Ausgleich von Streckendifferenzen

Um eine Streckendifferenz zwischen dem Basiszyklus und dem Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit auszugleichen, sind Letzterem, gemäß der Beschreibung in den Absätzen 9.2.2.1 bis 9.2.2.3 einschließlich dieses Anhangs entsprechende Zeiträume hinzuzufügen (wobei gilt: $v_i = v_{\text{cap}}$).

- 9.2.2.1. Zusätzlicher Zeitraum für die Phase mit mittlerer Geschwindigkeit

Ist $v_{\text{cap}} < v_{\text{max,medium}}$, so ist der zusätzliche Zeitraum, der im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit der Phase mit mittlerer Geschwindigkeit hinzugefügt wird, mit der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$\Delta t_{\text{medium}} = \frac{(d_{\text{base,medium}} - d_{\text{cap,medium}})}{v_{\text{cap}}} \times 3.6$$

Die Anzahl der Zeitabschnitte $n_{\text{add,medium}}$ (bei denen $v_i = v_{\text{cap}}$ gilt), die im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit der Phase mit mittlerer Geschwindigkeit hinzugefügt wird, entspricht dem gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf die nächste ganze Zahl gerundeten Wert von Δt_{medium} .

- 9.2.2.2. Zusätzlicher Zeitraum für die Phase mit hoher Geschwindigkeit

Ist $v_{\text{cap}} < v_{\text{max,high}}$, so ist der zusätzliche Zeitraum, der im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit der Phasen mit hoher Geschwindigkeit hinzugefügt wird, mit der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$\Delta t_{\text{high}} = \frac{(d_{\text{base,medium}} - d_{\text{cap,medium}})}{v_{\text{cap}}} \times 3.6$$

Die Anzahl der Zeitabschnitte $n_{\text{add,high}}$ (bei denen $v_i = v_{\text{cap}}$ gilt), die im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit der Phase mit hoher Geschwindigkeit hinzugefügt wird, entspricht dem gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf die nächste ganze Zahl gerundeten Wert von Δt_{high} .

- 9.2.2.3. Dieser Absatz findet nur für Stufe 1A Anwendung.

Der zusätzliche Zeitraum, der im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit hinzugefügt wird, ist mit der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$\Delta t_{\text{exhigh}} = \frac{(d_{\text{base,medium}} - d_{\text{cap,medium}})}{v_{\text{cap}}} \times 3.6$$

Die Anzahl der Zeitabschnitte $n_{\text{add,exhigh}}$ (bei denen $v_i = v_{\text{cap}}$ gilt), die im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit hinzugefügt wird, entspricht dem gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf die nächste ganze Zahl gerundeten Wert von Δt_{exhigh} .

- 9.2.3. Aufbau des letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit

- 9.2.3.1. Zyklus für Klasse 1

Der erste Teil des letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit besteht aus der Fahrzeuggeschwindigkeitskurve des Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit bis zum letzten Abschnitt in der Phase mit mittlerer Geschwindigkeit, wobei $v = v_{\text{cap}}$ ist. Die Zeit dieses Abschnitts wird im Folgenden t_{medium} bezeichnet.

Dann wird die Anzahl $n_{\text{add,medium}}$ an Abschnitten hinzugefügt, wobei $v_i = v_{\text{cap}}$, sodass die Zeit des letzten Abschnitts gleich $(t_{\text{medium}} + n_{\text{add,medium}})$ ist.

Daraufhin ist der restliche Teil der Phase mit mittlerer Geschwindigkeit im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit hinzuzufügen, der mit demselben Teil des Basiszyklus identisch ist, damit die Zeit des letzten Abschnitts $(1022 + n_{\text{add,medium}})$ beträgt.

9.2.3.2. Zyklen der Klasse 2 und der Klasse 3

9.2.3.2.1. $v_{\text{cap}} < v_{\text{max,medium}}$

Der erste Teil des letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit besteht aus der Fahrzeuggeschwindigkeitskurve des Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit bis zum letzten Abschnitt in der Phase mit mittlerer Geschwindigkeit, wobei $v = v_{\text{cap}}$ ist. Die Zeit dieses Abschnitts wird im Folgenden t_{medium} bezeichnet.

Dann wird die Anzahl $n_{\text{add,medium}}$ an Abschnitten hinzugefügt, wobei $v_i = v_{\text{cap}}$, sodass die Zeit des letzten Abschnitts gleich $(t_{\text{medium}} + n_{\text{add,medium}})$ ist.

Daraufhin ist der restliche Teil der Phase mit mittlerer Geschwindigkeit im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit hinzuzufügen, der mit demselben Teil des Basiszyklus identisch ist, damit die Zeit des letzten Abschnitts $(1022 + n_{\text{add,medium}})$ beträgt.

Der nächste Schritt besteht darin, den ersten Teil der Phase mit hoher Geschwindigkeit im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit bis zum letzten Abschnitt in der Phase mit hoher Geschwindigkeit hinzuzufügen, wobei $v = v_{\text{cap}}$. Die Zeit dieses Abschnitts im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit wird im Folgenden als t_{high} bezeichnet, sodass die Zeit dieses Abschnitts im letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit gleich $(t_{\text{high}} + n_{\text{add,medium}})$ ist.

Dann wird die Anzahl $n_{\text{add,high}}$ an Abschnitten hinzugefügt, wobei $v_i = v_{\text{cap}}$, sodass sich die Zeit des letzten Abschnitts ergibt $(t_{\text{high}} + n_{\text{add,medium}} + n_{\text{add,high}})$.

Daraufhin ist der restliche Teil der Phase mit hoher Geschwindigkeit im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit hinzuzufügen, der mit demselben Teil des Basiszyklus identisch ist, damit die Zeit des letzten Abschnitts gleich $(1477 + n_{\text{add,medium}} + n_{\text{add,high}})$ ist.

Der nächste Schritt besteht darin, den ersten Teil der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit (falls zutreffend) im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit bis zum letzten Abschnitt in der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit hinzuzufügen, wobei $v = v_{\text{cap}}$ ist. Die Zeit dieses Abschnitts im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit wird im Folgenden als t_{exhigh} bezeichnet, sodass die Zeit dieses Abschnitts im letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit gleich $(t_{\text{exhigh}} + n_{\text{add,medium}} + n_{\text{add,high}})$ ist.

Dann wird die Anzahl $n_{\text{add,exhigh}}$ an Abschnitten hinzugefügt, wobei $v_i = v_{\text{cap}}$ gilt, sodass die Zeit des letzten Abschnitts gleich $(t_{\text{exhigh}} + n_{\text{add,medium}} + n_{\text{add,high}} + n_{\text{add,exhigh}})$ ist.

Daraufhin ist der restliche Teil der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit (falls zutreffend) im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit hinzuzufügen, der mit demselben Teil des Basiszyklus identisch ist, damit die Zeit des letzten Abschnitts gleich $(1800 + n_{\text{add,medium}} + n_{\text{add,high}} + n_{\text{add,exhigh}})$ ist.

Die Länge des letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit ist dieselbe wie die Länge des Basiszyklus, abgesehen von Unterschieden aufgrund der Auf- bzw. Abrundung von $n_{\text{add,medium}}$, $n_{\text{add,high}}$ und $n_{\text{add,exhigh}}$ gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung.

9.2.3.2.2. $v_{\text{max, medium}} \leq v_{\text{cap}} < v_{\text{max, high}}$

Der erste Teil des letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit besteht aus der Fahrzeuggeschwindigkeitskurve des Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit bis zum letzten Abschnitt in der Phase mit hoher Geschwindigkeit, wobei $v = v_{\text{cap}}$ ist. Die Zeit dieses Abschnitts wird im Folgenden als t_{high} bezeichnet.

Dann wird die Anzahl $n_{\text{add,high}}$ an Abschnitten hinzugefügt, wobei $v_i = v_{\text{cap}}$, sodass sich die Zeit des letzten Abschnitts ergibt $(t_{\text{high}} + n_{\text{add,high}})$.

Daraufhin ist der restliche Teil der Phase mit hoher Geschwindigkeit im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit hinzuzufügen, der mit demselben Teil des Basiszyklus identisch ist, damit die Zeit des letzten Abschnitts $(1477 + n_{\text{add,high}})$ beträgt.

Der nächste Schritt besteht darin, den ersten Teil der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit (falls zutreffend) im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit bis zum letzten Abschnitt in der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit hinzuzufügen, wobei $v = v_{\text{cap}}$ ist. Die Zeit dieses Abschnitts im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit wird im Folgenden als t_{exhigh} bezeichnet, sodass die Zeit dieses Abschnitts im letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit gleich $(t_{\text{exhigh}} + n_{\text{add,high}})$ ist.

Dann wird die Anzahl $n_{\text{add,exhigh}}$ an Abschnitten hinzugefügt, wobei $v_i = v_{\text{cap}}$ gilt, sodass die Zeit des letzten Abschnitts gleich $(t_{\text{exhigh}} + n_{\text{add,high}} + n_{\text{add,exhigh}})$ ist.

Daraufhin ist der restliche Teil der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit hinzuzufügen, der mit demselben Teil des Basiszyklus identisch ist, damit die Zeit des letzten Abschnitts gleich $(1800 + n_{\text{add,high}} + n_{\text{add,exhigh}})$ ist.

Die Länge des letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit ist dieselbe wie die Länge des Basiszyklus, abgesehen von Unterschieden aufgrund der Auf- bzw. Abrundung von $n_{\text{add,high}}$ und $n_{\text{add,exhigh}}$ gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung.

9.2.3.2.3. Dieser Absatz findet nur für Stufe 1A Anwendung.

$$v_{\text{max, high}} \leq v_{\text{cap}} < v_{\text{max, exhigh}}$$

Der erste Teil des letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit besteht aus der Fahrzeuggeschwindigkeitskurve des Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit bis zum letzten Abschnitt in der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit, wobei $v = v_{\text{cap}}$ ist. Die Zeit dieses Abschnitts wird im Folgenden als t_{exhigh} bezeichnet.

Dann wird die Anzahl $n_{\text{add,exhigh}}$ an Abschnitten hinzugefügt, wobei $v_i = v_{\text{cap}}$ gilt, sodass die Zeit des letzten Abschnitts gleich $(t_{\text{exhigh}} + n_{\text{add,exhigh}})$ ist.

Daraufhin ist der restliche Teil der Phase mit sehr hoher Geschwindigkeit im Zwischenzyklus mit begrenzter Geschwindigkeit hinzuzufügen, der mit demselben Teil des Basiszyklus identisch ist, damit die Zeit des letzten Abschnitts gleich $(1800 + n_{\text{add,exhigh}})$ ist.

Die Länge des letzten Zyklus mit begrenzter Geschwindigkeit ist dieselbe wie die Länge des Basiszyklus, abgesehen von Unterschieden aufgrund der Auf- bzw. Abrundung von $n_{\text{add,exhigh}}$ gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung.

10. Verteilung der Zyklen auf die Fahrzeuge

- 10.1. Ein Fahrzeug einer bestimmten Klasse ist im Zyklus der gleichen Klasse zu prüfen, d. h., Fahrzeuge der Klasse 1 im Zyklus der Klasse 1, Fahrzeuge der Klasse 2 im Zyklus der Klasse 2, Fahrzeuge der Klasse 3a im Zyklus der Klasse 3a und Fahrzeuge der Klasse 3b im Zyklus der Klasse 3b. Jedoch kann ein Fahrzeug auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der zuständigen Behörde in einer numerisch höheren Zyklusklasse geprüft werden; z. B. kann ein Fahrzeug der Klasse 2 in einem Zyklus der Klasse 3 geprüft werden. In diesem Fall sind die Unterschiede zwischen den Klassen 3a und 3b zu beachten und der Zyklus kann gemäß den Absätzen 8 bis 8.4 einschließlich dieses Anhangs miniaturisiert werden.

ANHANG B2

Gangwahl und Bestimmung des Schaltpunkts bei Fahrzeugen mit Handschaltung

1. Allgemeiner Ansatz
 - 1.1. Die in diesem Anhang beschriebenen Schaltverfahren gelten für Fahrzeuge mit Handschaltgetriebe.
 - 1.2. Die vorgeschriebenen Gänge und Schaltpunkte basieren auf dem Gleichgewicht zwischen der zur Überwindung des Fahrwiderstands erforderlichen Leistung und Beschleunigung und der vom Motor in allen möglichen Gängen in einer spezifischen Zyklusphase gelieferten Leistung.
 - 1.3. Die Berechnung zur Bestimmung der zu verwendenden Gänge basiert auf den Motordrehzahlen und den Leistungskurven bei Vollast gegenüber der Motordrehzahl.
 - 1.4. Bei Fahrzeugen mit Dual-Range-Getriebe (niedrig und hoch) ist nur der für den normalen Straßenbetrieb ausgelegte Bereich für die Bestimmung der zu verwendenden Gänge zu berücksichtigen.
 - 1.5. Die Vorschriften für den Kupplungsbetrieb gelten nicht, wenn die Kupplung automatisch, ohne Aktivierung oder Deaktivierung durch den Fahrer, betrieben wird.
 - 1.6. Dieser Anhang gilt nicht für Fahrzeuge, die gemäß Anhang B8 geprüft werden.

2. Erforderliche Daten und Vorberechnungen

Folgende Daten sind erforderlich und folgende Berechnungen durchzuführen, um die zu verwendenden Gänge zu bestimmen, wenn das Fahrzeug auf einem Rollenprüfstand gefahren wird:

- a) P_{rated} , die maximale Motornennleistung wie vom Hersteller angegeben (in kW);
- b) n_{rated} , die Motornennndrehzahl laut Herstellerangabe als diejenige Motordrehzahl, bei der der Motor seine maximale Leistung erreicht (in min^{-1});
- c) n_{idle} , Leerlaufdrehzahl, min^{-1}

n_{idle} ist über einen Zeitraum von mindestens einer Minute und einer Erfassungsfrequenz von mindestens 1 Hz zu messen, wobei sich der Motor in einem warmen Betriebszustand befinden, der Schalthebel in der Neutralstellung und die Kupplung eingerückt sein muss. Die Bedingungen in Bezug auf Temperatur, periphere Vorrichtungen, Hilfseinrichtungen usw. entsprechen denen von Prüfung Typ 1 gemäß Unteranhang 6.

Der in diesem Anhang zu verwendende Wert ist der arithmetische Durchschnitt über den Messzeitraum, gerundet auf den nächstgelegenen Wert von 10 min^{-1} gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung;

- d) n_g , die Anzahl der Vorwärtsgänge

Die Vorwärtsgänge im Getriebebereich, der für den normalen Straßenbetrieb ausgelegt ist, sind in absteigender Reihenfolge des Verhältnisses zwischen Motordrehzahl in min^{-1} und Fahrzeuggeschwindigkeit in km/h zu nummerieren. Gang 1 ist der Gang mit dem größten Verhältnis, Gang n_g ist der Gang mit dem niedrigsten Verhältnis. „ n_g “ gibt die Anzahl der Vorwärtsgänge an;

- e) $(n/v)_i$, das Verhältnis, das ermittelt wird, wenn die Motordrehzahl n durch die Fahrzeuggeschwindigkeit v für jeden Gang i von $i = 1$ bis n_g (in $\text{min}^{-1}/(\text{km/h})$). $(n/v)_i$ ist gemäß den Gleichungen in Anhang B7 Absatz 8 zu berechnen;
- f) f_0 , f_1 , f_2 für die Prüfungen ausgewählte Fahrwiderstandskoeffizienten (in N, N/(km/h) und $\text{N}/(\text{km/h})^2$);

g) $n_{\max}$

$n_{\max 1} = n_{95_high}$, die Höchstmotordrehzahl, bei der 95 % der Nennleistung erreicht sind (in min^{-1}).

Sollte n_{95_high} nicht bestimmt werden können, weil die Motordrehzahl für alle Gänge auf einen geringeren Wert $n_{\lim}$ begrenzt ist und die zugehörige Vollastleistung bei über 95 % der Nennleistung liegt, ist n_{95_high} auf $n_{\lim}$ zu setzen.

$$n_{\max 2} = (n/v)(ng_{v_{\max}}) \times v_{\max, \text{cycle}}$$

$$n_{\max 3} = (n/v)(ng_{v_{\max}}) \times v_{\max, \text{vehicle}}$$

dabei ist:

$v_{\max, \text{cycle}}$ Höchstgeschwindigkeit (in km/h) der Fahrzeuggeschwindigkeitskurve gemäß Anhang B1

$v_{\max, \text{vehicle}}$ Höchstgeschwindigkeit (in km/h) des Fahrzeugs gemäß Absatz 2 Buchstabe i dieses Anhangs

$(n/v)(ng_{v_{\max}})$ Verhältnis, das ermittelt wird, wenn die Motordrehzahl n durch die Fahrzeuggeschwindigkeit v für den Gang $ng_{v_{\max}}$ geteilt wird (in $\text{min}^{-1}/(\text{km/h})$)

$ng_{v_{\max}}$ gemäß der Definition in Absatz 2 Buchstabe i dieses Anhangs

$n_{\max}$ Maximalwert von $n_{\max 1}$, $n_{\max 2}$ und $n_{\max 3}$, min^{-1}

h) $P_{\text{wot}}(n)$, die Leistungskurve bei Vollast über den Motordrehzahlbereich

Die Leistungskurve muss aus einer ausreichenden Anzahl an Datensätzen (n , P_{wot}) bestehen, sodass die Berechnung von Zwischenpunkten zwischen aufeinanderfolgenden Datensätzen mittels einer linearen Interpolation durchgeführt werden kann. Die Abweichung der linearen Interpolation von der Leistungskurve bei Vollast gemäß UN-Regelung Nr. 85 darf 2 % nicht übersteigen. Der erste Datensatz muss bei $n_{\min_drive_set}$ (siehe Buchstabe k Punkt 3) oder niedriger liegen. Der letzte Datensatz muss bei $n_{\max}$ oder einer höheren Motordrehzahl liegen. Der Abstand zwischen den Datensätzen muss nicht gleich sein, aber alle Datensätze müssen gemeldet werden.

Die Datensätze und die Werte P_{rated} sowie n_{rated} müssen der Leistungskurve gemäß Herstellerangaben entnommen werden.

Die Leistung bei Vollast im Falle von Motordrehzahlen, die nicht durch UN-Regelung Nr. 85 abgedeckt sind, ist gemäß des in UN-Regelung Nr. 85 beschriebenen Verfahrens zu bestimmen;

i) Bestimmung von $ng_{v_{\max}}$ und $v_{\max}$

$ng_{v_{\max}}$ ist der Gang, in dem die Fahrzeughöchstgeschwindigkeit erreicht wird; er wird folgendermaßen bestimmt:

$$\text{Wenn } v_{\max}(ng) \geq v_{\max}(ng-1) \text{ und } v_{\max}(ng-1) \geq v_{\max}(ng-2),$$

$$\text{dann: } ng_{v_{\max}} = ng \text{ und } v_{\max} = v_{\max}(ng).$$

$$\text{Wenn } v_{\max}(ng) < v_{\max}(ng-1) \text{ und } v_{\max}(ng-1) \geq v_{\max}(ng-2),$$

$$\text{dann: } ng_{v_{\max}} = ng-1 \text{ und } v_{\max} = v_{\max}(ng-1),$$

$$\text{sonst } ng_{v_{\max}} = ng-2 \text{ und } v_{\max} = v_{\max}(ng-2)$$

dabei ist:

$v_{\max}(ng)$ Fahrzeuggeschwindigkeit, bei der die erforderliche Leistung auf der Straße dieselbe ist wie die zur Verfügung stehende Leistung P_{wot} im Gang ng (siehe Abbildung A2/1a);

$v_{\max}(ng-1)$ Fahrzeuggeschwindigkeit, bei der die erforderliche Leistung auf der Straße dieselbe ist wie die zur Verfügung stehende Leistung P_{wot} im nächstniedrigeren Gang (Gang $ng-1$) (siehe Abbildung A2/1b);

$v_{\max}(ng-2)$ Fahrzeuggeschwindigkeit, bei der die erforderliche Leistung auf der Straße dieselbe ist wie die zur Verfügung stehende Leistung P_{wot} im Gang $ng-2$.

Zur Bestimmung von $v_{\max}$ und $ng_{v\max}$ sind auf eine Dezimalstelle gerundete Fahrzeuggeschwindigkeitswerte gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung zu verwenden.

Die erforderliche Leistung auf der Straße (in kW) wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$P_{\text{required}} = \frac{(f_0 + V) + (f_1 + V^2) + (f_2 + V^3)}{3600}$$

dabei ist:

v. die oben angegebene Fahrzeuggeschwindigkeit (in km/h).

Die bei der Fahrzeuggeschwindigkeit $v_{\max}$ im Gang ng , Gang $ng-1$ oder Gang $ng-2$ zur Verfügung stehende Leistung ist anhand der Leistungskurve bei Volllast $P_{\text{wot}}(n)$ mit folgenden Gleichungen zu bestimmen:

$$n_{ng} = (n/v)_{ng} \times v_{\max}(ng);$$

$$n_{ng-1} = (n/v)_{ng-1} \times v_{\max}(ng-1);$$

$$n_{ng-2} = (n/v)_{ng-2} \times v_{\max}(ng-2),$$

und indem die Leistungswerte der Leistungskurve bei Volllast um 10 % verringert werden.

Erforderlichenfalls ist die vorstehend beschriebene Methode auf noch niedrigere Gänge auszuweiten, d. h. $ng-3$, $ng-4$ usw.

Falls die Höchstmotordrehzahl zur Begrenzung der Fahrzeughöchstgeschwindigkeit auf den Wert n_{lim} gedrosselt wird, der niedriger ist als die Motordrehzahl am Schnittpunkt der Leistungskurve bei Volllast und der Kurve für die zur Verfügung stehende Leistung, dann gilt:

$$ng_{v\max} = ng \text{ und } v_{\max} = n_{\text{lim}} / (n/v)(ng)$$

Abbildung A2/1a

Beispiel, in dem $ng_{v\max}$ der höchste Gang ist

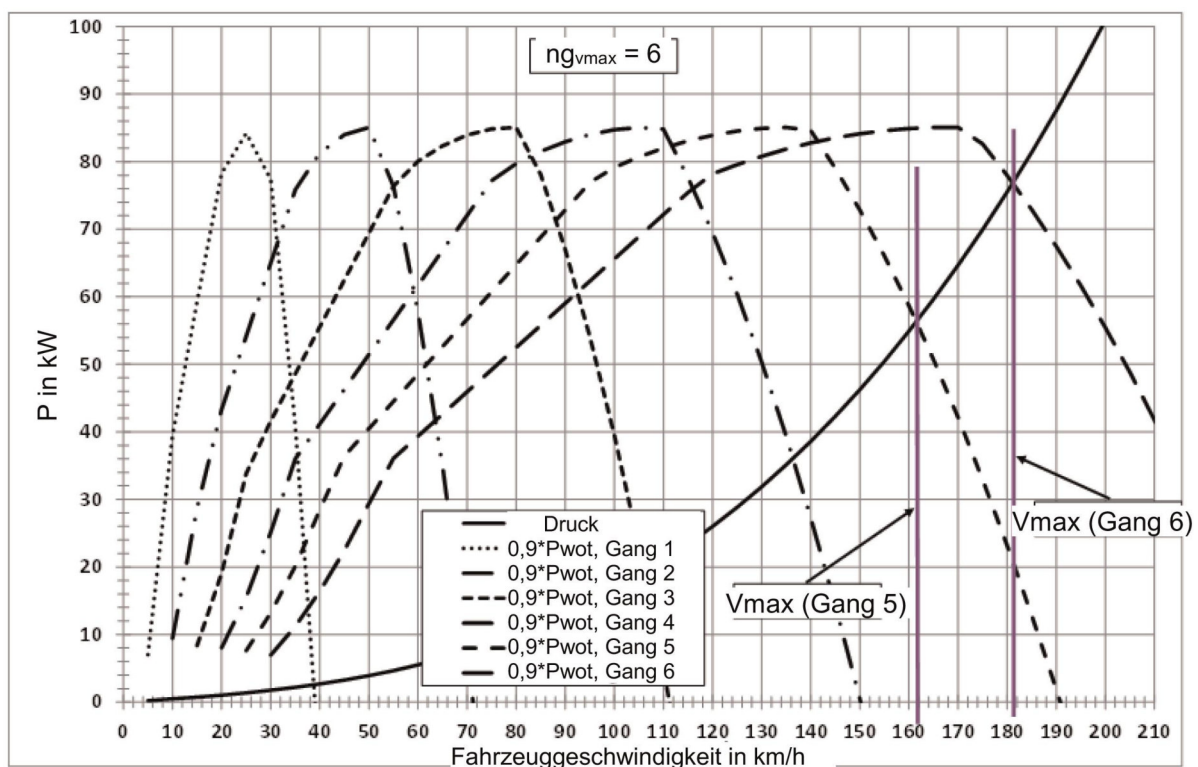
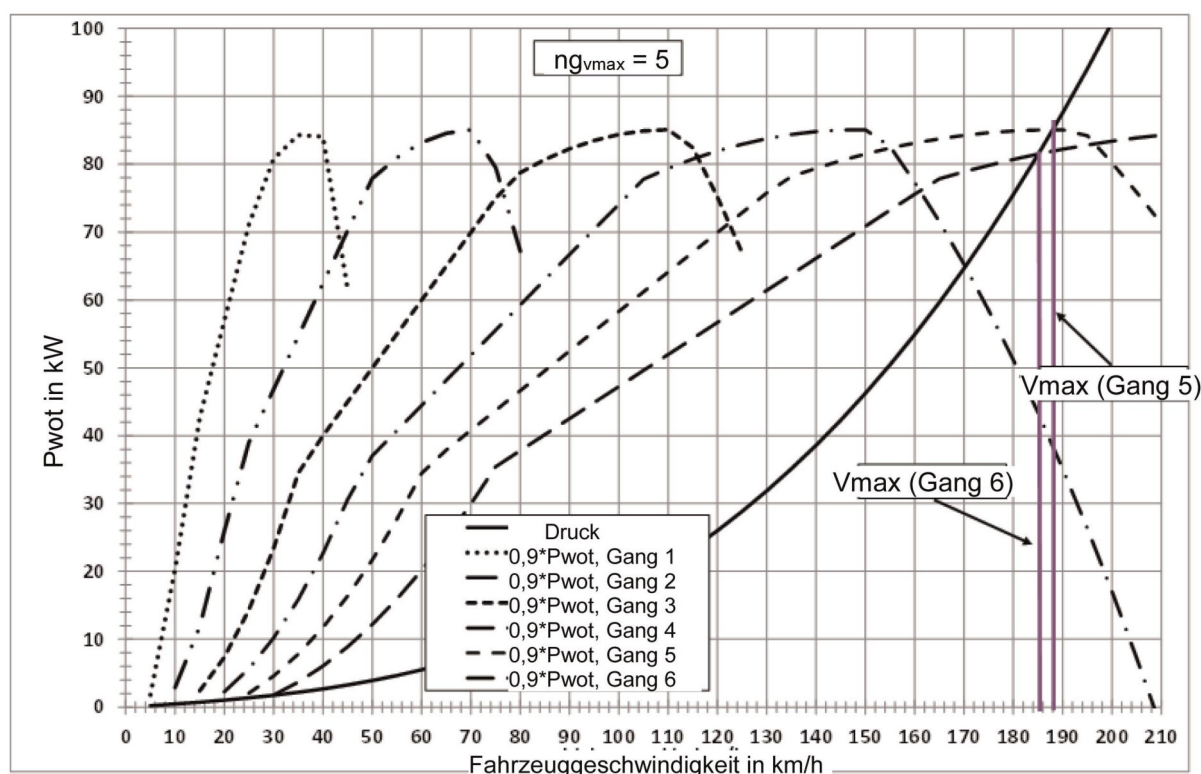


Abbildung A2/1b

Beispiel, in dem ng_{vmax} der zweihöchste Gang ist

j) Ausschluss eines Kriechgangs

Gang 1 kann auf Antrag des Herstellers ausgeschlossen werden, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- 1) Die Fahrzeugfamilie ist für das Ziehen von Anhängern zugelassen.
- 2) $(n/v)_1 \times (v_{max} / n_{95_high}) > 6,74$
- 3) $(n/v)_2 \times (v_{max} / n_{95_high}) > 3,85$
- 4) Das Fahrzeug, das eine Masse m_t gemäß folgender Gleichung aufweist, ist in der Lage, auf einer Steigung von mindestens 12 % in einem Zeitraum von 5 Minuten fünfmal innerhalb von 4 Sekunden aus dem Stillstand loszufahren

$$m_t = m_{r0} + 25 \text{ kg} + (MC - m_{r0} - 25 \text{ kg}) \times 0,28$$

(Der Faktor 0,28 in der vorstehenden Gleichung ist bei Fahrzeugen der Klasse 2 mit einer Bruttofahrzeugmasse von bis zu 3,5 Tonnen zu verwenden, bei Fahrzeugen der Klasse 1 ist stattdessen der Faktor 0,15 zu verwenden.)

dabei ist:

- v_{max} Fahrzeughöchstgeschwindigkeit gemäß den Angaben in Absatz 2 Buchstabe i dieses Anhangs. Für die unter (2) und (3) genannten Bedingungen darf ausschließlich der Wert v_{max} am Schnittpunkt der Kurve für die erforderliche Leistung auf der Straße und der Kurve für die zur Verfügung stehende Leistung des jeweiligen Gangs verwendet werden. Ein v_{max} -Wert, der sich aus einer Drosselung der Motordrehzahl ergibt, aufgrund derer ein solcher Schnittpunkt der beiden Kurven verhindert wird, darf nicht verwendet werden;
- $(n/v)(ng_{vmax})$ das Verhältnis, das ermittelt wird, wenn die Motordrehzahl n durch die Fahrzeuggeschwindigkeit v für Gang ng_{vmax} geteilt wird (in $\text{min}^{-1}/(\text{km/h})$);
- m_{r0} Masse (in kg) im fahrbereiten Zustand;
- MC technisch zulässige Gesamtmasse der Fahrzeugkombination (in kg) im beladenen Zustand (siehe Absatz 3.2.27 dieser Regelung).

In diesem Fall darf Gang 1 nicht verwendet werden, wenn der Zyklus auf einem Rollenprüfstand gefahren wird, und die Gänge sind neu zu nummerieren, wobei mit dem zweiten Gang als Gang 1 begonnen wird.

k) Definition von $n_{\min_drive}$

$n_{\min_drive}$ ist die Mindestmotordrehzahl, wenn das Fahrzeug in Bewegung ist (in min^{-1});

1) Für $n_{\text{gear}} = 1$, $n_{\min_drive} = n_{\text{idle}}$,

2) Für $n_{\text{gear}} = 2$,

i) für den Übergang vom ersten in den zweiten Gang:

$$n_{\min_drive} = 1,15 \times n_{\text{idle}},$$

ii) für Verzögerungen bis zum Stillstand:

$$n_{\min_drive} = n_{\text{idle}},$$

iii) für alle anderen Fahrbedingungen:

$$n_{\min_drive} = 0,9 \times n_{\text{idle}}.$$

3) Für $n_{\text{gear}} > 2$ ist $n_{\min_drive}$ zu bestimmen gemäß:

$$n_{\min_drive} = n_{\text{idle}} + 0,125 \times (n_{\text{rated}} - n_{\text{idle}}).$$

Dieser Wert erhält die Bezeichnung $n_{\min_drive_set}$.

$n_{\min_drive_set}$ ist gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf die nächste ganze Zahl zu runden.

Sofern vom Hersteller beantragt, können für $n_{\text{gear}} > 2$ Werte größer als $n_{\min_drive_set}$ verwendet werden. In diesem Fall kann der Hersteller einen Wert für Phasen mit Beschleunigung/konstanter Geschwindigkeit ($n_{\min_drive_up}$) und einen anderen Wert für Verzögerungsphasen ($n_{\min_drive_down}$) angeben.

Beispiele mit Beschleunigungswerten von mindestens $-0,1389 \text{ m/s}^2$ sind den Phasen mit Beschleunigung/konstanter Geschwindigkeit zuzuordnen. Diese Phasenspezifikation ist ausschließlich für die Bestimmung der Anfangsgangwahl gemäß Absatz 3.5 dieses Anhangs zu verwenden und ist nicht auf die Anforderungen gemäß Absatz 4 dieses Anhangs anzuwenden.

Darüber hinaus kann der Hersteller für einen Anfangszeitraum ($t_{\text{start_phase}}$) höhere Werte ($n_{\min_drive_start}$ oder $n_{\min_drive_up_start}$ und $n_{\min_drive_down_start}$) als die vorstehend festgelegten für die Werte $n_{\min_drive}$ oder $n_{\min_drive_up}$ und $n_{\min_drive_down}$ für $n_{\text{gear}} > 2$ angeben.

Der Anfangszeitraum ist vom Hersteller festzulegen, darf jedoch nicht über die Phase des Zyklus mit niedriger Geschwindigkeit hinausgehen und muss mit einer Haltephase enden, sodass sich während einer kurzen Fahrt $n_{\min_drive}$ nicht ändert.

Alle selbst gewählten Werte für $n_{\min_drive}$ müssen mindestens so hoch sein wie $n_{\min_drive_set}$, dürfen aber nicht höher sein als $2 \times n_{\min_drive_set}$.

Alle selbst gewählten Werte für $n_{\min_drive}$ sowie $t_{\text{start_phase}}$ sind zu notieren.

Als unterer Grenzwert für die Leistungskurve bei Volllast gemäß Absatz 2 Buchstabe h oben ist ausschließlich $n_{\min_drive_set}$ zu verwenden.

l) TM, Prüfmass des Fahrzeugs (kg).

3. Berechnungen von erforderlicher Leistung, Drehzahlen, zur Verfügung stehender Leistung und des möglichen und zu verwendenden Gangs

3.1. Berechnungen der erforderlichen Leistung

Für jede Sekunde j der Zykluscurve ist die zur Überwindung des Fahrwiderstands und zur Beschleunigung erforderliche Leistung mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$P_{\text{required},j} = \left(\frac{(f_0 + v_j) + (f_1 + v_j^2) + (f_2 + v_j^3)}{3600} \right) + \frac{(kr \times a_j \times v_j \times TM)}{3600}$$

dabei ist:

$P_{\text{required},j}$ erforderliche Leistung bei Sekunde j (in kW);

a_j Fahrzeugbeschleunigung bei Sekunde j (in m/s^2), die wie folgt berechnet wird:

$$a_j = \frac{(v_{j+1} - v_j)}{3.6 \times (t_{j+1} - t_j)}$$

$j = t_{\text{start}}$ bis $t_{\text{end}} - 1$,

t_{start} Zeitpunkt, an dem der anzuwendende Prüfzyklus beginnt (siehe Anhang B1 Absatz 3 dieser Regelung) (in s);

t_{end} Zeitpunkt, an dem der anzuwendende Prüfzyklus endet (siehe Anhang B1 Absatz 3 dieser Regelung) (in s);

Der Beschleunigungswert bei Sekunde t_{end} (Sekunde 1 611 für Zyklus Klasse 1 und Sekunde 1 800 für Zyklen Klasse 2 und 3) können zur Vermeidung leerer Zellen auf 0 gesetzt werden.

kr Faktor, mit dem die Trägheitswiderstände des Antriebsstranges während der Beschleunigung berücksichtigt werden; er ist auf 1,03 festgesetzt.

3.2. Bestimmung der Drehzahlen

Bei $v_j < 1.0$ km/h ist davon auszugehen, dass das Fahrzeug stillsteht, und die Motordrehzahl ist auf n_{idle} zu setzen. Der Gangschalthebel ist in die neutrale Stellung zu bringen, wobei die Kupplung eingerückt sein muss, außer eine Sekunde vor dem Beginn einer Beschleunigung aus dem Stillstand, wenn der erste Gang bei ausgerückter Kupplung auszuwählen ist.

Bei $v_j \geq 1.0$ km/h der Zykluscurve und jedem Gang i gleich $i = 1$ bis n_g ist die Motordrehzahl $n_{i,j}$ anhand folgender Gleichung zu berechnen:

$$n_{i,j} = (n/v)_i \times v_j$$

Die Berechnung ist mit Gleitkommazahlen durchzuführen; die Ergebnisse sind nicht zu runden.

3.3. Auswahl möglicher Gänge in Bezug auf die Motordrehzahl

Die folgenden Gänge können zum Durchfahren der Geschwindigkeitskurve mit v_j ausgewählt werden:

a) Alle Gänge $i < n_{g_{\text{vmax}}}$, wobei $n_{\text{min_drive}} \leq n_{i,j} \leq n_{\text{max}1}$

b) Alle Gänge $i \geq n_{g_{\text{vmax}}}$, wobei $n_{\text{min_drive}} \leq n_{i,j} \leq n_{\text{max}2}$

c) Gang 1, wenn $n_{1,j} < n_{\text{min_drive}}$

Wenn $a_j < 0$ und $n_{i,j} \leq n_{\text{idle}}$, ist $n_{i,j}$ auf n_{idle} zu setzen, und die Kupplung ist zu deaktivieren.

Wenn $a_j \geq 0$ und $n_{i,j} < \max(1,15 \times n_{\text{idle}}; \text{min. Drehzahl der Kurve } P_{\text{wot}}(n))$, ist $n_{i,j}$ auf das Maximum von $(1,15 \times n_{\text{idle}})$ oder die min. Drehzahl der Kurve $P_{\text{wot}}(n)$ zu setzen, und die Kupplung ist auf „unbestimmt“ zu setzen.

„Unbestimmt“ erfasst jeden Zustand der Kupplung zwischen deaktiviert und aktiviert, je nach Motoren- und Getriebekonzeption. In einem solchen Fall kann die tatsächliche Motordrehzahl von der berechneten Motordrehzahl abweichen.

Hinsichtlich der Definition von $n_{\text{min_drive}}$ in Absatz 2 Buchstabe k können die oben spezifizierten Anforderungen a) bis c) für Verzögerungsphasen wie folgt ausgedrückt werden:

Während einer Verzögerungsphase sind Gänge mit $n_{\text{gear}} > 2$ so lange zu verwenden, bis die Motordrehzahl unter $n_{\text{min_drive}}$ fällt.

Gang 2 ist während einer Verzögerungsphase innerhalb einer kurzen Fahrt des Zyklus (nicht am Ende einer kurzen Fahrt) so lange zu verwenden, bis die Motordrehzahl unter $(0,9 \times n_{\text{idle}})$ fällt.

Fällt die Motordrehzahl unter n_{idle} , so ist die Kupplung zu deaktivieren.

Bildet die Verzögerungsphase den letzten Teil einer kurzen Fahrt kurz vor einer Haltephase, so ist der zweite Gang so lange zu verwenden, bis die Motordrehzahl unter n_{idle} fällt. Diese Anforderung ist auf die gesamte Verzögerungsphase bis zum Stillstand anzuwenden.

Eine Verzögerungsphase ist ein Zeitabschnitt von mehr als 2 Sekunden bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von $\geq 1,0$ km/h und einem streng monotonen Abnehmen der Fahrzeuggeschwindigkeit (siehe Absatz 4 dieses Anhangs).

3.4. Berechnung der zur Verfügung stehenden Leistung

Für jede Motordrehzahl n_k der Leistungskurve bei Volllast gemäß Spezifikation in Absatz 2 Buchstabe h dieses Anhangs ist die verfügbare Leistung $P_{\text{available_k}}$ zu berechnen mit der folgenden Gleichung:

$$P_{\text{available_k}} = P_{\text{wot}}(n_k) \times (1 - (SM + ASM))$$

dabei ist:

P_{wot} bei n_k bei Volllast zur Verfügung stehende Leistung gemäß der Leistungskurve bei Volllast;

SM eine Sicherheitsspanne, die sich aus der Differenz zwischen der bei stationärer Volllast zur Verfügung stehenden Leistung gemäß der Leistungskurve und der bei Übergangsbedingungen verfügbaren Leistung ergibt. SM wird auf 10 % gesetzt;

ASM eine zusätzliche Leistungssicherheitsspanne, die auf Antrag des Herstellers angewendet werden kann.

Falls ein solcher Antrag gestellt wurde, muss der Hersteller die ASM-Werte (P_{wot} -Reduzierung in %) zusammen mit den Datensätzen für $P_{\text{wot}}(n)$ entsprechend dem Beispiel aus Tabelle A2/1 vorlegen. Zwischen aufeinanderfolgenden Datenpunkten ist eine lineare Interpolation zu verwenden. Die ASM wird auf 50 % beschränkt.

Für die Anwendung einer ASM ist die Zustimmung der zuständigen Behörde erforderlich.

Tabelle A2/1

n	P _{wot}	SM Prozent	ASM Prozent	P _{available}
min ⁻¹	kW			kW
700	6,3	10,0	20,0	4,4
1000	15,7	10,0	20,0	11,0
1500	32,3	10,0	15,0	24,2
1800	56,6	10,0	10,0	45,3
1900	59,7	10,0	5,0	50,8
2000	62,9	10,0	0,0	56,6
3000	94,3	10,0	0,0	84,9
4000	125,7	10,0	0,0	113,2
5000	157,2	10,0	0,0	141,5
5700	179,2	10,0	0,0	161,3

n	P _{wot}	SM Prozent	ASM Prozent	P _{available}
min ⁻¹	kW			kW
5800	180,1	10,0	0,0	162,1
6000	174,7	10,0	0,0	157,3
6200	169,0	10,0	0,0	152,1
6400	164,3	10,0	0,0	147,8
6600	156,4	10,0	0,0	140,8

Für jeden möglichen Gang i und alle Geschwindigkeitswerte der Zykluskurve v_j (j gemäß Spezifikation in Absatz 3.1 dieses Anhangs) und alle Motordrehzahlwerte $n_{i,j} \geq n_{\min}$ der Leistungskurve bei Volllast ist die verfügbare Leistung von angrenzenden Werten n_k , $P_{\text{available}_k}$ der Leistungskurve bei Volllast durch lineare Interpolation zu berechnen.

3.5. Bestimmung möglicher Gänge, die zu verwenden sind

Die möglichen Gänge, die zu verwenden sind, müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Bedingungen von Absatz 3.3 dieses Anhangs sind erfüllt und
- Für $n_{\text{gear}} > 2$, wenn $P_{\text{available}_{i,j}} \geq P_{\text{required},j}$.

Die Anfangsgangwahl für jede Sekunde j der Zykluskurve ist der höchstmögliche letzte Gang $i_{\max}$. Bei einem Start aus dem Stillstand ist nur der erste Gang zu verwenden.

Der niedrigstmögliche letzte Gang ist $i_{\min}$.

4. Zusätzliche Anforderungen für Korrekturen und/oder Änderungen an der Verwendung von Gängen

Die Anfangsgangwahl ist zu prüfen und zu ändern, um zu häufige Gangwechsel zu vermeiden und die Fahrbarkeit und Handhabbarkeit zu gewährleisten.

Eine Beschleunigungsphase ist ein Zeitabschnitt von mehr als 2 Sekunden bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von $\geq 1,0$ km/h und einem streng monotonen Anstieg der Fahrzeuggeschwindigkeit. Eine Verzögerungsphase ist ein Zeitabschnitt von mehr als 2 Sekunden bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von $\geq 1,0$ km/h und einem monotonen Abnehmen der Fahrzeuggeschwindigkeit. Eine Phase konstanter Geschwindigkeit ist ein Zeitabschnitt von mehr als 2 Sekunden bei einer konstanten Fahrzeuggeschwindigkeit von $\geq 1,0$ km/h.

Das Ende einer Beschleunigungs-/Verzögerungsphase wird durch den letzten Zeitmesspunkt bestimmt, bei dem die Fahrzeuggeschwindigkeit höher/geringer ist als die Fahrzeuggeschwindigkeit beim vorhergehenden Zeitmesspunkt. In diesem Zusammenhang könnte das Ende einer Verzögerungsphase der Beginn einer Beschleunigungsphase sein. In diesem Fall haben die Anforderungen für die Beschleunigungsphasen Vorrang vor den Anforderungen für Verzögerungsphasen.

Korrekturen und/oder Änderungen sind gemäß den folgenden Anforderungen durchzuführen:

Die Prüfung auf Modifikationen gemäß Absatz 4 Buchstabe a dieses Anhangs sind vor der Anwendung des Absatzes 4 Buchstaben b bis f dieses Anhangs zweifach auf die gesamte Zykluskurve anzuwenden.

- Wird für eine einzige Sekunde ein nächsthöherer Gang ($n + 1$) benötigt und sind die Gänge davor und danach dieselben (n) oder einer von ihnen der nächstniedrigere Gang ($n - 1$), ist Gang ($n + 1$) zu Gang n zu korrigieren.

Beispiele:

Die Gangabfolge $i - 1, i, i - 1$ ist wie folgt zu ersetzen:

$i - 1, i - 1, i - 1$;

Die Gangabfolge i - 1, i, i - 2 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 2;

Die Gangabfolge i - 2, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 2, i - 1, i - 1.

Wenn während Beschleunigungsphasen oder Phasen konstanter Geschwindigkeit oder bei Übergängen zwischen diesen Phasen und bei ausschließlichem Hochschalten ein Gang für nur eine Sekunde verwendet wird, ist der Gang in der folgenden Sekunde zum vorherigen Gang zu korrigieren, damit jeder Gang mindestens 2 Sekunden verwendet wird.

Beispiele:

Die Gangabfolge 1, 2, 3, 3, 3, 3, 3 ist wie folgt zu ersetzen:

1, 1, 2, 2, 3, 3, 3.

Die Gangabfolge 1, 2, 3, 4, 5, 5, 6, 6, 6, 6, 6 ist wie folgt zu ersetzen:

1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6.

Diese Anforderung ist nicht auf Herunterschaltvorgänge während einer Beschleunigungsphase anzuwenden und nicht wenn die Verwendung eines Gangs für nur eine Sekunde unmittelbar auf einen solchen Herunterschaltvorgang folgt oder wenn der Herunterschaltvorgang direkt am Beginn einer Beschleunigungsphase erfolgt. In diesen Fällen sind die Herunterschaltvorgänge zuerst gemäß Absatz 4 Buchstabe b dieses Anhangs zu korrigieren.

Beispiel:

Gangabfolge 4, 4, 3, 4, 5, 5, 5, wobei die erste Sekunde oder die dritte Sekunde den Start einer Beschleunigungsphase darstellt und wobei Absatz 4 Buchstabe b im weiteren Verlauf der Beschleunigungsphase nicht gilt, ist zu ersetzen durch:

4, 4, 4, 4, 5, 5, 5.

Liegt jedoch der Gang am Beginn einer Beschleunigungsphase einen Schritt niedriger als in der vorangegangenen Sekunde und stimmen die Gänge in den folgenden (bis zu fünf) Sekunden mit dem Gang in der vorangegangenen Sekunde überein, gefolgt von einem Herunterschaltvorgang, sodass die Anwendung von Absatz 4 Buchstabe c sie zum gleichen Gang wie am Beginn der Beschleunigungsphase korrigieren würde, ist stattdessen Absatz 4 Buchstabe c anzuwenden.

Beispiel:

Für eine Geschwindigkeitskurvenabfolge

19.6 18.3 18.0 18.3 18.5 17.9 15.0 km/h

mit einer Anfangsgangwahl

3 3 2 3 3 2 2,

sind die Gänge in der vierten und fünften Sekunde zu einem um eine Stufe niedrigeren Gang zu korrigieren (durch Anwendung von Absatz 4 Buchstabe c), und es hat also keine Korrektur des Gangs am Beginn der Beschleunigungsphase (Sekunde 3) zu erfolgen, sodass die Korrektur zu folgender Gangabfolge führt:

3 3 2 2 2 2 2

Stimmt der Gang in der ersten Sekunde einer Beschleunigungsphase mit dem Gang in der vorangegangenen Sekunde überein, und ist der Gang in den folgenden Sekunden einen Schritt höher, ist der Gang in der 2. Sekunde der Beschleunigungsphase durch den in der ersten Sekunde der Beschleunigungsphase verwendeten Gang zu ersetzen.

Beispiel:

Für eine Geschwindigkeitskurvenabfolge

30.9 25.5 21.4 20.2 22.9 26.6 30.2 km/h

mit einer Anfangsgangwahl

3 3 2 2 3 3 3,

ist der Gang in der fünften Sekunde (also der 2. Sekunde der Beschleunigungsphase) zu einem einen Schritt niedrigeren Gang zu korrigieren, um sicherzustellen, dass innerhalb der Beschleunigungsphase jeder Gang mindestens zwei Sekunden verwendet wird, sodass die Korrektur nachstehende Gangabfolge bedingt

3 3 2 2 2 3 3

Während der Beschleunigungsphasen dürfen beim Hochschalten keine Gänge übersprungen werden.

Ein Hochschalten über zwei Gänge ist jedoch beim Übergang von einer Beschleunigungsphase zu einer Phase mit konstanter Geschwindigkeit gestattet, wenn die Phase mit konstanter Geschwindigkeit mehr als 5 Sekunden dauert.

- b) Muss während einer Beschleunigungsphase oder am Beginn der Beschleunigungsphase heruntergeschaltet werden, wird der bei diesem Herunterschalten benötigte Gang notiert (i_{DS}). Als Beginn eines Korrekturverfahrens gilt entweder die letzte Sekunde vor Ermittlung von i_{DS} oder der Beginn der Beschleunigungsphase, falls die Gänge aller vorherigen Zeitabschnitte $> i_{DS}$ sind. Der höchste Gang der Zeitmesspunkte vor dem Herunterschalten bestimmt den Bezugsgang i_{ref} für das Herunterschalten. Ein Herunterschaltvorgang, bei dem $i_{DS} = i_{ref} - 1$ wird als Ein-Schritt-Herunterschalten bezeichnet, ein Herunterschaltvorgang, bei dem $i_{DS} = i_{ref} - 2$ wird als Zwei-Schritt-Herunterschalten bezeichnet, ein Herunterschaltvorgang, bei dem $i_{DS} = i_{ref} - 3$ wird als Drei-Schritt-Herunterschalten bezeichnet. Anschließend ist die folgende Prüfung anzuwenden.

i) Ein-Schritt-Herunterschaltvorgänge

Ausgehend vom Beginn des Korrekturvorgangs bis zum Ende der Beschleunigungsphase ist das letzte Auftreten eines 10-Sekunden-Fensters zu ermitteln, das entweder über mindestens 2 aufeinanderfolgende Sekunden oder für mindestens 2 einzelne Sekunden i_{DS} enthält. Die letzte Verwendung von i_{DS} in diesem Fenster bildet das Ende des Korrekturverfahrens. Zwischen Beginn und Ende des Korrekturzeitraums sind alle Erfordernisse für Gänge $> i_{DS}$ zu einem Erfordernis für i_{DS} zu korrigieren.

Ausgehend vom Ende des Korrekturzeitraums (im Fall von 10-Sekunden-Fenstern mit i_{DS} für mindestens 2 aufeinanderfolgende Sekunden oder mindestens 2 einzelne Sekunden) oder vom Anfangspunkt des Korrekturverfahrens (wenn alle 10-Sekunden-Fenster i_{DS} nur für eine Sekunde enthalten oder einige 10-Sekunden-Fenster überhaupt kein i_{DS} enthalten) zum Ende der Beschleunigungsphase sind alle Herunterschaltvorgänge mit einer Dauer von nur einer Sekunde zu entfernen.

ii) Zwei- oder Drei-Schritt-Herunterschaltvorgänge

Ausgehend vom Beginn des Korrekturvorgangs bis zum Ende der Beschleunigungsphase ist das letzte Auftreten von i_{DS} zu ermitteln. Ausgehend vom Beginn des Korrekturverfahrens sind alle Erfordernisse für Gänge größer oder gleich i_{DS} bis zum letzten Auftreten von i_{DS} zu ($i_{DS} + 1$) zu korrigieren.

iii) Ein-Schritt-Herunterschaltvorgänge sowie Zwei- und/oder Drei-Schritt-Herunterschaltvorgänge

Wenn Ein-Schritt-Herunterschaltvorgänge sowie Zwei- und/oder Drei-Schritt-Herunterschaltvorgänge während einer Beschleunigungsphase auftreten, sind Drei-Schritt-Herunterschaltvorgänge zu korrigieren, bevor Zwei- oder Ein-Schritt-Herunterschaltvorgänge korrigiert werden, und Zwei-Schritt-Herunterschaltvorgänge sind zu korrigieren, bevor Ein-Schritt-Herunterschaltvorgänge korrigiert werden. In solchen Fällen ist der Startpunkt des Korrekturverfahrens für die Zwei- oder Ein-Schritt-Herunterschaltvorgänge die Sekunde direkt nach dem Ende des Korrekturzeitraums für die Drei-Schritt-Herunterschaltvorgänge, und der Startpunkt für das Korrekturverfahren für die Ein-Schritt-Herunterschaltvorgänge ist die Sekunde direkt nach dem Ende des Korrekturzeitraums für die Zwei-Schritt-Herunterschaltvorgänge. Tritt ein Drei-Schritt-Herunterschaltvorgang nach einem Ein-Schritt- oder Zwei-Schritt-Herunterschaltvorgang auf, erhält dieser Vorrang vor diesen Herunterschaltvorgängen im Zeitabschnitt vor dem Drei-Schritt-Herunterschaltvorgang. Tritt ein Zwei-Schritt-Herunterschaltvorgang nach einem Ein-Schritt-Herunterschaltvorgang auf, erhält dieser Vorrang vor dem Ein-Schritt-Herunterschaltvorgang im Zeitabschnitt vor dem Zwei-Schritt-Herunterschaltvorgang.

Beispiele sind in den Tabellen A2/2 bis A2/6 gegeben.

Tabelle A2/2

[illegible]

Tabelle A2/3

[illegible]

Tabelle A2/4

[illegible]

Tabelle A2/5

[illegible]

Tabelle A2/6

Zeit	j	j+1	j+2	j+3	j+4	j+5	j+6	j+7	j+8	j+9	j+10	j+11	j+12	j+13	j+14	j+15	j+16	j+17	j+18	
	Start der Beschl.	Herunterschalten, $i_{DS1} = 3$					Herunterschalten, $i_{DS2} = 4$							Herunterschalten, $i_{DS3} = 5$					Ende der Beschl.	
Anfangsgangwahl	4	3	3	4	5	5	4	5	5	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	
	Beginn der Korrekturkontrolle für i_{DS1}			Beginn der Korrekturkontrolle für i_{DS2}					Beginn der Korrekturkontrolle für i_{DS3}											
	$i_{\text{ref}} = 4$			$i_{\text{ref}} = 5$					$i_{\text{ref}} = 6$											
	Letztes 10-Sekunden-Fenster, das zweimal oder öfter i_{DS1} enthält																			
			Letztes 10-Sekunden-Fenster, das zweimal oder öfter i_{DS2} enthält																	
			Letztes 10-Sekunden-Fenster, das zweimal oder öfter i_{DS3} enthält																	
	Ende der Korrektur für i_{DS1}					Ende der Korrektur für i_{DS2}							Ende der Korrektur für i_{DS3}							
Korrektur	3				4	4				5	5	5	5							
Beseitigung																				
Endgangwahl	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	

Eine solche Korrektur ist nicht für Gang 1 vorzunehmen. Die Anforderungen des 3. Unterabsatzes von Absatz 3.3 (wenn $a_j \geq 0$) sind nicht anzuwenden für Gangkorrekturen laut den Beschreibungen in diesem Absatz bei Gängen > 2 .

Die Prüfung auf Modifikationen gemäß Absatz 4 Buchstabe c dieses Anhangs sind vor der Anwendung des Absatzes 4 Buchstaben d bis f dieses Anhangs zweifach auf die gesamte Zykluskurve anzuwenden.

- c) Wird Gang i für einen Zeitabschnitt von 1 bis 5 Sekunden verwendet und liegt der vor diesem Zeitabschnitt verwendete Gang eine Stufe niedriger und der nach diesem Abschnitt verwendete Gang eine oder zwei Stufen niedriger als der in diesem Abschnitt verwendete, oder liegt der Gang vor diesem Abschnitt zwei Stufen niedriger und der Gang nach diesem Abschnitt eine Stufe niedriger als der in diesem Abschnitt verwendete, so ist der Gang für diesen Abschnitt zu dem höchsten vor und nach dem Abschnitt verwendeten Gang zu korrigieren.

Beispiele:

- i) Die Gangabfolge i - 1, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 1;

Die Gangabfolge i - 1, i, i - 2 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 2;

Die Gangabfolge i - 2, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 2, i - 1, i - 1.

- ii) Die Gangabfolge i - 1, i, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 1, i - 1;

Die Gangabfolge i - 1, i, i, i - 2 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 1, i - 2;

Die Gangabfolge i - 2, i, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 2, i - 1, i - 1, i - 1.

- iii) Die Gangabfolge i - 1, i, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1;

Die Gangabfolge i - 1, i, i, i - 2 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 2;

Die Gangabfolge i - 2, i, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 2, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1.

- iv) Die Gangabfolge - 1, i, i, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1;

Die Gangabfolge i - 1, i, i, i, i - 2 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 2;

Die Gangabfolge i - 2, i, i, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 2, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1.

- v) Die Gangabfolge - 1, i, i, i, i, i - 1 ist wie folgt zu ersetzen:

i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1, i - 1;

Die Gangabfolge $i-1, i, i, i, i, i-2$ ist wie folgt zu ersetzen:

$i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-2$;

Die Gangabfolge $i-2, i, i, i, i, i-1$ ist wie folgt zu ersetzen:

$i-2, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1$.

In allen Fällen i bis v muss $i-1 \geq i_{\min}$ erfüllt sein.

- d) Innerhalb einer Verzögerungsphase darf nicht hochgeschaltet werden.
- e) Beim Übergang von einer Beschleunigungsphase oder einer Phase mit konstanter Geschwindigkeit zu einer Verzögerungsphase darf nicht hochgeschaltet werden, wenn einer der Gänge in den ersten beiden Sekunden nach dem Ende der Verzögerungsphase niedriger ist als der Gang nach dem Hochschalten oder wenn es Gang 0 ist.

Beispiel:

Wenn $v_i \leq v_{i+1}$ und $v_{i+2} < v_{i+1}$ und Gang $i = 4$ und Gang $(i + 1 = 5)$ und Gang $(i + 2 = 5)$, dann müssen Gang $(i + 1)$ und Gang $(i + 2)$ auf 4 gesetzt werden, wenn der Gang für die auf die Verzögerungsphase folgende Phase Gang 4 oder niedriger ist. Auch für alle folgenden Zykluskurvenpunkte, bei denen in der Verzögerungsphase Gang 5 verwendet wird, muss der Gang auf 4 gesetzt werden. Handelt es sich bei dem auf die Verzögerungsphase folgenden Gang um Gang 5, muss hochgeschaltet werden.

Erfolgt beim Übergang und bei der ersten Verzögerungsphase ein Hochschalten um 2 Gänge, muss stattdessen 1 Gang hochgeschaltet werden. In diesem Fall werden in den folgenden Gangverwendungskontrollen keine weiteren Modifikationen durchgeführt.

- f) Andere Gangmodifikationen für Verzögerungsphasen

Zurückschalten zum ersten Gang ist während Verzögerungsphasen nicht erlaubt. Sollte ein solches Herunterschalten im letzten Teil einer kurzen Fahrt kurz vor der Haltephase notwendig sein, weil die Motordrehzahl im 2. Gang unter n_{idle} fallen würde, ist stattdessen Gang 0 zu verwenden, der Gangschalthebel ist in die neutrale Stellung zu bringen, und die Kupplung ist zu aktivieren.

Wird in einem Zeitabschnitt von mindestens 2 Sekunden unmittelbar vor einer Verzögerung bis zum Stillstand der erste Gang benötigt, ist dieser Gang bis zum ersten Zeitmesspunkt der Verzögerungsphase zu verwenden. Für den verbleibenden Teil der Verzögerungsphase ist Gang 0 zu verwenden, der Gangschalthebel ist in die neutrale Stellung zu bringen, und die Kupplung ist zu aktivieren.

Sollte während einer Verzögerungsphase die Dauer eines Gangzeitabschnitts (eines Zeitabschnitts mit unveränderter Gangstufe) zwischen zwei Gangzeitabschnitten von mindestens 3 Sekunden nur 1 Sekunde betragen, ist sie durch Gang 0 zu ersetzen, und die Kupplung zu deaktivieren.

Sollte während einer Verzögerungsphase die Dauer eines Gangzeitabschnitts zwischen zwei Gangzeitabschnitten von mindestens 3 Sekunden 2 Sekunden betragen, ist sie in der 1. Sekunde durch Gang 0 und in der 2. Sekunde durch denjenigen Gang zu ersetzen, der nach dem 2-Sekunden-Zeitraum folgt. Die Kupplung ist für die 1. Sekunde zu deaktivieren.

Beispiel: Die Gangabfolge 5, 4, 4, 2 ist durch 5, 0, 2, 2 zu ersetzen.

Dies ist nur erforderlich, wenn der nach dem 2-Sekunden-Zeitraum folgende Gang > 0 ist.

Folgen mehrere 1 oder 2 Sekunden dauernde Gangzeitabschnitte aufeinander, sind nachstehende Korrekturen vorzunehmen:

Eine Gangabfolge $i, i, i, i-1, i-1, i-2$ oder $i, i, i, i-1, i-2, i-2$ ist zu ändern in $i, i, i, 0, i-2, i-2$.

Eine Gangabfolge wie $i, i, i, i-1, i-2, i-3$ oder $i, i, i, i-2, i-2, i-3$ oder andere mögliche Kombinationen sind zu ändern in $i, i, i, 0, i-3, i-3$.

Diese Änderung ist auch auf Gangabfolgen anzuwenden, bei denen die Beschleunigung in den ersten 2 Sekunden ≥ 0 und in der 3. Sekunde < 0 ist, oder bei denen die Beschleunigung in den letzten 2 Sekunden ≥ 0 ist.

Bei außergewöhnlichen Übergangsszenarien ist es möglich, dass aufeinanderfolgende Gangzeitabschnitte mit einer Dauer von 1 oder 2 Sekunden bis zu 7 Sekunden andauern können. In solchen Fällen ist die vorab beschriebene Korrektur durch den im Folgenden beschriebenen zweiten Korrekturlauf zu ergänzen.

Eine Gangabfolge $j, 0, i, i-1, k$ mit $j > (i+1)$ und $k \leq (i-1)$ aber $k \neq 0$ ist zu ändern zu $j, 0, i-1, i-1, i-1, k$, wenn Gang $(i-1)$ bei Sekunde 3 dieser Abfolge eine oder zwei Stufen niedriger ist als $i_{\max}$ (eine nach Gang 0).

Ist Gang $(i-1)$ bei Sekunde 3 dieser Abfolge mehr als zwei Stufen unter $i_{\max}$, ist eine Gangabfolge $j, 0, i, i-1, k$ (mit $j > (i+1)$ und $k \leq (i-1)$, aber $k > 0$) wie folgt zu ändern: $j, 0, 0, k, k, k$.

Eine Gangabfolge $j, 0, i, i-2, k$ (mit $j > (i+1)$ und $k \leq (i-2)$, aber $k \neq 0$) ist zu ändern zu $j, 0, i-2, i-2, i-2, k$, wenn Gang $(i-2)$ bei Sekunde 3 dieser Abfolge eine oder zwei Stufen niedriger ist als $i_{\max}$ (eine nach Gang 0).

Ist Gang $(i-2)$ bei Sekunde 3 dieser Abfolge mehr als zwei Stufen unter $i_{\max}$, ist eine Gangabfolge $j, 0, i, i-2, k$ (wobei $j > (i+1)$ und $k \leq (i-2)$, aber $k > 0$) wie folgt zu ändern: $j, 0, 0, k, k, k$.

In allen oben in diesem Unterabsatz (Absatz 4 Buchstabe f dieses Anhangs) genannten Fällen kommt das 1 Sekunde andauernde Deaktivieren der Kupplung (Gang 0) zum Einsatz, damit in dieser Sekunde keine zu hohen Motordrehzahlen auftreten. Falls dies keine Rolle spielen sollte und falls vom Hersteller beantragt, darf beim Herunterschalten von bis zu 3 Gängen anstelle von Gang 0 direkt der niedrigere Gang der folgenden Sekunde verwendet werden. Wird von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht, ist dies festzuhalten.

Sollte die Verzögerungsphase den letzten Teil einer kurzen Fahrt kurz vor einer Haltephase bilden und der letzte Gang > 0 vor der Haltephase nur über einen Zeitraum von bis zu 2 Sekunden verwendet werden, so ist stattdessen Gang 0 zu verwenden, der Gangschalthebel in die neutrale Stellung zu bringen und die Kupplung zu aktivieren.

Beispiele: Eine Gangabfolge 4, 0, 2, 2, 0 in den letzten 5 Sekunden vor einer Haltephase ist durch 4, 0, 0, 0, 0 zu ersetzen. Eine Gangabfolge 4, 3, 3, 0 in den letzten 4 Sekunden vor einer Haltephase ist durch 4, 0, 0, 0 zu ersetzen.

5. Abschließende Anforderungen

- a) Absatz 4 Buchstabe a bis einschließlich Absatz 4 Buchstabe f dieses Anhangs sind sequentiell anzuwenden, wobei jedesmal die gesamte Zykluskurve zu scannen ist. Da Änderungen an den Absätzen 4 Buchstabe a bis einschließlich Buchstabe f dieses Anhangs neue Abfolgen hinsichtlich der Verwendung der Gänge zur Folge haben können, sind diese neuen Gangabfolgen zweimal zu prüfen und gegebenenfalls zu ändern.
- b) Nach Anwendung von Absatz 4 Buchstabe b dieses Anhangs könnte ein Herunterschalten um mehr als eine Stufe beim Übergang von einer Verzögerungsphase oder einer Phase konstanter Geschwindigkeit zu einer Beschleunigungsphase stattfinden.

In diesem Fall ist der Gang des letzten Zeitmesspunkts der Verzögerungsphase oder Phase konstanter Geschwindigkeit durch Gang 0 zu ersetzen, und die Kupplung ist zu deaktivieren. Wird die Option „Gang 0 beim Herunterschalten vermeiden“ gemäß Absatz 4 Buchstabe f dieses Anhangs ausgewählt, ist der Gang der folgenden Sekunde (der ersten Sekunde der Beschleunigungsphase) anstelle von Gang 0 zu verwenden.

- c) Damit die Richtigkeit der Berechnung bewertet werden kann, ist die Kontrollsumme von v^*_{gear} für $v \geq 1,0 \text{ km/h}$ zu berechnen (gerundet auf vier Dezimalstellen gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung) und zu dokumentieren.

6. Instrumente zur Berechnung

Beispiele für Instrumente zur Gangwechselberechnung finden sich in der UN GTR Nr. 15 auf der UNECE-Website ⁽¹⁾.

Folgende Tools werden zur Verfügung gestellt:

- a) ACCESS-basiertes Tool;

⁽¹⁾ <https://unece.org/transport/standards/transport/vehicle-regulations-wp29/global-technical-regulations-gtrs?accordion=15>

- b) Matlab-code-Tool;
- c) .NET-Framework-Tool;
- d) Python-basiertes Tool.

Diese Tools wurden durch einen Vergleich der Berechnungsergebnisse zwischen dem ACCESS-Tool, dem Matlab-Code, dem NET-Framework-Code und dem Python-basierten Tool für 115 verschiedene Fahrzeugkonfigurationen, ergänzt durch zusätzliche Berechnungen für 7 dieser Konfigurationen, mit zusätzlichen Optionen wie „Apply speed cap“, „Unterdrückung der Skalierung“, „Wählen Sie andere Fahrzeugklassenzyklen“ und „individuelle Werte für $n_{\min_drive}$ wählen“ validiert.

Die 115 Fahrzeugkonfigurationen decken extreme technische Konstruktionen für Getriebe und Motoren sowie alle Fahrzeugklassen ab.

Alle vier Tools führen zu identischen Ergebnissen in Bezug auf die Verwendung der Gänge und den Kupplungsbetrieb, und obwohl nur der Text in den Anhängen B1 und B2 rechtsverbindlich ist, haben die Tools einen Status erreicht, durch den sie als Referenztools gelten.

ANHANG B3

Technische Daten der Bezugskraftstoffe

1. In diesem Anhang sind Angaben zur Spezifikation der zu verwendenden Bezugskraftstoffe für Prüfungen Typ 1 enthalten.
2. (Reserviert)
3. Technische Daten der Flüssigkraftstoffe für die Prüfung von Kraftfahrzeugen mit Fremdzündungsmotoren
- 3.1. Benzin (nominell 90 ROZ, E0)

Tabelle A3/1

Diese Tabelle findet nur für Stufe 1B Anwendung

Benzin (nominell 90 ROZ, E0)

Kraftstoffeigenschaft oder Stoffbezeichnung	Einheit	Norm		Prüfmethode
		mindestens	höchstens	
Research-Oktananzahl, ROZ		90,0	92,0	JIS K2280 ^(a)
Motoroktananzahl, MOZ		80	82	JIS K2280 ^(a)
Dichte	g/cm ³	0,720	0,734	JIS K2249-1,2,3 ^(a)
Dampfdruck	kPa	56	60	JIS K2258-1,2 ^(a)
Siedeverlauf:				
— 10 % Siedetemperatur	K (°C)	318 (45)	328 (55)	JIS K2254 ^(a)
— 50 % Siedetemperatur	K (°C)	353 (80)	368 (95)	JIS K2254 ^(a)
— 70 % Siedetemperatur	K (°C)		393 (120)	JIS K2254 ^(a)
— 90 % Siedetemperatur	K (°C)	413 (140)	433 (160)	JIS K2254 ^(a)
— Siedeende	K (°C)		468 (195)	JIS K2254 ^(a)
— Olefine	Volumenprozent	15	25	JIS K2536-1,2 ^(a)
— Aromaten	Volumenprozent	20	45	JIS K2536-1,2,3 ^(a)
— Benzol	Volumenprozent		1,0	JIS K2536-2,3,4 ^(a)
Sauerstoffgehalt		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4,6 ^(a)
Abdampfrückstand	mg/100 ml		5	JIS K2261 ^(a)
Schwefelgehalt	wt ppm		10	JIS K2541-1,2,6,7 ^(a)
Bleigehalt		nicht zu bestimmen		JIS K2255 ^(a)
Ethanol		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4,6 ^(a)
Methanol		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4,5,6 ^(a)
MTBE		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4,5,6 ^(a)
Kerosin		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4 ^(a)

^(a) Es kann auch ein anderes Verfahren auf der Grundlage einer nationalen oder internationalen Norm verwendet werden.

3.2. (Reserviert)

3.3. Benzin (nominell 100 ROZ, E0)

Tabelle A3/3

Diese Tabelle findet nur für Stufe 1B Anwendung

Benzin (nominell 100 ROZ, E0)

Kraftstoffeigenschaft oder Stoffbezeichnung	Einheit	Norm		Prüfmethode
		mindestens	höchstens	
Research-Oktananzahl, ROZ		99,0	101,0	JIS K2280 ^(a)
Motoroktananzahl, MOZ		86,0	88,0	JIS K2280 ^(a)
Dichte	g/cm ³	0,740	0,754	JIS K2249-1,2,3 ^(a)
Dampfdruck	kPa	56	60	JIS K2258 ^(a)
Siedeverlauf:				
— 10 % Siedetemperatur	K (°C)	318 (45)	328 (55)	JIS K2254 ^(a)
— 50 % Siedetemperatur	K (°C)	353 (80)	368 (95)	JIS K2254 ^(a)
— 70 % Siedetemperatur	K (°C)		393 (120)	JIS K2254 ^(a)
— 90 % Siedetemperatur	K (°C)	413 (140)	433 (160)	JIS K2254 ^(a)
— Siedeende	K (°C)		468 (195)	JIS K2254 ^(a)
— Olefine	Volumenprozent	15	25	JIS K2536-1,2 ^(a)
— Aromaten	Volumenprozent	20	45	JIS K2536-1,2,3 ^(a)
— Benzol	Volumenprozent		1,0	JIS K2536-2,3,4 ^(a)
Sauerstoffgehalt		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4,6 ^(a)
Abdampfrückstand	mg/100 ml		5	JIS K2261 ^(a)
Schwefelgehalt	wt ppm		10	JIS K2541-1,2,6,7 ^(a)
Bleigehalt		nicht zu bestimmen		JIS K2255 ^(a)
Ethanol		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4,6 ^(a)
Methanol		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4,5,6 ^(a)
MTBE		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4,5,6 ^(a)
Kerosin		nicht zu bestimmen		JIS K2536-2,4 ^(a)

^(a) Es kann auch ein anderes Verfahren auf der Grundlage einer nationalen oder internationalen Norm verwendet werden.

3.4. (Reserviert)

3.5. (Reserviert)

3.6. Benzin (nominell 95 ROZ, E10)

Tabelle A3/6

Diese Tabelle findet nur für Stufe 1A Anwendung

Benzin (nominell 95 ROZ, E10)

Parameter	Einheit	Grenzwerte ^(a)		Prüfmethode ^(b)
		mindestens	höchstens	
Research-Oktananzahl, ROZ ^(c)		95,0	98,0	EN ISO 5164
Motoroktananzahl, MOZ ^(c)		85,0	89,0	EN ISO 5163
Dichte bei 15 °C	kg/m ³	743,0	756,0	EN ISO 12185
Dampfdruck	kPa	56,0	60,0	EN 13016-1
Wassergehalt	Volumenprozent		0,05	EN 12937
Aussehen bei – 7 °C		hell und klar		
Siedeverlauf:				
— bei 70 °C verdunstet	Volumenprozent	34,0	46,0	EN ISO 3405
— bei 100 °C verdunstet	Volumenprozent	54,0	62,0	EN ISO 3405
— bei 150 °C verdunstet	Volumenprozent	86,0	94,0	EN ISO 3405
— Siedeende	°C	170	195	EN ISO 3405
Rückstand	Volumenprozent		2,0	EN ISO 3405
Analyse der Kohlenwasserstoffe:				
— Olefine	Volumenprozent	6,0	13,0	EN 22854
— Aromaten	Volumenprozent	25,0	32,0	EN 22854
— Benzol	Volumenprozent		1,00	EN 22854 EN 238
— gesättigt	Volumenprozent	Zu dokumentieren		EN 22854
Verhältnis Kohlenstoff/Wasserstoff		Zu dokumentieren		
Verhältnis Kohlenstoff/Sauerstoff		Zu dokumentieren		
Induktionszeit ^(d)	Minuten	480		EN ISO 7536
Sauerstoffgehalt ^(e)	Masse-%	3,3	3,7	EN 22854
mit Lösungsmittel ausgewaschener Abdampfrückstand (Gehalt an Abdampfrückstand)	mg/100 ml		4	EN ISO 6246
Schwefelgehalt ^(f)	(mg/kg)		10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Kupferkorrosion			Klasse 1	EN ISO 2160

Parameter	Einheit	Grenzwerte ^(a)		Prüfmethode ^(b)
		mindestens	höchstens	
Bleigehalt	mg/l		5	EN 237
Phosphorgehalt ^(g)	mg/l		1,3	ASTM D 3231
Ethanol ^(e)	Volumenprozent	9,0	10,0	EN 22854

^(a) Die in der Spezifikation angegebenen Werte sind „tatsächliche Werte“. Bei der Festlegung ihrer Grenzwerte wurden die Bestimmungen der Norm ISO 4259 „Mineralölerzeugnisse – Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren“ angewendet, und bei der Festlegung eines Mindestwerts wurde eine Mindestdifferenz von 2R über null berücksichtigt; bei der Festlegung eines Mindest- und eines Höchstwerts beträgt die Mindestdifferenz 4R (R = Reproduzierbarkeit).

Unabhängig von dieser aus statistischen Gründen getroffenen Festlegung muss der Hersteller des Kraftstoffs dennoch anstreben, dort, wo ein Höchstwert von 2R festgelegt ist, den Wert null zu erreichen, und dort, wo Ober- und Untergrenzen festgelegt sind, den Mittelwert zu erreichen. Falls Zweifel daran bestehen, ob ein Kraftstoff die Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von ISO 4259.

^(b) Gleichwertige EN/ISO-Verfahren werden übernommen, sobald sie für die oben angegebenen Eigenschaften veröffentlicht sind.

^(c) Für die Berechnung des Endergebnisses gemäß EN 228:2008 ist ein Korrekturfaktor von 0,2 bei der MOZ und der ROZ abzuziehen.

^(d) Der Kraftstoff kann Oxidationsinhibitoren und Metalldeaktivatoren enthalten, die normalerweise zur Stabilisierung von Raffineriebenzinströmen Verwendung finden; es dürfen jedoch keine Detergenzien/Dispersionszusätze und Lösungsöle zugesetzt sein.

^(e) Die einzige sauerstoffhaltige Kraftstoffkomponente, die dem Bezugskraftstoff absichtlich zugesetzt werden darf, ist Ethanol. Das Ethanol muss der Norm EN 15376 genügen.

^(f) Der tatsächliche Schwefelgehalt des für die Prüfung Typ 1 verwendeten Kraftstoffs muss dokumentiert werden.

^(g) Phosphor, Eisen, Mangan oder Blei enthaltende Verbindungen dürfen diesem Bezugskraftstoff nicht absichtlich zugesetzt werden.

3.7. Ethanol (nominell 95 ROZ, E85)

Tabelle A3/7

Dieser Absatz findet nur für Stufe 1A Anwendung.

Ethanol (nominell 95 ROZ, E85)

Parameter	Einheit	Grenzwerte ^(a)		Prüfmethode ^(b)
		mindestens	höchstens	
Research-Oktananzahl, ROZ		95		EN ISO 5164
Motoroktananzahl, MOZ		85		EN ISO 5163
Dichte bei 15 °C	kg/m ³	Zu dokumentieren		ISO 3675
Dampfdruck	kPa	40	60	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Schwefelgehalt ^(c) ^(d)	(mg/kg)		10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Oxidationsbeständigkeit	Minuten	360		EN ISO 7536
Gehalt an Abdampfrückstand (mit Lösungsmittel ausgewaschen)	mg/100 ml		5	EN ISO 6246
Aussehen: Dies ist bei Umgebungstemperatur bzw. bei 15 °C zu bestimmen, je nachdem, was höher ist.		Hell und klar, sichtlich frei von gelösten oder ausgefällten Verunreinigungen		Sichtprüfung
Ethanol und höhere Alkohole ^(g)	Volumenprozent	83	85	EN 1601 EN 13132 EN 14517
Höhere Alkohole (C3-C8)	Volumenprozent		2	
Methanol	Volumenprozent		0,5	

Parameter	Einheit	Grenzwerte ^(a)		Prüfmethode ^(b)
		mindestens	höchstens	
Benzin ^(c)	Volumenprozent	Verhältnis		EN 228
Phosphor	mg/l	0,3 ^(f)		ASTM D 3231
Wassergehalt	Volumenprozent		0,3	ASTM E 1064
Gehalt anorganischen Chlors	mg/l		1	ISO 6227
pHe		6,5	9	ASTM D 6423
Kupferstreifenkorrosion (3 Stunden bei 50 °C)	Einstufung	Klasse 1		EN ISO 2160
Säuregehalt (als Essigsäure CH ₃ COOH)	Masse-% mg/l		0,005 bis 40	ASTM D 1613
Verhältnis Kohlenstoff/Wasserstoff		Aufzeichnung		
Verhältnis Kohlenstoff/Sauerstoff		Aufzeichnung		

^(a) Die in der Spezifikation angegebenen Werte sind „tatsächliche Werte“. Bei der Festlegung ihrer Grenzwerte wurden die Bestimmungen der Norm ISO 4259 „Mineralölerzeugnisse – Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren“ angewendet, und bei der Festlegung eines Mindestwerts wurde eine Mindestdifferenz von 2R über null berücksichtigt; bei der Festlegung eines Mindest- und eines Höchstwerts beträgt die Mindestdifferenz 4R (R = Reproduzierbarkeit). Unabhängig von dieser aus statistischen Gründen getroffenen Festlegung muss der Hersteller des Kraftstoffs dennoch anstreben, dort, wo ein Höchstwert von 2R festgelegt ist, den Wert null zu erreichen, und dort, wo Ober- und Untergrenzen festgelegt sind, den Mittelwert zu erreichen. Falls Zweifel daran bestehen, ob ein Kraftstoff die Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von ISO 4259.

^(b) Im Streitfall sind die entsprechenden auf die Präzision von Prüfverfahren abgestellten Verfahrensschritte nach DIN EN ISO 4259 für die Schlichtung und Interpretation der Ergebnisse anzuwenden.

^(c) In nationalen Streitfällen über den Schwefelgehalt sind ähnlich dem Verweis im nationalen Anhang der EN 228 entweder die EN ISO 20846 oder die EN ISO 20884 heranzuziehen.

^(d) Der tatsächliche Schwefelgehalt des für die Prüfung Typ 1 verwendeten Kraftstoffs ist zu dokumentieren.

^(e) Der Gehalt an bleifreiem Benzin lässt sich folgendermaßen ermitteln: 100 minus der Summe des prozentualen Gehalts an Wasser und Alkoholen.

^(f) Phosphor, Eisen, Mangan oder Blei enthaltende Verbindungen dürfen diesem Bezugskraftstoff nicht absichtlich zugesetzt werden.

^(g) Die einzige sauerstoffhaltige Kraftstoffkomponente, die dem Bezugskraftstoff absichtlich zugesetzt werden darf, ist Ethanol, das den technischen Daten der Norm EN 15376 entspricht.

4. Technische Daten der gasförmigen Kraftstoffe für die Prüfung von Kraftfahrzeugen mit Fremdzündungsmotoren

4.1. Flüssiggas (A und B)

Tabelle A3/8

Flüssiggas (A und B)

Parameter	Einheit	Kraftstoff E1	Kraftstoff E2	Kraftstoff J	Kraftstoff K	Prüfmethode
Zusammensetzung:						ISO 7941
C3-Gehalt	Vol.-%	30 ± 2	85 ± 2		Winter: min. 15, max. 35 Sommer: max. 10	KS M ISO 7941
Propan- und Propylengehalt	Mol.-%			min. 20, max. 30		JIS K2240
C4-Gehalt	Vol.-%	Verhältnis			Winter: min. 60, Sommer: min. 85	KS M ISO 7941

Parameter	Einheit	Kraftstoff E1	Kraftstoff E2	Kraftstoff J	Kraftstoff K	Prüfmethode
Butan- und Butylengehalt				min. 70 max. 80		JIS K2240
Butadien					max. 0,5	KS M ISO 7941
< C3, > C4	Vol.-%	Max. 2	Max. 2			
Olefine	Vol.-%	Max. 12	Max. 15			
Abdampfrückstand	(mg/kg)	Max. 50	Max. 50			EN 15470
Abdampfrückstand (100 ml)	ml	-			0,05	ASTM D2158
Wasser bei 0 °C		frei				EN 15469
Gesamtschwefelgehalt	(mg/kg)	Max. 10	Max. 10			ASTM 6667
					Max. 40	KS M 2150, ASTM D4486, ASTM D5504
Schwefelwasserstoff		keine	keine			ISO 8819
Kupferstreifenkorrosion	Einstufung	Klasse 1	Klasse 1			ISO 6251 ^(a)
Kupferkorrosion	40 °C, 1 Std,	-			1	KS M ISO 6251
Geruch		charakteristisch				
Motoroktanzahl		min. 89	min. 89			EN 589 Annex B
Dampfdruck (40 °C)	MPa	-	1,27			KS M ISO 4256 KS M ISO 8973
Dichte (15 °C)	kg/m ³	500			620	KS M 2150, KS M ISO 3993 KS M ISO 8973

^(a) Mit diesem Verfahren lassen sich korrosive Stoffe möglicherweise nicht zuverlässig nachweisen, wenn die Probe Korrosionshemmer oder andere Stoffe enthält, die die korrodierende Wirkung der Probe auf den Kupferstreifen verringern. Es ist daher untersagt, solche Stoffe eigens zuzusetzen, um das Prüfverfahren zu beeinflussen.

4.2. Erdgas/Biomethan

4.2.1. „G20“ „H-Gas“ (nominell 100 % Methan)

Tabelle A3/9

Diese Tabelle findet nur für Stufe 1A Anwendung

„G20“ „H-Gas“ (nominell 100 % Methan)

Merkmale	Einheiten	Grundlage	Grenzwerte		Prüfmethode
			mindestens	höchstens	
Zusammensetzung:					
Methan	Mol.-%	100	99	100	ISO 6974

Merkmale	Einheiten	Grundlage	Grenzwerte		Prüfmethode
			mindestens	höchstens	
Verhältnis ^(a)	Mol.-%	—	—	1	ISO 6974
N ₂	Mol.-%				ISO 6974
Schwefelgehalt	mg/m ³ ^(b)	—	—	10	ISO 6326-5
Wobbe-Index (netto)	MJ/m ³ ^(c)	48,2	47,2	49,2	

^(a) Inertgase (außer N₂) + C2 + C2+.

^(b) Wert zu bestimmen bei 293,15 K (20 °C) und 101,325 kPa.

^(c) Wert zu bestimmen bei 273,15 K (0 °C) und 101,325 kPa.

4.2.2. (Reserviert)

4.2.3. „G25“ „L-Gas“ (nominell 86 % Methan)

Tabelle A3/11

Diese Tabelle findet nur für Stufe 1A Anwendung

„G25“ „L-Gas“ (nominell 86 % Methan)

Merkmale	Einheiten	Grundlage	Grenzwerte		Prüfmethode
			mindestens	höchstens	
Zusammensetzung:					
Methan	Mol.-%	86	84	88	ISO 6974
Verhältnis ^(a)	Mol.-%	—	—	1	ISO 6974
N ₂	Mol.-%	14	12	16	ISO 6974
Schwefelgehalt	mg/m ³ ^(b)	—	—	10	ISO 6326-5
Wobbe-Index (netto)	MJ/m ³ ^(c)	39,4	38,2	40,6	

^(a) Inertgase (außer N₂) + C2 + C2+.

^(b) Wert zu bestimmen bei 293,15 K (20 °C) und 101,325 kPa.

^(c) Wert zu bestimmen bei 273,15 K (0 °C) und 101,325 kPa.

4.2.4. „J-Gas“ (nominell 85 % Methan)

Tabelle A3/12

Diese Tabelle findet nur für Stufe 1B Anwendung

„J-Gas“ (nominell 85 % Methan)

Merkmale	Einheiten	Grenzwerte	
		mindestens	höchstens
Methan	Mol.-%	85	
Ethan	Mol.-%		10

Merkmale	Einheiten	Grenzwerte	
		mindestens	höchstens
Propan	Mol.-%		6
Butan	Mol.-%		4
HC von C ₃ +C ₄	Mol.-%		8
HC von C ₅ oder mehr	Mol.-%		0,1
Andere Gase (H ₂ +O ₂ +N ₂ +CO+CO ₂)	Mol.-%		1,0
Schwefelgehalt	mg/Nm ³		10
Wobbe-Index	WI	13,260	13,730
Brennwert	kcal/Nm ³	10,410	11,050
Höchste Verbrennungsgeschwindigkeit	MCP	36,8	37,5

4.2.5. Wasserstoff

Dieser Absatz findet nur für Stufe 1A Anwendung.

Für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, die mit Wasserstoff betrieben werden, ist der in Tabelle A3/18 beschriebene Bezugskraftstoff zu verwenden.

5. Technische Daten der Flüssigkraftstoffe für die Prüfung von Kraftfahrzeugen mit Selbstzündungsmotoren

5.1. J-Diesel (nominell 53 Cetan, B0)

Tabelle A3/14

Diese Tabelle findet nur für Stufe 1B Anwendung

J-Diesel (nominell 53 Cetan, B0)

Kraftstoffeigenschaft oder Stoffbezeichnung	Einheiten	Spezifikation		Prüfmethode
		mindestens	höchstens	
Cetanindex		53	57	JIS K2280 ^(a)
Dichte	g/cm ³	0,824	0,840	JIS K2249 ^(a)
Siedeverlauf:				
— 50 % Siedetemperatur	K (°C)	528 (255)	568 (295)	JIS K2254 ^(a)
— 90 % Siedetemperatur	K (°C)	573 (300)	618 (345)	JIS K2254 ^(a)
— Siedeende	K (°C)		643 (370)	JIS K2254 ^(a)
Flammpunkt	K (°C)	331(58)		JIS K2265–3 ^(a)
Kinematische Viskosität bei 30 °C	mm ² /s	3,0	4,5	JIS K2283 ^(a)
Alle Aromaten	Vol.-%s		25	JIS-Methode HPLC ^(a)
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	Vol.-%s		5,0	JIS-Methode HPLC ^(a)
Schwefelgehalt	wt ppm		10	JIS K2541-1,2,6,7 ^(a)

Kraftstoffeigenschaft oder Stoffbezeichnung	Einheiten	Spezifikation		Prüfmethode
		mindestens	höchstens	
Fettsäuremethylester	%		0,1	Methode beschrieben in der japanischen Veröffentlichung zum Konzentrationsmessverfahren ^(a)
Triglycerid	%		0,01	Methode beschrieben in der japanischen Veröffentlichung zum Konzentrationsmessverfahren ^(a)

^(a) Es kann auch ein anderes Verfahren auf der Grundlage einer nationalen oder internationalen Norm verwendet werden.

5.2. (Reserviert)

5.3. (Reserviert)

5.4. E-Diesel (nominell 52 Cetan, B7)

Tabelle A3/17

Diese Tabelle findet nur für Stufe 1A Anwendung

E-Diesel (nominell 52 Cetan, B7)

Parameter	Einheit	Grenzwerte ^(a)		Prüfmethode
		mindestens	höchstens	
Cetanindex		46,0		EN ISO 4264
Cetanzahl ^(b)		52,0	56,0	EN ISO 5165
Dichte bei 15 °C	kg/m ³	833,0	837,0	EN ISO 12185
Siedeverlauf:				
— 50 %-Punkt	°C	245,0	—	EN ISO 3405
— 95 %-Punkt	°C	345,0	360,0	EN ISO 3405
— Siedeende	°C	—	370,0	EN ISO 3405
Flammpunkt	°C	55	—	EN ISO 2719
Trübungspunkt	°C	—	−10	EN 116
Viskosität bei 40 °C	mm ² /s	2,30	3,30	EN ISO 3104
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	Masse-%	2,0	4,0	EN 12916
Schwefelgehalt	(mg/kg)	—	10,0	EN ISO 20846/ EN ISO 20884
Kupferkorrosion (3 Stunden bei 50 °C)		—	Klasse 1	EN ISO 2160
Conradsonzahl (10 % Rückstand)	Masse-%	—	0,20	EN-ISO10370

Parameter	Einheit	Grenzwerte ^(a)		Prüfmethode
		mindestens	höchstens	
Aschegehalt	Masse-%	—	0,010	EN ISO 6245
Gesamtverunreinigung	(mg/kg)		24	EN 12662
Wassergehalt	(mg/kg)	—	200	EN-ISO12937
Säurezahl	mg KOH/kg	—	0,10	EN ISO 6618
Schmierfähigkeit (Durchmesser der Verschleißfläche nach HFRR bei 60 °C)	µm	—	400	EN ISO 12156
Oxidationsbeständigkeit bei 110 °C ^(c)	h	20,0		EN 15751
FAME ^(d)	Volumenprozent	6,0	7,0	EN 14078

^(a) Die in der Spezifikation angegebenen Werte sind „tatsächliche Werte“. Bei der Festlegung ihrer Grenzwerte wurden die Bestimmungen der Norm ISO 4259 „Mineralölerzeugnisse – Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren“ angewendet, und bei der Festlegung eines Mindestwerts wurde eine Mindestdifferenz von 2R über null berücksichtigt; bei der Festlegung eines Mindest- und eines Höchstwerts beträgt die Mindestdifferenz 4R (R = Reproduzierbarkeit).

Unabhängig von dieser aus statistischen Gründen getroffenen Festlegung muss der Hersteller des Kraftstoffs dennoch anstreben, dort, wo ein Höchstwert von 2R festgelegt ist, den Wert null zu erreichen, und dort, wo Ober- und Untergrenzen festgelegt sind, den Mittelwert zu erreichen. Falls Zweifel daran bestehen, ob ein Kraftstoff die Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von ISO 4259.

^(b) Die angegebene Spanne für die Cetanzahl entspricht nicht der Anforderung einer Mindestspanne von 4R. Bei Meinungsverschiedenheiten zwischen dem Kraftstofflieferanten und dem Verwender können jedoch die Bestimmungen von ISO 4259 zur Regelung herangezogen werden, sofern anstelle von Einzelmessungen Wiederholungsmessungen in für die notwendige Genauigkeit ausreichender Anzahl vorgenommen werden.

^(c) Obwohl die Oxidationsbeständigkeit überwacht wird, ist die Lagerfähigkeitsdauer wahrscheinlich begrenzt. Es wird empfohlen, zu Lagerbedingungen und -fähigkeit Auskunft vom Hersteller einzuholen.

^(d) Der Gehalt an Fettsäuremethylester muss den technischen Daten der Norm EN 14214 entsprechen.

6. Technische Daten der Kraftstoffe für die Prüfung von Brennstoffzellenfahrzeugen

6.1. Komprimierter Wasserstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge

Tabelle A3/18

Wasserstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge

Merkmale	Einheiten	Grenzwerte		Prüfverfahren
		mindestens	höchstens	
Wasserstoff-Kraftstoffindex	% Molenbruch	99,97		^(a)
Nicht-Wasserstoff-Gase insgesamt	µmol/mol		300	
Listen der Nicht-Wasserstoff-Gase und Spezifikation jedes Schadstoffs ^(f)				
Wasser (H ₂ O)	µmol/mol		5	^(c)
Gesamtkohlenwasserstoffe ^(b) außer Methan (C1 Äquivalent)	µmol/mol		2	^(c)
Methan (CH ₄)	µmol/mol		100	^(c)
Sauerstoff (O ₂)	µmol/mol		5	^(c)
Helium (He)	µmol/mol		300	^(c)
Stickstoff insgesamt (N ₂) und Argon insgesamt (Ar) ^(b)	µmol/mol		300	^(c)

Merkmale	Einheiten	Grenzwerte		Prüfverfahren
		mindestens	höchstens	
Kohlendioxid (CO ₂)	µmol/mol		2	(^e)
Kohlenmonoxid (CO) (^e)	µmol/mol		0,2	(^e)
Schwefelverbindungen insgesamt (^d) (H ₂ S-Basis)	µmol/mol		0,004	(^e)
Formaldehyd (HCHO)	µmol/mol		0,2	(^e)
Ameisensäure (HCOOH)	µmol/mol		0,2	(^e)
Ammoniak (NH ₃)	µmol/mol		0,1	(^e)
Halogenverbindungen insgesamt (^e) (auf Halogenionenbasis)	µmol/mol		0,05	(^e)

(^a) Die Bestimmung des Wasserstoff-Kraftstoffindex erfolgt durch Subtraktion des Gesamtwerts der Nicht-Wasserstoff-Gase in dieser Tabelle, ausgedrückt in Mol-%, von 100 Mol-%.

(^b) Die Gesamtkohlenwasserstoffe außer Methan umfassen auch sauerstoffhaltige organische Arten.

(^c) Die Summe der gemessenen CO, HCHO und HCOOH darf 0,2 µmol/mol nicht überschreiten.

(^d) Die Gesamtschwefelverbindungen umfassen mindestens H₂S, COS, CS₂ und Merkaptane, die typischerweise in Erdgas zu finden sind.

(^e) Die Prüfmethode ist zu dokumentieren. In ISO 21087 festgelegte Prüfmethoden sind vorzuziehen.

(^f) Die Analyse spezifischer Schadstoffe in Abhängigkeit vom Herstellungsprozess ist ausgenommen. Fahrzeughersteller müssen Ausnahmen für spezielle Schadstoffe gegenüber der zuständigen Behörde begründen.

7. Technische Daten für Kraftstoffe für die Prüfung Typ 4 auf Verdunstungsemissionen

Für Stufe 1B:

Bei einem Fahrzeug, bei dem der Hersteller die Verwendung von E10-Kraftstoff nicht empfiehlt, sind die in Absatz 3.1 oder Absatz 3.3 dieses Anhangs genannten Kraftstoffe anstelle der in diesem Absatz genannten Kraftstoffe zu verwenden.

Tabelle A3/19

Benzin-Bezugskraftstoff für die Prüfung Typ 4

Parameter	Einheit	Grenzwerte		Prüfmethode
		mindestens	höchstens	
Research-Oktananzahl, ROZ		95,0	98,0	EN ISO 5164 JIS K2280
Dichte bei 15 °C	kg/m ³	743,0	756,0	EN ISO 12185 JIS K2249-1,2,3
Dampfdruck	kPa	56,0	60,0	EN 13016-1 JIS K2258-1,2
Siedeverlauf:				
– bei 70 °C verdunstet	Volumenprozent	34,0	46,0	EN ISO 3405
– bei 100 °C verdunstet	Volumenprozent	54,0	62,0	EN ISO 3405
– bei 150 °C verdunstet	Volumenprozent	86,0	94,0	EN ISO 3405

Parameter	Einheit	Grenzwerte		Prüfmethode
		mindestens	höchstens	
Analyse der Kohlenwasserstoffe:				
– Olefine	Volumenprozent	6,0	13,0	EN 22854 JIS K2536-1,2
– Aromaten	Volumenprozent	25,0	32,0	EN 22854 JIS K2536-1,2,3
– Benzol	Volumenprozent	-	1,00	EN 22854 EN 238 JIS K2536-2,3,4
Sauerstoffgehalt	Masse-%	3,3	3,7	EN 22854 JIS K2536-2,4,6
Schwefelgehalt	(mg/kg)	—	10	EN ISO 20846 EN ISO 20884 JIS K2541-1,2,6,7
Bleigehalt	mg/l	Nicht nachweisbar		EN 237 JIS K2255
Ethanol	Volumenprozent	9,0	10,0	EN 22854 JIS K2536-2,4,6
MTBE		Nicht nachweisbar		JIS K2536-2,4,5,6 ^(a)
Methanol		Nicht nachweisbar		JIS K2536-2,4,5,6 ^(a)
Kerosin		Nicht nachweisbar		JIS K2536-2,4 ^(a)

^(a) Es kann auch ein anderes Verfahren auf der Grundlage einer nationalen oder internationalen Norm verwendet werden.

ANHANG B4

Fahrwiderstand auf der Straße und Einstellung des Rollenprüfstands

1. Anwendungsbereich

In diesem Anhang wird die Bestimmung des Fahrwiderstands eines Prüffahrzeugs auf der Straße und die Übertragung dieses Fahrwiderstands auf einen Rollenprüfstand beschrieben.

2. Begriffe und Definitionen

2.1. Für den Zweck des Dokuments haben die Begriffe und Definitionen gemäß Absatz 3 dieser Regelung Priorität. Soweit in Absatz 3 dieser Regelung keine Definitionen angegeben werden, sind die Definitionen aus ISO 3833:1977 „Straßenfahrzeuge; Typen; Begriffe“ anzuwenden.

2.2. Geschwindigkeitsbezugspunkte beginnen bei 20 km/h und erfolgen in Schritten von 10 km/h und mit der höchsten Bezugsgeschwindigkeit gemäß folgenden Bestimmungen:

a) Der höchste Geschwindigkeitsbezugspunkt ist 130 km/h oder der Geschwindigkeitsbezugspunkt, der sich unmittelbar vor der Höchstgeschwindigkeit des anzuwendenden Prüfzyklus befindet, falls dieser Wert weniger als 130 km/h beträgt. Falls der anzuwendende Prüfzyklus weniger als 4 Zyklusphasen enthält (niedrig, mittel, hoch, sehr hoch), kann auf Antrag des Herstellers und mit Genehmigung der zuständigen Behörde die höchste Bezugsgeschwindigkeit auf den Geschwindigkeitsbezugspunkt erhöht werden, der unmittelbar vor der Höchstgeschwindigkeit der nächsthöheren Phase liegt, jedoch nicht höher als 130 km/h; in diesem Fall erfolgt die Bestimmung des Fahrwiderstands auf der Straße und die Einstellung des Rollenprüfstands mit denselben Geschwindigkeitsbezugspunkten;

b) Falls ein Geschwindigkeitsbezugspunkt, der für den Zyklus gilt plus 14 km/h, größer oder gleich $v_{\max}$ ist, so ist dieser Geschwindigkeitsbezugspunkt von der Ausrollprüfung und der Einstellung des Rollenprüfstands auszunehmen. Der nächstniedrigere Geschwindigkeitsbezugspunkt wird dann zum höchsten Geschwindigkeitsbezugspunkt für das Fahrzeug.

2.3. Unbeschadet anderer Bestimmungen ist gemäß Anhang B7 Absatz 5 ein Zyklus-Energiebedarf hinsichtlich der Sollgeschwindigkeitskurve des anzuwendenden Fahrzyklus zu berechnen.

2.4. f_0 , f_1 , f_2 sind die gemäß diesem Anhang bestimmten Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) der Fahrwiderstandsgleichung $F = f_0 + f_1 \times v + f_2 \times v^2$.

f_0 konstanter Fahrwiderstandskoeffizient (in N), gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf eine Dezimalstelle zu runden;

f_1 Fahrwiderstandskoeffizient erster Ordnung (in N/(km/h)), gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf drei Dezimalstellen zu runden;

f_2 Fahrwiderstandskoeffizient zweiter Ordnung (in N/(km/h)²), gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf fünf Dezimalstellen zu runden.

Unbeschadet anderer Bestimmungen sind die Fahrwiderstandskoeffizienten mit einer linearen Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate über den ganzen Bereich der Geschwindigkeitsbezugspunkte zu berechnen.

2.5. Rotierende Masse

2.5.1. Bestimmung von m_r

m_r ist die gleichwertige effektive Masse aller Räder und Fahrzeugbauteile in kg, die bei Getriebe in Neutral-Stellung mit den Rädern auf der Straße rotieren. m_r ist mittels eines geeigneten und von der zuständigen Behörde genehmigten Verfahrens zu messen oder zu berechnen. Wahlweise kann m_r auf 3 % der Summe aus der Masse in fahrbereitem Zustand zuzüglich 25 kg geschätzt werden.

2.5.2. Anwendung der rotierenden Masse auf den Fahrwiderstand (Straße)

Die Ausrollzeiten sind auf die Kräfte zu übertragen und umgekehrt, wobei die anzuwendende Prüfmasse plus m_r zu berücksichtigen sind. Dies gilt sowohl für Messungen auf der Straße als auch auf dem Rollenprüfstand.

2.5.3. Anwendung der rotierenden Masse auf die Schwungmasseneinstellung

Wird das Fahrzeug auf einem Prüfstand im 4WD-Betrieb geprüft, muss die gleichwertige Schwungmasse des Rollenprüfstands auf die anzuwendende Prüfmasse eingestellt werden.

Ansonsten ist der Wert der gleichwertigen Schwungmasse des Rollenprüfstands auf den Wert der Prüfmasse zuzüglich entweder der gleichwertigen effektiven Masse der Räder, die die Messergebnisse nicht beeinflussen, oder 50 % von m_r zu setzen.

2.6. Zusätzliche Massen für das Einstellen der Prüfmasse müssen so aufgebracht werden, dass die Gewichtsverteilung des Fahrzeugs ungefähr derjenigen entspricht wie bei der Masse dieses Fahrzeugs im fahrbereiten Zustand. Bei Fahrzeugen der Klasse N bzw. bei Personenkraftwagen, die sich von der Fahrzeugklasse N ableiten, müssen die zusätzlichen Massen in charakteristischer Weise angeordnet werden und auf Verlangen der Genehmigungsbehörde ihr gegenüber begründet werden. Die Gewichtsverteilung des Fahrzeugs muss dokumentiert und für nachfolgende Prüfungen zur Bestimmung des Fahrwiderstands auf der Straße verwendet werden.

3. Allgemeine Anforderungen

Der Hersteller ist für die Genauigkeit der Fahrwiderstandskoeffizienten verantwortlich und muss dies für jedes Serienfahrzeug in der Fahrwiderstandsfamilie gewährleisten. Toleranzen in der Bestimmung, der Simulation und den Berechnungsmethoden dürfen nicht verwendet werden, damit der Fahrwiderstand von Serienfahrzeugen nicht unterschätzt wird. Auf Verlangen der zuständigen Behörde ist die Genauigkeit der Fahrwiderstandskoeffizienten eines individuellen Fahrzeugs nachzuweisen.

3.1. Gesamtmessgenauigkeit, Präzision, Auflösung und Frequenz

Die erforderliche Gesamtmessgenauigkeit muss folgende Anforderungen erfüllen:

- a) Genauigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit: $\pm 0,2$ km/h bei einer Messfrequenz von mindestens 10 Hz;
- b) Zeit: Mindestgenauigkeit: ± 10 ms; Mindestpräzision und -auflösung: 10 ms;
- c) Genauigkeit des Raddrehmoments: ± 6 Nm oder $\pm 0,5$ % des höchsten gemessenen Gesamtdrehmoments für das ganze Fahrzeug, je nachdem, welcher Wert höher ist, bei einer Messfrequenz von mindestens 10 Hz;
- d) Genauigkeit der Windgeschwindigkeit: $\pm 0,3$ m/s bei einer Messfrequenz von mindestens 1 Hz;
- e) Genauigkeit der Windrichtung: $\pm 3^\circ$ bei einer Messfrequenz von mindestens 1 Hz;
- f) Genauigkeit der Lufttemperatur: $\pm 1^\circ$ C bei einer Messfrequenz von mindestens 0,1 Hz;
- g) Genauigkeit des Luftdrucks: $\pm 0,3$ kPa bei einer Messfrequenz von mindestens 0,1 Hz;
- h) Genauigkeit der Fahrzeugmasse, gemessen vor und nach der Prüfung auf derselben Waage: ± 10 kg (± 20 kg für Fahrzeuge $> 4,000$ kg);
- i) Genauigkeit des Reifendrucks: ± 5 kPa;
- j) Genauigkeit der Drehgeschwindigkeit der Räder: $\pm 0,05$ s⁻¹ oder 1 %, je nachdem, welcher Wert höher ist.

3.2. Windkanalkriterien

3.2.1. Windgeschwindigkeit

Die Windgeschwindigkeit muss während einer Messung im Mittelpunkt des Prüfbereichs innerhalb von ± 2 km/h bleiben. Die mögliche Windgeschwindigkeit muss mindestens 140 km/h betragen.

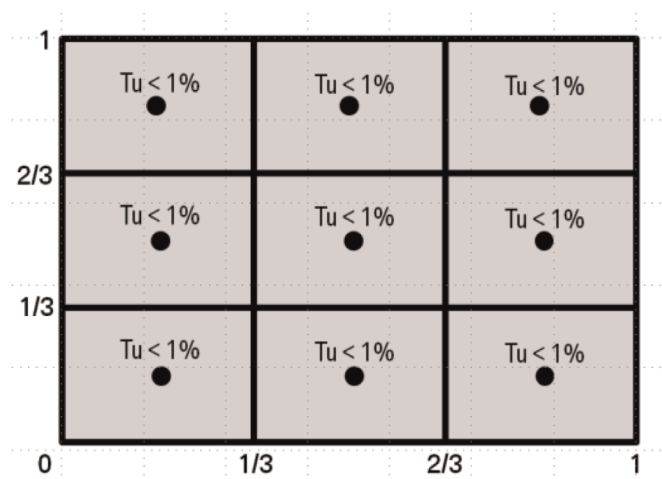
3.2.2. Lufttemperatur

Die Lufttemperatur muss während einer Messung im Mittelpunkt des Prüfbereichs innerhalb von ± 3 °C bleiben. Die Verteilung der Lufttemperatur am Düsenauslass muss innerhalb von ± 3 °C bleiben.

3.2.3. Turbulenzen

Um ein gleichmäßiges Gitternetz mit dreimal drei Rechtecken über dem Düsenauslass zu erhalten, darf die Turbulenzintensität Tu 1 % nicht überschreiten. Siehe Abbildung A4/1.

Abbildung A4/1

Turbulenzintensität

$$Tu = \frac{u'}{U_{\infty}}$$

dabei ist:

Tu Turbulenzintensität;

u' Fluktuation der Turbulenzgeschwindigkeit (in m/s);

U_{∞} ungestörte Strömungsgeschwindigkeit (in m/s)

3.2.4. Festes Blockierungsverhältnis

Das Fahrzeugblockierungsverhältnis ϵ_{sb} , das als der Quotient aus der Fläche der Fahrzeugfront und der Fläche des Düsenauslasses ausgedrückt wird, ist nach folgender Gleichung zu berechnen und darf 0,35 nicht übersteigen.

$$\epsilon_{sb} = \frac{A_f}{A_{nozzle}}$$

dabei ist:

ϵ_{sb} Fahrzeugblockierungsverhältnis

A_f Fläche der Fahrzeugfront (in m²)

A_{nozzle} Fläche des Düsenauslasses (in m²)

3.2.5. Rotierende Räder

Damit der aerodynamische Einfluss der Räder richtig bestimmt werden kann, müssen die Räder des Prüf-fahrzeugs mit einer solchen Geschwindigkeit rotieren, dass die sich daraus ergebende Fahrzeuggeschwindig-keit innerhalb ± 3 km/h der Windgeschwindigkeit liegt.

3.2.6. Laufband

Um die Strömung unter dem Prüffahrzeug zu simulieren, muss der Windkanal mit einem Laufband aus-gerüstet sein, das über die ganze Länge des Fahrzeugs verläuft. Die Geschwindigkeit des Laufbands muss innerhalb ± 3 km/h der Windgeschwindigkeit liegen.

3.2.7. Fluidströmungswinkel

An neun gleichmäßig verteilten Punkten über dem Düsenbereich darf weder die mittlere quadratische Abweichung des Nickwinkels α noch die des Gierwinkels β (Y-, Z-Ebene) am Düsenauslass 1° überschreiten.

3.2.8. Luftdruck

An neun gleichmäßig verteilten Punkten über dem Düsenauslass muss die Standardabweichung des Gesamt-drucks am Düsenauslass kleiner oder gleich 0,02 sein.

$$\sigma\left(\frac{\Delta P_t}{q}\right) \leq 0.02$$

dabei ist:

σ die Standardabweichung des Druckverhältnisses $\left(\frac{\Delta P_t}{q}\right)$;

ΔP_t die Schwankung des Gesamtdrucks zwischen den Messpunkten (in N/m²);

q dynamischer Druck (in N/m²).

Die absolute Differenz des Druckkoeffizienten c_p über eine Distanz von 3 Metern vor und 3 Metern hinter dem Mittelpunkt der Waage im leeren Prüfabschnitt und in einer Höhe des Mittelpunkts des Düsenauslasses darf nicht um mehr als $\pm 0,02$ abweichen.

$$|c_{p_{x=+3m}} - c_{p_{x=-3m}}| \leq 0.02$$

dabei ist:

c_p Druckkoeffizient

3.2.9. Dicke der Grenzschicht

Bei $x = 0$ (Mittelpunkt der Waage) muss die Windgeschwindigkeit mindestens 99 % der Einströmgeschwin-digkeit 30 mm über dem Boden des Windkanals betragen.

$$\delta_{99}(x = 0 \text{ m}) \leq 30 \text{ mm}$$

dabei ist:

δ_{99} Abstand senkrecht zur Straße, bei dem 99 % der ungestörten Strömungsgeschwindigkeit erreicht werden (Dicke der Grenzschicht).

3.2.10. Rückhalteblockierungsverhältnis

Das Rückhaltesystem darf sich nicht vor dem Fahrzeug befinden. Das relative Blockierungsverhältnis ϵ_{restr} der Fahrzeugfront aufgrund des Rückhaltesystems darf 0,10 nicht überschreiten.

$$\epsilon_{\text{restr}} = \frac{A_{\text{restr}}}{A_f}$$

dabei ist:

$\varepsilon_{\text{restr}}$ relatives Blockierungsverhältnis des Rückhaltesystems;

$\varepsilon_{\text{restr}}$ Fahrzeugfront des Rückhaltesystems, auf die Düsenvorderseite projiziert (in m^2);

A_f Fläche der Fahrzeugfront (in m^2).

3.2.11. Messung der Genauigkeit der Waage in der x-Richtung

Die Ungenauigkeit der sich in der x-Richtung ergebenden Kraft darf $\pm 5 \text{ N}$ nicht überschreiten. Die Auflösung der gemessenen Kraft muss innerhalb $\pm 3 \text{ N}$ liegen.

3.2.12. Messpräzision

Die Präzision der gemessenen Kraft muss innerhalb $\pm 3 \text{ N}$ liegen.

4. Messung des Fahrwiderstands auf der Straße

4.1. Anforderungen für die Straßenprüfung

4.1.1. Atmosphärische Bedingungen für die Straßenprüfung

Die atmosphärischen Bedingungen (Windbedingungen, Umgebungstemperatur und Luftdruck) sind gemäß Absatz 3.1 dieses Anhangs zu messen. Für die Kontrolle der Gültigkeit von Daten sind ausschließlich atmosphärische Bedingungen zu verwenden, die während der Messungen zur Ausrollzeit und/oder Drehmomentmessung erfasst wurden.

4.1.1.1 Zulässige Windbedingungen bei Verwendung stationärer Anemometrie und On-Board-Anemometrie

4.1.1.1.1. Zulässige Windbedingungen bei der Verwendung stationärer Anemometrie

Die Windgeschwindigkeit ist an der Prüfstrecke in einer sich über dem Fahrbahnniveau befindenden Höhe zu messen, auf der die repräsentativsten Windbedingungen auftreten. In Fällen, in denen keine Prüfungen in entgegengesetzter Richtung auf demselben Abschnitt der Prüfstrecke durchgeführt werden können (z. B. auf einer ovalen Prüfstrecke mit obligatorischer Fahrtrichtung), so sind Windgeschwindigkeit und -richtung an den gegenüberliegenden Teilen der Prüfstrecke zu messen.

Die Windbedingungen während der Fahrtenpaare müssen alle der folgenden Kriterien erfüllen:

- a) Die Windgeschwindigkeit muss während eines Zeitraums von 5 Sekunden eines gleitenden Durchschnitts weniger als 5 m/s betragen;
- b) Spitzenwindgeschwindigkeiten dürfen 8 m/s für mehr als 2 aufeinanderfolgende Sekunden nicht überschreiten;
- c) der arithmetische Durchschnitt der Vektorkomponente der Windgeschwindigkeit, die quer zur Fahrbahn verläuft, muss weniger als 2 m/s betragen.

Die Windkorrektur ist gemäß Absatz 4.5.3 dieses Anhangs zu berechnen.

4.1.1.1.2. Zulässige Windbedingungen bei der Verwendung von On-Board-Anemometrie

Für Prüfungen mit einem On-Board-Anemometer ist ein in Absatz 4.3.2 dieses Anhangs beschriebenes Gerät zu verwenden.

Die Windbedingungen während der Fahrtenpaare müssen alle der folgenden Kriterien erfüllen:

- a) Der arithmetische Durchschnitt der Windgeschwindigkeit muss weniger als 7 m/s betragen;
- b) Spitzenwindgeschwindigkeiten dürfen 10 m/s für mehr als 2 aufeinanderfolgende Sekunden nicht überschreiten;

- c) der arithmetische Durchschnitt der Vektorkomponente der Windgeschwindigkeit, die quer zur Fahrbahn verläuft, muss weniger als 4 m/s betragen.

4.1.1.2. Umgebungstemperatur

Die Umgebungstemperatur muss im Bereich von 5 °C bis einschließlich 40 °C liegen.

Nach Wahl des Herstellers können Ausrollvorgänge zwischen 1 °C und 5 °C durchgeführt werden.

Beträgt die Differenz zwischen der höchsten und der niedrigsten gemessenen Temperatur während der Ausrollprüfung mehr als 5 °C, so ist die Temperaturkorrektur separat auf jede Fahrt mit dem arithmetischen Durchschnitt der Umgebungstemperatur dieser Fahrt anzuwenden.

In diesem Fall sind die Werte der Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_0 , f_1 und f_2 für die einzelnen Fahrtenpaare zu bestimmen und zu korrigieren. Die endgültigen Werte von f_0 , f_1 und f_2 müssen dem arithmetischen Durchschnitt der individuell korrigierten Koeffizienten f_0 , f_1 und f_2 entsprechen.

4.1.2. Prüfstrecke

Die Straßenoberfläche muss flach, eben, sauber und trocken sein und darf keine Hindernisse oder Windschutzwände aufweisen, die die Messung des Fahrwiderstands beeinträchtigen könnten; ihre Struktur und Zusammensetzung muss repräsentativ für derzeitige städtische und Fernstraßenbeläge sein, d. h. es darf zum Beispiel keine Flugzeuglandebahn genutzt werden. Die Längsneigung der Prüfstrecke darf nicht mehr als ± 1 % betragen. Die lokale Neigung zwischen beliebigen, 3 Meter voneinander entfernten Punkten darf nicht mehr als $\pm 0,5$ % von dieser Längsneigung abweichen. Können keine Prüfungen in entgegengesetzten Richtungen auf dem selben Abschnitt der Prüfstrecke durchgeführt werden (z. B. auf einer ovalen Prüfstrecke mit obligatorischer Fahrtrichtung), so muss die Summe der Längsneigungen der parallelen Prüfstreckenabschnitte zwischen 0 und einer Steigung von 0,1 % liegen. Die Wölbung der Prüfstrecke muss 1,5 % betragen.

4.2. Vorbereitung

4.2.1. Prüffahrzeug

Jedes Prüffahrzeug muss mit allen seinen Bauteilen der Produktionsserie entsprechen (z. B. müssen sich Seitenspiegel an der gleichen Position wie beim normalen Fahrzeugbetrieb befinden, Öffnungen der Karosserie dürfen nicht abgedichtet sein), andernfalls, wenn das Fahrzeug sich von dem Serienfahrzeug unterscheidet, ist eine vollständige Beschreibung zu dokumentieren.

4.2.1.1. Vorgaben für die Auswahl von Prüffahrzeugen

4.2.1.1.1. Keine Anwendung der Interpolationsmethode

Aus der Familie ist ein Prüffahrzeug (Fahrzeug H) mit der Kombination aus Merkmalen auszuwählen, die für den Fahrwiderstand relevant ist (d. h. Masse, Luftwiderstand und Reifenrollwiderstand) und den höchsten Zyklusenergiebedarf verursacht (siehe Absätze 6.3.2 und 6.3.3 dieser Regelung).

Ist der aerodynamische Einfluss der verschiedenen Räder innerhalb einer Interpolationsfamilie nicht bekannt, so muss die Auswahl auf dem größten zu erwartenden Luftwiderstand basieren. Als Orientierungshilfe bei der Auswahl ist zu berücksichtigen, dass der größte Luftwiderstand bei Rädern mit a) der größten Breite, b) dem größten Durchmesser und c) der am weitesten geöffneten Struktur (in dieser Reihenfolge) zu erwarten ist.

Die Vorgabe hinsichtlich der Auswahl der Räder gilt zusätzlich zu der Vorgabe, dass der höchste Zyklusenergiebedarf auszuwählen ist.

4.2.1.1.2. Anwendung einer Interpolationsmethode

Auf Antrag des Herstellers kann eine Interpolationsmethode angewendet werden.

In diesem Fall müssen zwei Prüffahrzeuge aus der Familie ausgewählt werden, die der jeweiligen Familienvorgabe entsprechen.

Prüffahrzeug H muss das Fahrzeug sein, das den höheren und vorzugsweise den höchsten Zyklusenergiebedarf dieser Auswahl verursacht, während Prüffahrzeug L das Fahrzeug sein muss, das den geringeren und vorzugsweise den geringsten Zyklusenergiebedarf dieser Auswahl verursacht.

Alle Teile der Zusatzausrüstung und/oder Karosserieformen, die bei der Anwendung der Interpolationsmethode unberücksichtigt bleiben sollen, müssen an den beiden Prüffahrzeugen H und L insofern gleich sein, als sie aufgrund ihrer für den Fahrwiderstand relevanten Merkmale (d. h. Masse, Luftwiderstand und Reifenrollwiderstand) die höchste Kombination des Zyklusenergiebedarfs verursachen.

Kann ein Fahrzeug mit einem vollständigen Satz standardmäßiger Reifen und Räder und zusätzlich einem vollständigen Satz Winterreifen (gekennzeichnet mit dem Symbol aus dreizackigem Berg und Schneeflocke, „3PMS“ oder „Alpine-Symbol“) mit oder ohne Räder geliefert werden, gelten die Winterreifen und ihre Räder nicht als Zusatzausrüstung.

4.2.1.1.2.1. Die folgenden Anforderungen zwischen Fahrzeugen H und L sind für die Merkmale zu erfüllen, die für den Fahrwiderstand relevant sind:

a) Um die Extrapolation von Fahrwiderstandskoeffizienten zu ermöglichen:

i) Liegt während der Durchführung der Berechnung nach Anhang B7 Absatz 3.2.3.2.2.4 f_{0_ind} unter $f_{0_L}^*$ oder über f_{0_H} (gemäß Anhang B7 Absatz 3.2.3.2.2.4), sind die folgenden Minstdifferenzen zwischen H und L zu erfüllen:

Rollwiderstand von mindestens 1,0 kg/Tonne und Masse von mindestens 30 kg; bei einem Rollwiderstand zwischen 0 und 1,0 ist eine minimale Massendifferenz von 100 kg statt 30 kg einzuhalten;

ii) Liegt während der Durchführung der Berechnung nach Anhang B7 Absatz 3.2.3.2.2.4 f_{2_ind} unter $f_{2_L}^*$ oder über f_{2_H} (gemäß Anhang B7 Absatz 3.2.3.2.2.4), ist die folgende Minstdifferenz zwischen H und L zu erfüllen:

Luftwiderstand ($C_D \times A_f$) von mindestens 0,05 m². Kann der Hersteller zeigen, dass die Ergebnisse nach einer Extrapolation weiterhin plausibel sind, kann von den Mindestkriterien der obigen Punkte i bis iii abgesehen werden.

b) Für jedes Fahrwiderstandsmerkmal (d. h. Masse, Luftwiderstand und Reifenrollwiderstand) sowie für die Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_0 und f_2 muss der Wert von Fahrzeug H höher sein als der Wert von Fahrzeug L, ansonsten ist der ungünstigste Fall für dieses fahrwiderstandsrelevante Merkmal anzuwenden. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der zuständigen Behörde ist es zulässig, von den Anforderungen dieses Punktes abzusehen.

4.2.1.1.2.2. Um eine hinreichende Differenz zwischen Fahrzeug H und L in Bezug auf ein bestimmtes, für den Fahrwiderstand relevantes Merkmal zu erhalten, oder um die Kriterien gemäß Absatz 4.2.1.1.2.1 dieses Anhangs zu erfüllen, kann der Hersteller für Fahrzeug H künstlich ungünstigere Werte schaffen, z. B. durch Aufbringen einer größeren Prüfmasse.

4.2.1.2. Vorgaben für Familien

4.2.1.2.1. Vorgaben für die Anwendung der Interpolationsfamilie ohne Anwendung der Interpolationsmethode

Die Kriterien, die für eine Interpolationsfamilie gelten, sind in Absatz 6.3.2 dieser Regelung nachzulesen.

4.2.1.2.2. Folgende Vorgaben gelten für die Anwendung der Interpolationsfamilie bei Anwendung der Interpolationsmethode:

a) Erfüllung der für Interpolationsfamilien geltenden Kriterien gemäß Liste in Absatz 6.3.2 dieser Regelung;

b) Erfüllung der Anforderungen laut Anhang B6 Absätze 2.3.1 und 2.3.2;

c) Durchführung der Berechnungen laut Absatz 3.2.3.2 von Anhang B7.

4.2.1.2.3. Vorgaben für die Anwendung der Fahrwiderstandsfamilie

4.2.1.2.3.1. Auf Antrag des Herstellers und bei Erfüllung der Kriterien von Absatz 6.3.3 dieser Regelung sind die Werte des Fahrwiderstands für die Fahrzeuge H und L einer Interpolationsfamilie zu berechnen.

4.2.1.2.3.2. Prüffahrzeuge H und L im Sinne von Absatz 4.2.1.1.2 dieses Anhangs erhalten die Bezeichnungen H_R und L_R für die Fahrwiderstandsfamilie.

- 4.2.1.2.3.3. Die Differenz des Zyklusenergiebedarfs zwischen H_R und L_R der Fahrwiderstandsfamilie, basierend auf H_R über einen vollständigen WLTC-Zyklus Klasse 3, muss mindestens 4 % und höchstens 35 % betragen.

Ist mehr als ein Getriebe in der Fahrwiderstandsfamilie enthalten, so ist das Getriebe mit den größten Leistungsverlusten für die Bestimmung des Fahrwiderstands zu verwenden.

- 4.2.1.2.3.4. Wird die Fahrwiderstandsdifferenz der die Reibdifferenz verursachenden Fahrzeugvariante gemäß Absatz 6.8 dieses Anhangs bestimmt, muss eine neue Fahrwiderstandsfamilie unter Berücksichtigung der Fahrwiderstandsdifferenz von sowohl Fahrzeug L als auch Fahrzeug H dieser neuen Fahrwiderstandsfamilie berechnet werden.

$$f_{0,N} = f_{0,R} + f_{0,\Delta}$$

$$f_{1,N} = f_{1,R} + f_{1,\Delta}$$

$$f_{2,N} = f_{2,R} + f_{2,\Delta}$$

dabei gilt:

N bezieht sich auf die Fahrwiderstandskoeffizienten der neuen Fahrwiderstandsfamilie;

R bezieht sich auf die Fahrwiderstandskoeffizienten der Referenz-Fahrwiderstandsfamilie; Delta bezieht sich auf die in Absatz 6.8.1 dieses Anhangs bestimmte Differenz der Fahrwiderstandskoeffizienten.

- 4.2.1.3. Zulässige Kombinationen aus Prüffahrzeugauswahl und Familienvorgaben

Aus Tabelle A4/1 gehen die zulässigen Kombinationen aus der Prüffahrzeugauswahl und den Familienvorgaben gemäß Beschreibung in den Absätzen 4.2.1.1 und 4.2.1.2 dieses Anhangs hervor.

Tabelle A4/1

Zulässige Kombinationen aus Prüffahrzeugauswahl und Familienvorgaben

Zu erfüllende Anforderungen:	(1) ohne Interpolationsmethode	(2) Interpolationsmethode ohne Fahrwiderstandsfamilie	(3) Anwendung der Fahrwiderstandsfamilie	(4) Interpolationsmethode bei Anwendung einer oder mehrerer Fahrwiderstandsfamilien
Auf den Fahrwiderstand geprüfetes Fahrzeug	Absatz 4.2.1.1.1 dieses Anhangs.	Absatz 4.2.1.1.2 dieses Anhangs.	Absatz 4.2.1.1.2 dieses Anhangs.	k. A.
Familie	Absatz 4.2.1.2.1 dieses Anhangs.	Absatz 4.2.1.2.2 dieses Anhangs.	Absatz 4.2.1.2.3 dieses Anhangs.	Absatz 4.2.1.2.2 dieses Anhangs.
Weitere	entfällt	entfällt	entfällt	Anwendung von Spalte (3) „Anwendung der Fahrwiderstandsfamilie“ und Anwendung von Absatz 4.2.1.3.1 dieses Anhangs.

- 4.2.1.3.1. Ableitung von Fahrwiderstandswerten für eine Interpolationsfamilie von einer Fahrwiderstandsfamilie

Die Fahrwiderstände (Straße) H_R und/oder L_R sind gemäß diesem Anhang zu bestimmen.

Der Fahrwiderstand (Straße) von Fahrzeug H (und L) einer Interpolationsfamilie innerhalb der Fahrwiderstandsfamilie (Straße) ist gemäß Anhang B7 Absätze 3.2.3.2.2 bis einschließlich 3.2.3.2.2.4 folgendermaßen zu berechnen:

- a) Verwendung von H_R und L_R der Fahrwiderstandsfamilie anstelle von H und L als Eingabedaten für die Gleichungen;
- b) Verwendung der Fahrwiderstandsparameter (d. h. Prüfmasse, $\Delta(C_D \times A_f)$ in Bezug zu Fahrzeug L_R und Reifenrollwiderstand) von Fahrzeug H (oder L) der Interpolationsfamilie als Eingabedaten für das Einzelfahrzeug;
- c) Wiederholung dieser Berechnung für jedes Fahrzeug H und L jeder Interpolationsfamilie innerhalb der Fahrwiderstandsfamilie

Die Fahrwiderstandsinterpolation darf nur bei denjenigen Fahrwiderstandsmerkmalen angewendet werden, die sich bei den Prüffahrzeugen L_R und H_R voneinander unterscheiden. Für andere Merkmale, die für den Fahrwiderstand relevant sind, gilt der Wert von Fahrzeug H_R .

H und L der Interpolationsfamilie können von verschiedenen Fahrwiderstandsfamilien abgeleitet werden. Ergibt sich dieser Unterschied zwischen diesen Fahrwiderstandsfamilien aus der Anwendung der Differenzmethode, siehe Absatz 4.2.1.2.3.4 dieses Anhangs.

4.2.1.4. Anwendung der Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße)

Ein Fahrzeug, das die Kriterien von Absatz 6.3.4 dieser Regelung erfüllt und das:

- a) für die beabsichtigte Serie vollständiger Fahrzeuge, die von der Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße) hinsichtlich des geschätzten schlechtesten C_D -Wertes und der Karosserieform abgedeckt werden sollen, repräsentativ ist; und
- b) für die beabsichtigte Serie von Fahrzeugen, die von der Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße) hinsichtlich des geschätzten Wertes der Masse der Zusatzausrüstung abgedeckt werden sollen, repräsentativ ist, ist für die Bestimmung des Fahrwiderstands (Straße) zu verwenden.

Kann keine repräsentative Karosserieform für ein vollständiges Fahrzeug bestimmt werden, so ist das Prüffahrzeug mit einem viereckigen Kasten mit abgerundeten Ecken mit einem Radius von höchstens 25 mm und einer Breite, die der Höchstbreite der durch die Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße) abgedeckten Fahrzeuge entspricht, und einer Gesamthöhe des Prüffahrzeugs einschließlich des Kastens von $3,0 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$, auszurüsten.

Der Hersteller und die zuständige Behörde legen im Einvernehmen fest, welches Modell eines Prüffahrzeugs als repräsentativ gilt.

Die Werte für die Fahrzeugparameter Prüfmasse, Reifenrollwiderstand und Fahrzeugfront eines H_M - und L_M -Fahrzeugs sind so zu bestimmen, dass das H_M -Fahrzeug den höchsten Zyklusenergiebedarf und das L_M -Fahrzeug den geringsten Zyklusenergiebedarf der Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße) verursacht. Der Hersteller und die zuständige Behörde legen im Einvernehmen die Fahrzeugparameter für das H_M -Fahrzeug und das L_M -Fahrzeug fest.

Der Fahrwiderstand (Straße) aller Einzelfahrzeuge der Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße) einschließlich H_M und L_M ist gemäß Absatz 5.1 dieses Anhangs zu berechnen.

4.2.1.5. Bewegliche aerodynamische Karosserieteile

Bewegliche aerodynamische Karosserieteile an den Prüffahrzeugen müssen während der Fahrwiderstandsbestimmung (Straße) zu den Prüfbedingungen gemäß WLTP-Prüfzyklus Typ 1 (Prüftemperatur, Fahrzeuggeschwindigkeit und Beschleunigungsbereich, Motorlast usw.) betrieben werden.

Jedes Fahrzeugsystem, das dynamisch den Luftwiderstand des Fahrzeugs ändert (z. B. Fahrzeughöhensteuerung) ist als ein bewegliches aerodynamisches Karosserieteil zu betrachten. Geeignete Anforderungen sind hinzuzufügen, falls die Zusatzausrüstung künftiger Fahrzeuge bewegliche aerodynamische Teile enthält, deren Einfluss auf den Luftwiderstand den Bedarf weiterer Anforderungen begründet.

4.2.1.6. Wägung

Vor und nach dem Verfahren zur Bestimmung des Fahrwiderstands (Straße) ist das ausgewählte Fahrzeug einschließlich des Fahrers und der Ausrüstung zu wiegen, um die arithmetische Durchschnittsmasse m_{av} zu bestimmen. Die Masse des Fahrzeugs muss größer als oder gleich der Prüfmasse von Fahrzeug H oder Fahrzeug L zu Beginn des Verfahrens zur Bestimmung des Fahrwiderstands (Straße) sein.

4.2.1.7. Konfiguration des Prüffahrzeugs

Die Konfiguration des Prüffahrzeugs ist zu dokumentieren und für jede Ausrollprüfung zu verwenden.

4.2.1.8. Zustand des Prüffahrzeugs

4.2.1.8.1. Einfahren

Das Prüffahrzeug ist in geeigneter Weise für den Zweck der darauf folgenden Prüfung über mindestens 10,000 jedoch nicht mehr als 80,000 km einzufahren.

Auf Antrag des Herstellers kann ein Fahrzeug mit mindestens 3,000 km verwendet werden.

4.2.1.8.2. Herstellerangaben

Das Fahrzeug muss mit den vom Hersteller vorgesehenen Spezifikationen für das Serienfahrzeug hinsichtlich der Reifendrucke gemäß Absatz 4.2.2.3 dieses Anhangs, der Fahrwerksgeometrie/Spureinstellung gemäß Absatz 4.2.1.8.3 dieses Anhangs, der Bodenfreiheit, der Fahrzeughöhe, der Schmierung von Antriebsstrang und Radlager sowie der Bremseinstellung übereinstimmen, um unrepräsentative Störeinflüsse zu vermeiden.

4.2.1.8.3. Spureinstellung

Die Spur- und Sturzwerte sind auf die maximale Abweichung von der Fahrzeuglängsachse in dem vom Hersteller definierten Bereich einzustellen. Schreibt ein Hersteller bestimmte Spur- und Sturzwerte für das Fahrzeug vor, so sind diese Werte zu verwenden. Auf Antrag des Herstellers können höhere als die vorgeschriebenen Werte für Abweichungen von der Fahrzeuglängsachse verwendet werden. Die vorgeschriebenen Werte sind die Bezugswerte für alle Wartungstätigkeiten während der Lebensdauer des Fahrzeugs.

Sonstige einstellbare Parameter der Spureinstellung (z. B. Nachlauf) sind auf die vom Hersteller empfohlenen Werte zu setzen. Stehen keine empfohlenen Werte zur Verfügung, sind diese auf den vom Hersteller definierten arithmetischen Durchschnittsbereich einzustellen.

Diese einstellbaren Parameter und vorgeschriebenen Werte sind zu dokumentieren.

4.2.1.8.4. Geschlossene Abdeckungen

Während der Bestimmung des Fahrwiderstands (Straße) müssen die Motorraumabdeckung, die Kofferraumabdeckung, die manuell betätigten beweglichen Abdeckungen und alle Fenster geschlossen sein.

4.2.1.8.5. Ausrollmodus

Können die in den Absätzen 8.1.3 oder 8.2.3 dieses Anhangs beschriebenen Kriterien bei der Bestimmung der Einstellungen des Rollenprüfstands aufgrund nicht reproduzierbarer Kräfte nicht erfüllt werden, so ist das Fahrzeug mit einem Fahrzeug-Ausrollmodus auszurüsten. Der Ausrollmodus muss von der zuständigen Behörde genehmigt werden, und seine Verwendung ist von der zuständigen Behörde zu dokumentieren.

Ist ein Fahrzeug mit einem Fahrzeug-Ausrollmodus ausgerüstet, so ist dieser sowohl während der Bestimmung des Fahrwiderstands als auch auf dem Rollenprüfstand zu aktivieren.

4.2.2. Reifen

4.2.2.1. Reifenrollwiderstand

Die Messung der Reifenrollwiderstandswerte muss gemäß Anhang 6 der UN-Regelung Nr. 117 Änderungsreihe 02 oder einem international anerkannten vergleichbaren Verfahren erfolgen. Die Rollwiderstandskoeffizienten müssen gemäß den jeweiligen regionalen Verfahren (z. B. Verordnung (EU) Nr. 1235/2011) abgeglichen und gemäß den Rollwiderstandsklassen in Tabelle A4/2 klassifiziert werden.

Tabelle A4/2

Energieeffizienzklassen gemäß Rollwiderstandskoeffizienten (RWK) für C1-, C2- und C3-Reifen und RWK-Werte zur Verwendung für diese Energieeffizienzklassen bei der Interpolation (in kg/t)

Energieeffizienzklasse	RWK-Bereich für Reifen der Klasse C1	RWK-Bereich für Reifen der Klasse C2	RWK-Bereich für Reifen der Klasse C3
1	$RWK \leq 6,5$	$RWK \leq 5,5$	$RWK \leq 4,0$
2	$6,5 < RWK \leq 7,7$	$5,5 < RWK \leq 6,7$	$4,0 < RWK \leq 5,0$
3	$7,7 < RWK \leq 9,0$	$6,7 < RWK \leq 8,0$	$5,0 < RWK \leq 6,0$
4	$9,0 < RWK \leq 10,5$	$8,0 < RWK \leq 9,2$	$6,0 < RWK \leq 7,0$
5	$10,5 < RWK \leq 12,0$	$9,2 < RWK \leq 10,5$	$7,0 < RWK \leq 8,0$
6	$RWK > 12,0$	$RWK > 10,5$	$RWK > 8,0$
Energieeffizienzklasse	RWK-Wert zur Verwendung bei der Interpolation – C1-Reifen	RWK-Wert zur Verwendung bei der Interpolation – C2-Reifen	RWK-Wert zur Verwendung bei der Interpolation – C3-Reifen
1	$RWK = 5,9 (*)$	$RWK = 4,9 (*)$	$RWK = 3,5 (*)$
2	$RWK = 7,1$	$RWK = 6,1$	$RWK = 4,5$
3	$RWK = 8,4$	$RWK = 7,4$	$RWK = 5,5$
4	$RWK = 9,8$	$RWK = 8,6$	$RWK = 6,5$
5	$RWK = 11,3$	$RWK = 9,9$	$RWK = 7,5$
6	$RWK = 12,9$	$RWK = 11,2$	$RWK = 8,5$

(*) Nur für Stufe 1A: Liegt der tatsächliche RWK-Wert unter diesem Wert, so ist für die Interpolation der tatsächliche Rollwiderstand des Reifens oder ein höherer Wert bis zu dem hier angegebenen RWK-Wert zu verwenden.

Wird die Interpolationsmethode auf den Rollwiderstand angewendet, sind als Eingabewerte für die Interpolationsmethode die tatsächlichen Rollwiderstandswerte für diejenigen Reifen zu verwenden, die an den Prüffahrzeugen L und H montiert sind. Bei einem Einzelfahrzeug innerhalb einer Interpolationsfamilie ist der RWK-Wert für die Energieeffizienzklasse der montierten Reifen zu verwenden.

Kann ein Fahrzeug mit einem vollständigen Satz standardmäßiger Reifen und Räder und zusätzlich einem vollständigen Satz Winterreifen (gekennzeichnet mit dem Symbol aus dreizackigem Berg und Schneeflocke, „3PMS“) mit oder ohne Räder geliefert werden, gelten die zusätzlichen Reifen und ihre Räder nicht als Zusatzausrüstung.

4.2.2.2. Reifenzustand

Reifen, die für die Prüfung verwendet werden,

- a) dürfen nicht älter als zwei Jahre nach dem Herstellungsdatum sein
- b) dürfen nicht speziell konditioniert oder behandelt worden sein (z. B. erhitzt oder künstlich gealtert), mit Ausnahme des Schleifens der Reifenauflfläche im ursprünglichen Zustand
- c) müssen vor der Bestimmung des Fahrwiderstands auf einer Straße über mindestens 200 km eingefahren worden sein
- d) müssen vor der Prüfung an jedem Punkt auf der gesamten Breite des Reifens eine konstante Profiltiefe von 100 bis 80 % der ursprünglichen Profiltiefe aufweisen

Nach der Messung der Profiltiefe ist die Fahrstrecke auf 500 km zu begrenzen. Bei Überschreitung dieser 500 km ist die Profiltiefe erneut zu messen.

4.2.2.3. Reifendruck

Die Vorder- und Hinterreifen sind, wie vom Hersteller festgelegt, an der jeweiligen Achse und dem ausgewählten Reifen mit der Ausrollprüfmasse auf den unteren Grenzwert des Reifendruckbereichs aufzupumpen.

4.2.2.3.1. Reifendruckregelung

Beträgt die Differenz zwischen Umgebungs- und Abkühltemperatur mehr als 5 °C, so ist der Reifendruck folgendermaßen anzupassen:

- a) die Reifen sind über mehr als 1 Stunde mit 10 % über dem Solldruck abzukühlen;
- b) vor der Prüfung ist der Reifendruck auf den in Absatz 4.2.2.3 dieses Anhangs angegebenen Druck zu verringern, wobei eine Anpassung an die Differenz zwischen der Abkühl-Umgebungstemperatur und der Umgebungsprüftemperatur mit 0,8 kPa pro 1 °C gemäß folgender Gleichung durchzuführen ist:

$$\Delta p_t = 0.8 \times (T_{\text{soak}} - T_{\text{amb}})$$

dabei ist:

Δp_t dem Reifendruck gemäß Absatz 4.2.2.3 dieses Anhangs hinzugefügte Reifendruckanpassung (in kPa);

0.8. Druckanpassungsfaktor (in kPa/°C);

T_{soak} Reifenabkühltemperatur (in °C);

T_{amb} Umgebungsprüftemperatur (in °C).

- c) Zwischen der Druckanpassung und dem Aufwärmen des Fahrzeugs sind die Reifen von äußeren Wärmequellen einschließlich der Sonneneinstrahlung abzuschirmen.

4.2.3. Instrumentenausrüstung

Instrumente sind derart zu installieren, dass ihr Einfluss auf die aerodynamischen Merkmale des Fahrzeugs minimiert wird.

Ist der Einfluss des installierten Instruments auf ($C_D \times A_f$) wahrscheinlich größer als 0,015 m², so ist das Fahrzeug mit und ohne Instrument in einem Windkanal zu messen, der den Kriterien in Absatz 3.2 dieses Anhangs genügt, um den Unterschied des Wertes von $C_D \times A_f$ zu bestimmen. Die entsprechende Differenz ist von f_2 abzuziehen. Auf Antrag des Herstellers und mit Genehmigung der zuständigen Behörde kann der ermittelte Wert für ähnliche Fahrzeuge verwendet werden, bei denen der Einfluss der Ausrüstung wahrscheinlich den gleichen Einfluss hat.

4.2.4. Aufwärmen des Fahrzeugs

4.2.4.1. Auf der Straße

Das Aufwärmen darf nur durch Fahren des Fahrzeugs erfolgen.

- 4.2.4.1.1. Vor dem Aufwärmen ist das Fahrzeug zu verzögern, wobei die Kupplung deaktiviert sein muss oder ein automatisches Getriebe in die Neutralstellung gebracht wird und innerhalb von 5 bis 10 Sekunden maßvoll von 80 auf 20 km/h gebremst wird. Nach diesem Bremsvorgang darf keine weitere Betätigung oder manuelle Anpassung der Bremsanlage erfolgen.

Auf Antrag des Herstellers und mit Genehmigung der zuständigen Behörde können die Bremsen auch nach dem Aufwärmen mit derselben Verzögerung wie in diesem Absatz beschrieben betätigt werden.

4.2.4.1.2. Aufwärmen und Stabilisierung

Alle Fahrzeuge sind mit 90 % der Höchstgeschwindigkeit des anzuwendenden WLTC zu fahren. Das Fahrzeug kann mit 90 % der Höchstgeschwindigkeit der nächsthöheren Phase gefahren werden (siehe Tabelle A4/3), wenn diese Phase gemäß Absatz 7.3.4 dieses Anhangs dem anzuwendenden WLTC-Aufwärmverfahren hinzugefügt wird. Das Fahrzeug ist für mindestens 20 Minuten aufzuwärmen, bis stabile Bedingungen erreicht sind.

Tabelle A4/3

Aufwärmen und Stabilisierung über Phasen hinweg (je nach Anwendbarkeit)

Zyklus Klasse	Anzuwendender WLTC	90 % der Höchstgeschwindigkeit	Nächsthöhere Phase
Klasse 1	Low ₁ + Medium ₁	58 km/h	k. A.
Klasse 2	Low ₂ + Medium ₂ + High ₂ + Extra High ₂	111 km/h	k. A.
	Low ₂ + Medium ₂ + High ₂	77 km/h	Extra High (111 km/h)
Klasse 3	Low ₃ + Medium ₃ + High ₃ + Extra High ₃	118 km/h	k. A.
	Low ₃ + Medium ₃ + High ₃	88 km/h	Extra High (118 km/h)

4.2.4.1.3. Kriterium für den stabilen Zustand

Siehe Absatz 4.3.1.4.2 dieses Anhangs.

4.3. Messung und Berechnung des Fahrwiderstands (Straße) mit der Ausrollmethode

Der Fahrwiderstand (Straße) ist entweder mittels stationärer Anemometrie (Absatz 4.3.1 dieses Anhangs) oder On-Board-Anemometrie (Absatz 4.3.2 dieses Anhangs) zu bestimmen.

4.3.1. Ausrollmethode mit stationärer Anemometrie

4.3.1.1. Auswahl der Bezugsgeschwindigkeiten für die Bestimmung der Fahrwiderstandskurve

Die Bezugsgeschwindigkeiten für die Bestimmung des Fahrwiderstands auf der Straße sind gemäß Absatz 2.2 dieses Anhangs auszuwählen.

4.3.1.2. Datenerfassung

Während der Prüfung sind die Zeit und die Fahrzeuggeschwindigkeit mit einer Frequenz von mindestens 10 Hz zu messen.

4.3.1.3. Fahrzeugausrollmethode

4.3.1.3.1. Im Anschluss an das in Absatz 4.2.4 dieses Anhangs beschriebene Aufwärmverfahren und unmittelbar vor jeder Ausrollfahrt ist das Fahrzeug auf 10 bis 15 km/h über die höchsten Bezugsgeschwindigkeit zu beschleunigen und mit dieser Geschwindigkeit höchstens eine Minute lang zu fahren. Danach muss unverzüglich die Ausrollfahrt beginnen.

4.3.1.3.2. Während der Ausrollfahrt muss sich das Getriebe in Neutralstellung befinden. So weit wie möglich sind Bewegungen des Lenkrads zu vermeiden und die Fahrzeugbremsen dürfen nicht betätigt werden.

4.3.1.3.3. Die Prüfung ist so lange zu wiederholen, bis die Ausrolldaten den Anforderungen hinsichtlich der statistischen Präzision gemäß Absatz 4.3.1.4.2 dieses Anhangs genügen.

4.3.1.3.4. Obwohl empfohlen wird, jede Ausrollfahrt ohne Unterbrechung durchzuführen, kann die Ausrollprüfung mit Ausrollfahrten durchgeführt werden, bei denen die erste und letzte Bezugsgeschwindigkeit nicht notwendigerweise die höchsten und geringsten Bezugsgeschwindigkeiten sind, wenn in einer einzigen Fahrt nicht für alle Bezugsgeschwindigkeitspunkte Daten gesammelt werden können. In diesem Fall gelten folgende Zusatzanforderungen:

- a) Mindestens eine Bezugsgeschwindigkeit in jeder Ausrollfahrt muss sich mit dem unmittelbar benachbarten höheren Ausrollfahrt-Geschwindigkeitsbereich überschneiden. Diese Bezugsgeschwindigkeit wird als Teilpunkt bezeichnet.
- b) Bei keiner der Bezugsgeschwindigkeiten mit Überschneidung darf die durchschnittliche Kraft des unmittelbar benachbarten niedrigeren Ausrollfahrt-Geschwindigkeitsbereichs von der durchschnittlichen Kraft des unmittelbar benachbarten höheren Ausrollfahrt-Geschwindigkeitsbereichs um mehr als ± 10 N bzw. ± 5 % abweichen, wobei der jeweils höhere Wert ausschlaggebend ist.
- c) Die Daten der überschneidenden Bezugsgeschwindigkeit der Ausrollfahrt mit niedrigerer Geschwindigkeit sind ausschließlich für die Prüfung von Kriterium b zu verwenden und sind von der Bewertung der statistischen Präzision gemäß Absatz 4.3.1.4.2 dieses Anhangs auszuschließen;
- d) Die überschneidende Geschwindigkeit darf unter 10 km/h liegen, aber nicht unter 5 km/h. In diesem Fall ist das Überschneidungskriterium b entweder durch Extrapolation der Polynomkurven für den niedrigeren und den höheren Geschwindigkeitsbereich zu einer 10-km/h-Überschneidung oder durch Vergleich der durchschnittlichen Kraft im spezifischen Geschwindigkeitsbereich zu prüfen.

4.3.1.3.5. Es wird empfohlen, Ausrollfahrten unverzüglich aufeinanderfolgend durchzuführen. Sollte es zu Pausen zwischen Fahrten kommen (z. B. Arbeitspause des Fahrers, Prüfung der Fahrzeugintegrität usw.), ist das Fahrzeug gemäß Absatz 4.2.4 wieder aufzuwärmen, und die Ausrollfahrten sind beim entsprechenden Punkt fortzusetzen.

4.3.1.4. Messung der Ausrollzeit

4.3.1.4.1. Es ist die der Bezugsgeschwindigkeit v_j entsprechende Ausrollzeit zu messen, die zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit ($v_j + 5$ km/h) bis zu ($v_j - 5$ km/h) verstreicht.

4.3.1.4.2. Diese Messungen sind in entgegengesetzten Richtungen durchzuführen, bis mindestens drei Messpaare ermittelt wurden, die der statistischen Präzision p_j nach folgender Gleichung genügen:

$$p_j = \frac{h \times \sigma_j}{\sqrt{n} \times \Delta t_{pj}} \leq 0.030$$

dabei ist:

p_j statistische Präzision der bei der Bezugsgeschwindigkeit v_j durchgeführten Messungen;

n Anzahl der Messpaare;

Δt_{pj} harmonisches Mittel der Ausrollzeit bei der Bezugsgeschwindigkeit v_j in Sekunden gemäß folgender Gleichung:

$$\Delta t_{pj} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\Delta t_{ji}}}$$

dabei ist:

Δt_{ji} harmonische mittlere Ausrollzeit des i-ten Messpaares, bei Geschwindigkeit v_j in Sekunden (s) gemäß folgender Gleichung:

$$\Delta t_{ji} = \frac{2}{\left(\frac{1}{\Delta t_{jai}}\right) + \left(\frac{1}{\Delta t_{jbi}}\right)}$$

dabei sind:

Δt_{jai} und Δt_{jbi} Ausrollzeiten der i-ten Messung bei Bezugsgeschwindigkeit v_j in Sekunden (s) in den jeweiligen Richtungen a und b;

σ_j Standardabweichung in Sekunden (s) gemäß:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta t_{ji} - \Delta t_{pj})^2}$$

h Koeffizient gemäß Tabelle A4/4.

Tabelle A4/4

Koeffizient h als Funktion von n

n	h	n	h
3	4,3	17	2,1
4	3,2	18	2,1
5	2,8	19	2,1
6	2,6	20	2,1
7	2,5	21	2,1
8	2,4	22	2,1
9	2,3	23	2,1
10	2,3	24	2,1
11	2,2	25	2,1
12	2,2	26	2,1
13	2,2	27	2,1
14	2,2	28	2,1
15	2,2	29	2,0
16	2,1	30	2,0

- 4.3.1.4.3. Tritt während einer Messung in einer Richtung ein externer Faktor oder eine Einwirkung durch den Fahrer auf, der oder die die Prüfung des Fahrwiderstands auf der Straße deutlich beeinflusst, so sind diese Messung und die entsprechende Messung in der entgegengesetzten Richtung zu verwerfen. Alle verworfenen Daten müssen zusammen mit dem Grund für die Verwerfung festgehalten werden; zudem darf die Anzahl der verworfenen Messpaare nicht mehr als 1/3 der Anzahl der Messpaare insgesamt entsprechen. Im Falle von Teilfahrten sind die Ablehnungskriterien jeweils auf die einzelnen Geschwindigkeitsbereiche der Teilfahrten anzuwenden.

Aufgrund der Unsicherheit hinsichtlich der Datenvalidität und aus praktischen Gründen können mehr als die gemäß Absatz 4.3.1.4.2 dieses Anhangs mindestens geforderte Anzahl Fahrtenpaare durchgeführt werden, aber die Gesamtzahl der Fahrtenpaare darf 30 Fahrten einschließlich der abgelehnten Paare gemäß dieses Absatzes nicht übersteigen. In diesem Fall hat die Datenauswertung gemäß Absatz 4.3.1.4.2 dieses Anhangs mit dem ersten Fahrtenpaar zu beginnen, gefolgt von so vielen aufeinanderfolgenden Fahrtenpaaren wie nötig, um die statistische Präzision mit einem Datensatz zu erreichen, der nicht mehr als 1/3 der abgelehnten Paare enthält. Die verbleibenden Fahrtenpaare sind zu ignorieren.

- 4.3.1.4.4. Die folgende Gleichung ist für die Berechnung des arithmetischen Mittelwerts des Fahrwiderstands auf der Straße zu verwenden, wobei der harmonische Mittelwert der abwechselnden Ausrollzeiten zu berücksichtigen ist.

$$F_j = \frac{1}{3.6} \times (m_{av} + m_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t_j}$$

dabei ist:

Δv is 5 km/h;

Δt_j harmonisches Mittel der Messungen der abwechselnden Ausrollzeiten bei Geschwindigkeit v_j in Sekunden (s) gemäß:

$$\Delta t_j = \frac{2}{\frac{1}{\Delta t_{ja}} + \frac{1}{\Delta t_{jb}}}$$

dabei gilt:

Δt_{ja} und Δt_{jb} sind die harmonischen Mittel der Ausrollzeiten in den jeweiligen Richtungen a und b entsprechend der Bezugsgeschwindigkeit v_j in Sekunden (s) gemäß folgender zwei Gleichungen:

$$\Delta t_{ja} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{t_{jai}}}$$

und

$$\Delta t_{jb} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{t_{jbi}}}$$

dabei ist:

m_{av} arithmetischer Mittelwert der Prüffahrzeugmassen zu Beginn und am Ende der Bestimmung des Fahrwiderstands (in kg);

m_r gleichwertige effektive Masse der rotierenden Bauteile gemäß Absatz 2.5.1 dieses Anhangs.

Die Koeffizienten f_0 , f_1 und f_2 in der Fahrwiderstandsgleichung sind mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen.

Handelt es sich bei dem geprüften Fahrzeug um das repräsentative Fahrzeug einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie, so ist der Koeffizient f_1 auf Null zu setzen, und die Koeffizienten f_0 sowie f_2 sind mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate neu zu berechnen.

4.3.1.4.5. Korrektur auf Bezugsbedingungen

Die in Absatz 4.3.1.4.4 dieses Anhangs bestimmte Kurve ist gemäß Absatz 4.5 dieses Anhangs auf die Bezugsbedingungen hin zu korrigieren.

4.3.2. Ausrollmethode mit Verwendung des On-Board-Anemometers

Das Fahrzeug ist gemäß Absatz 4.2.4 dieses Anhangs aufzuwärmen und zu stabilisieren.

4.3.2.1. Zusätzliche Instrumente für die On-Board-Anemometrie

Das On-Board-Anemometer und die Instrumente sind im Betrieb am Prüffahrzeug zu kalibrieren, wenn eine Kalibrierung während des Aufwärmens für die Prüfung notwendig wird.

4.3.2.1.1. Die relative Windgeschwindigkeit ist mit einer Mindestfrequenz von 1 Hz und einer Genauigkeit von 0,3 m/s zu messen. Die Blockierung des Fahrzeugs ist bei der Kalibrierung des Anemometers zu berücksichtigen.

4.3.2.1.2. Die Windrichtung muss relativ zur Fahrzeugrichtung sein. Die relative Windrichtung (Gierachse) ist mit einer Auflösung von 1 Grad und einer Genauigkeit von 3 Grad zu messen; Die Totzone des Instruments darf 10 Grad nicht überschreiten und muss zum Fahrzeugheck hin gerichtet sein.

4.3.2.1.3. Vor dem Ausrollen ist das Anemometer in Bezug auf Geschwindigkeit und Gierrate gemäß ISO 10521-1:2006(E) Anhang A zu kalibrieren.

4.3.2.1.4. Die Blockierung des Anemometers ist im Kalibrierungsverfahren gemäß ISO 10521-1:2006(E) Anhang A zu korrigieren, um ihren Effekt zu minimieren.

4.3.2.2. Auswahl des Fahrzeuggeschwindigkeitsbereichs für die Bestimmung der Fahrwiderstandskurve (Straße)

Der Geschwindigkeitsbereich des Prüffahrzeugs ist gemäß Absatz 2.2 dieses Anhangs auszuwählen.

4.3.2.3. Datenerfassung

Während der Prüfung sind die abgelaufene Zeit, die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Luftgeschwindigkeit (Geschwindigkeit, Richtung) relativ zum Fahrzeug mit einer Frequenz von mindestens 5 Hz zu messen. Die Umgebungstemperatur ist zu synchronisieren und mit einer Mindestfrequenz von 0,1 Hz zu messen.

4.3.2.4. Fahrzeugausrollmethode

Die Messungen sind mit Fahrtenpaaren in entgegengesetzten Richtungen durchzuführen, bis mindestens zehn aufeinanderfolgende Fahrten (fünf Paare) erfolgt sind. Genügt eine Fahrt nicht den geforderten On-Board-Anemometrie-Prüfbedingungen, so ist dieses Fahrtenpaar zu verwerfen, d.h. diese Fahrt und die entsprechende Fahrt in entgegengesetzter Richtung. Alle gültigen Messpaare sind in die endgültige Analyse mit mindestens 5 Ausrollfahrten aufzunehmen. Zu den statistischen Validierungskriterien siehe Absatz 4.3.2.6.10 dieses Anhangs.

Das Anemometer ist so zu installieren, dass der Effekt auf die Betriebseigenschaften des Fahrzeugs minimiert ist.

Das Anemometer ist gemäß einer der folgenden Optionen zu installieren:

- a) an einem Balken ungefähr 2 Meter vor dem vorderen aerodynamischen Staupunkt des Fahrzeugs
- b) auf der Mittellinie des Fahrzeugdachs; wenn möglich, ist das Anemometer innerhalb von 30 cm vom oberen Rand der Windschutzscheibe zu installieren
- c) auf der Motorraumabdeckung in der Fahrzeugmittellinie, d.h. in der Mitte zwischen der Fahrzeugfront und dem unteren Rand der Windschutzscheibe

In allen Fällen ist das Anemometer parallel zur Fahrbahnoberfläche zu installieren. Falls die Positionen b oder c verwendet werden, sind die Ausrollergebnisse analytisch anzupassen, um den zusätzlichen Luftwiderstand aufgrund des Anemometers zu berücksichtigen. Zur Anpassung ist das ausrollende Fahrzeug in einem Windkanal sowohl mit dem als auch ohne das in derselben Position wie auf dem Prüfstand installierte Anemometer zu prüfen. Die berechnete Differenz ist der graduelle Luftwiderstandskoeffizient C_D in Kombination mit der Fahrzeugfront zur Korrektur der Ausrollergebnisse.

- 4.3.2.4.1. Im Anschluss an das in Absatz 4.2.4 dieses Anhangs beschriebene Aufwärmverfahren und unmittelbar vor jeder Ausrollfahrt ist das Fahrzeug auf 10 bis 15 km/h über die höchsten Bezugsgeschwindigkeit zu beschleunigen und mit dieser Geschwindigkeit höchstens eine Minute lang zu fahren. Danach muss unverzüglich die Ausrollfahrt beginnen.
- 4.3.2.4.2. Während der Ausrollfahrt muss sich das Getriebe in Neutralstellung befinden. So weit wie möglich sind Bewegungen des Lenkrads zu vermeiden und die Fahrzeugbremsen dürfen nicht betätigt werden.
- 4.3.2.4.3. Obwohl empfohlen wird, jede Ausrollfahrt ohne Unterbrechung durchzuführen, kann die Ausrollprüfung mit Ausrollfahrten durchgeführt werden, bei denen die erste und letzte Bezugsgeschwindigkeit nicht notwendigerweise die höchsten und geringsten Bezugsgeschwindigkeiten sind, wenn in einer einzigen Fahrt nicht für alle Bezugsgeschwindigkeitspunkte Daten gesammelt werden können. Für Teilfahrten gelten folgende zusätzliche Anforderungen:
- Mindestens eine Bezugsgeschwindigkeit in jeder Ausrollfahrt muss sich mit dem unmittelbar benachbarten höheren Ausrollfahrt-Geschwindigkeitsbereich überschneiden. Diese Bezugsgeschwindigkeit wird als Teilpunkt bezeichnet;
 - Bei keiner der Bezugsgeschwindigkeiten mit Überschneidung darf die durchschnittliche Kraft des unmittelbar benachbarten niedrigeren Ausrollfahrt-Geschwindigkeitsbereichs von der durchschnittlichen Kraft des unmittelbar benachbarten höheren Ausrollfahrt-Geschwindigkeitsbereichs um mehr als ± 10 N bzw. ± 5 % abweichen, wobei der jeweils höhere Wert ausschlaggebend ist;
 - Die Daten der überschneidenden Bezugsgeschwindigkeit der Ausrollfahrt mit niedrigerer Geschwindigkeit sind ausschließlich für die Prüfung von Kriterium b zu verwenden und sind von der Bewertung der statistischen Präzision gemäß Absatz 4.3.1.4.2 dieses Anhangs auszuschließen;
 - Die überschneidende Geschwindigkeit darf unter 10 km/h liegen, aber nicht unter 5 km/h. In diesem Fall ist das Überschneidungskriterium b entweder durch Extrapolation der Polynomkurven für den niedrigeren und den höheren Geschwindigkeitsbereich zu einer 10-km/h-Überschneidung oder durch Vergleich der durchschnittlichen Kraft im spezifischen Geschwindigkeitsbereich zu prüfen.
- 4.3.2.4.4. Es wird empfohlen, Ausrollfahrten unverzüglich aufeinanderfolgend durchzuführen. Sollte es zu Pausen zwischen Fahrten kommen (z. B. Arbeitspause des Fahrers, Prüfung der Fahrzeugintegrität usw.), ist das Fahrzeug gemäß Absatz 4.2.4 wieder aufzuwärmen, und die Ausrollfahrten sind beim entsprechenden Punkt fortzusetzen.
- 4.3.2.5. Bestimmung der Bewegungsgleichung
- Die in den Bewegungsgleichungen des On-Board-Anemometers verwendeten Symbole sind in Tabelle A4/5 aufgelistet.

Tabelle A4/5

Die in den Bewegungsgleichungen des On-Board-Anemometers verwendeten Symbole

Zeichen	Einheiten	Beschreibung
A_f	m^2	Fahrzeugfront
$a_0 \dots a_n$	$Grad^{-1}$	Luftwiderstandskoeffizienten als Funktion des Gierwinkels
A_m	N	mechanischer Widerstandskoeffizient
B_m	in N/(km/h)	mechanischer Widerstandskoeffizient
C_m	$N/(km/h)^2$	mechanischer Widerstandskoeffizient

Zeichen	Einheiten	Beschreibung
$C_D(Y)$		Luftwiderstandskoeffizient bei Gierwinkel Y
D	N	Widerstand
D_{aero}	N	Luftwiderstand
D_f	N	Widerstand der Vorderachse (einschließlich Antriebssystem)
D_{grav}	N	Widerstand durch Schwerkraft
D_{mech}	N	mechanischer Widerstand
D_r	N	Widerstand der Hinterachse (einschließlich Antriebssystem)
D_{tyre}	N	Reifenrollwiderstand
(dh/ds)	-	Sinus der Neigung des Prüfstands in der Fahrtrichtung (+ gibt eine Steigung an)
(dv/dt)	m/s^2	Beschleunigung
g	m/s^2	Schwerkraftskonstante
m_{av}	kg	arithmetische Durchschnittsmasse des Prüf-fahrzeugs vor und nach der Bestimmung des Fahrwiderstands (Straße)
m_e	kg	effektive Fahrzeugmasse einschließlich ro-tierender Bauteile
ρ	kg/m^3	Luftdichte
t	s	Zeit
T	K	Temperatur
v	km/h	Fahrzeuggeschwindigkeit
v_r	km/h	relative Windgeschwindigkeit
Y	Grad	Gierwinkel des scheinbaren Winds relativ zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs

4.3.2.5.1. Allgemeine Form

Die allgemeine Form der Bewegungsgleichung ist folgende:

$$-m_e \left(\frac{dv}{dt} \right) = D_{\text{mech}} + D_{\text{aero}} + D_{\text{grav}}$$

dabei ist:

$$D_{\text{mech}} = D_{\text{tyre}} + D_f + D_r;$$

$$D_{\text{aero}} = \left(\frac{1}{2} \right) \rho C_d(Y) A_f v_d^2;$$

$$D_{\text{grav}} = m \times g \times \left(\frac{dh}{ds} \right)$$

Ist die Neigung der Prüfstrecke gleich oder weniger als 0,1 % über ihre Länge, so kann D_{grav} auf Null gesetzt werden.

4.3.2.5.2. Modell des mechanischen Widerstands

Der mechanische Widerstand, der aus selbstständigen Komponenten besteht und Reibungsverluste der Reifen D_{tyre} sowie der Vorder- und Hinterachse D_f und D_r repräsentiert (einschließlich Verlusten im Getriebe), ist als Polynom mit drei Summanden als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit v gemäß folgender Gleichung zu modellieren:

$$D_{\text{mech}} = A_m + B_m v + C_m v^2$$

A_m , B_m , und C_m werden in der Datenanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt. Diese Konstanten stellen den kombinierten Widerstand des Antriebssystems und der Reifen dar.

Handelt es sich bei dem geprüften Fahrzeug um das repräsentative Fahrzeug einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße), so ist der Koeffizient B_m auf Null zu setzen, und die Koeffizienten A_m und C_m sind mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate neu zu berechnen.

4.3.2.5.3. Modell des Luftwiderstands

Der Luftwiderstandskoeffizient $C_D(Y)$ ist als fünfstelliges Polynom als Funktion des Gierwinkels Y gemäß folgender Gleichung zu modellieren:

$$C_D(Y) = a_0 + a_1 Y + a_2 Y^2 + a_3 Y^3 + a_4 Y^4$$

a_0 bis a_4 sind konstante Koeffizienten, die in der Datenanalyse bestimmt werden.

Der Luftwiderstand wird bestimmt, indem der Widerstandskoeffizient mit der Fahrzeugfront A_f und der relativen Windgeschwindigkeit v_r kombiniert wird.

$$D_{\text{aero}} = \left(\frac{1}{2}\right) \times \rho \times A_f \times v_r^2 \times C_D(Y)$$

$$D_{\text{aero}} = \left(\frac{1}{2}\right) \times \rho \times A_f \times v_r^2 (a_0 + a_1 Y + a_2 Y^2 + a_3 Y^3 + a_4 Y^4)$$

4.3.2.5.4. Endgültige Form der Bewegungsgleichung

Durch Substitution erhält man folgende endgültige Form der Bewegungsgleichung:

$$-m_e \left(\frac{dv}{dt} \right) = A_m + B_m v + C_m v^2 + \left(\frac{1}{2} \right) \times \rho \times A_f \times v_r^2 \times (a_0 + a_1 Y + a_2 Y^2 + a_3 Y^3 + a_4 Y^4) + (m \times g \times \frac{dh}{ds})$$

4.3.2.6. Datenreduktion

Es ist eine Gleichung mit drei Termen zu bilden, um den Fahrwiderstand (Straße) als eine Funktion der Geschwindigkeit, $F = A + Bv + Cv^2$, korrigiert hinsichtlich der Standard-Umgebungstemperatur und den Druckbedingungen, und bei Windstille zu beschreiben. Die Methode für diese Analyse ist in den Absätzen 4.3.2.6.1 bis einschließlich 4.3.2.6.10 dieses Anhangs beschrieben.

4.3.2.6.1. Bestimmung der Kalibrierungskoeffizienten

Wurden Kalibrierungsfaktoren für die Blockierung des Fahrzeugs nicht vorher bestimmt, so sind diese für die relative Windgeschwindigkeit und den Gierwinkel zu bestimmen. Messungen der Fahrzeuggeschwindigkeit v , der relativen Windgeschwindigkeit v_r und der Gierrate Y sind während der Aufwärmphase des Prüfverfahrens aufzuzeichnen. Es sind Fahrtenpaare in unterschiedlichen Richtungen auf der Prüfstrecke bei einer konstanten Geschwindigkeit von 80 km/h durchzuführen und die arithmetischen Durchschnittswerte von v , v_r und Y sind für jede Fahrt zu bestimmen. Es sind Kalibrierungsfaktoren, die die Gesamtfehler aufgrund von Gegen- und Seitenwinden bei allen Fahrtenpaaren minimieren, d. h. die Summe von $(\text{head}_i - \text{head}_{i+1})^2$ usw., auszuwählen, wobei sich head_i und head_{i+1} auf die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung in den Fahrtenpaaren in entgegengesetzten Richtungen während der Fahrzeug-Aufwärm- und Stabilisierungsphase vor der Prüfung beziehen.

4.3.2.6.2. Ableitung von Beobachtungen im Sekundentakt

Mittels der während der Ausrollfahrten gewonnenen Daten sind die Werte für $\left(\frac{dh}{ds}\right)$, $\left(\frac{dv}{dt}\right)$, und v_r^2 zu bestimmen, indem die gemäß den Absätzen 4.3.2.1.3 und 4.3.2.1.4 dieses Anhangs erhaltenen Kalibrierungsfaktoren angewendet werden. Zur Anpassung der Stichproben an die Frequenz von 1 Hz ist eine Datenfilterung anzuwenden.

4.3.2.6.3. Vorläufige Analyse

Mithilfe einer linearen Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate sind alle Datenpunkte sofort zu analysieren, um A_m , B_m , C_m , a_0 , a_1 , a_2 , a_3 und a_4 gemäß m_e , $\left(\frac{dh}{ds}\right)$, $\left(\frac{dv}{dt}\right)$, v , v_r , und ρ zu bestimmen.

4.3.2.6.4. Datenausreißer

Eine vorhergesagte Kraft $m_e \left(\frac{dv}{dt}\right)$ ist zu berechnen und mit den beobachteten Datenpunkten zu vergleichen. Datenpunkte mit zu starken Abweichungen, z. B. mehr als drei Standardabweichungen, sind zu kennzeichnen.

4.3.2.6.5. Datenfilterung (optional)

Es sind geeignete Methoden zur Datenfilterung anzuwenden und die verbleibenden Datenpunkte sind zu glätten.

4.3.2.6.6. Dateneliminierung

Datenpunkte, die bei Gierwinkeln erfasst wurden, die größer als ± 20 Grad der Fahrtrichtung des Fahrzeugs sind, sind zu kennzeichnen. Datenpunkte, die bei einer Windgeschwindigkeit von weniger als + 5 km/h erfasst wurden (zur Vermeidung von Bedingungen, bei denen der Rückenwind größer ist als die Fahrzeuggeschwindigkeit), sind ebenfalls zu kennzeichnen. Die Datenanalyse ist auf Fahrzeuggeschwindigkeiten innerhalb des gemäß Absatz 4.3.2.2 dieses Anhangs ausgewählten Geschwindigkeitsbereichs zu beschränken.

4.3.2.6.7. Endgültige Datenanalyse

Alle nicht gekennzeichneten Daten sind mittels einer linearen Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate zu analysieren. Gemäß m_e , $\left(\frac{dh}{ds}\right)$, $\left(\frac{dv}{dt}\right)$, v , v_r und ρ sind A_m , B_m , C_m , a_0 , a_1 , a_2 , a_3 und a_4 zu bestimmen.

4.3.2.6.8. Analyse mit Nebenbedingungen (optional)

Zur besseren Unterscheidung des Luft- und mechanischen Widerstands des Fahrzeugs kann eine Analyse mit Nebenbedingungen so angewendet werden, dass die Fahrzeugfront A_f und der Widerstandskoeffizient C_D festgelegt werden können, falls sie zuvor bestimmt wurden.

4.3.2.6.9. Korrektur auf Bezugsbedingungen

Bewegungsgleichungen sind gemäß Absatz 4.5 dieses Anhangs auf Bezugsbedingungen hin zu korrigieren.

4.3.2.6.10. Statistische Kriterien für die On-Board-Anemometrie

Der Ausschluss jedes Einzelpaares von Ausrollfahrten verändert den berechneten Fahrwiderstand (Straße) für jede Ausrollbezugsgeschwindigkeit v_j weniger als die Konvergenzanforderung für alle i und j :

$$\Delta F_i(v_j)/F(v_j) \leq \frac{0.030}{\sqrt{n-1}}$$

dabei ist:

$\Delta F(v_j)$ Differenz (in N) zwischen dem berechneten Fahrwiderstand (Straße) mit allen Ausrollfahrten und dem berechneten Fahrwiderstand (Straße) unter Ausschluss des i -ten Paares der Ausrollfahrten;

$F(v_j)$ berechneter Fahrwiderstand (Straße) (in N), unter Einschluss aller Ausrollfahrten;

v_j Bezugsgeschwindigkeit (in km/h);

n Anzahl an Ausrollfahrtenpaaren, unter Einschluss aller gültigen Paare.

Ist die Konvergenzanforderung nicht erfüllt, müssen Paare aus der Analyse entfernt werden, wobei mit dem Paar begonnen wird, das die größte Änderung im berechneten Fahrwiderstand (Fahrwiderstand) bewirkt, bis die Konvergenzanforderung erfüllt ist, jedoch müssen mindestens 5 gültige Paare für die endgültige Bestimmung des Fahrwiderstands (Straße) verwendet werden.

4.4. Messung und Bestimmung des Fahrwiderstands mit einem Drehmomentmesser

Als Alternative zu den Ausrollmethoden kann auch ein Drehmomentmesser verwendet werden, wobei der Fahrwiderstand durch die Messung des Raddrehmoments an den Antriebsrädern an den Geschwindigkeitsbezugspunkten in Zeitabschnitten von mindestens 5 Sekunden bestimmt wird.

4.4.1. Einbau von Drehmomentmessern

Raddrehmomentmesser sind zwischen der Radnabe und dem Rad jedes Antriebsrads anzubringen, um so das zur Beibehaltung einer konstanten Fahrzeuggeschwindigkeit erforderliche Drehmoment zu messen.

Drehmomentmesser sind regelmäßig mindestens einmal pro Jahr zu kalibrieren und sie müssen auf nationale oder internationale Normen zurückführbar sein, um die erforderliche Genauigkeit und Präzision sicherzustellen.

4.4.2. Verfahren und Datenerhebung

4.4.2.1. Auswahl der Bezugsgeschwindigkeiten für die Bestimmung der Fahrwiderstandskurve

Die Bezugsgeschwindigkeitspunkte für die Bestimmung des Fahrwiderstands sind gemäß Absatz 2.2 dieses Anhangs auszuwählen.

Die Bezugsgeschwindigkeiten sind in absteigender Reihenfolge zu messen. Auf Antrag des Herstellers sind Stabilisierungsphasen zwischen den Messungen zulässig, aber die Stabilisierungsgeschwindigkeit darf die Geschwindigkeit der folgenden Bezugsgeschwindigkeit nicht überschreiten.

4.4.2.2. Datenerfassung

Es sind Datensätze aus tatsächlicher Geschwindigkeit v_{ji} , tatsächlichem Drehmoment C_{ji} und der Zeit über mindestens 5 Sekunden für jede v_j mit einer Frequenz von mindestens 10 Hz zu messen. Die über eine Zeitphase für eine Bezugsgeschwindigkeit v_j erhobenen Datensätze gelten als eine Messung.

4.4.2.3. Verfahren der Fahrzeugdrehmomentmessung

Vor der Prüfmessung mit einem Drehmomentmesser ist gemäß Absatz 4.2.4 dieses Anhangs ein Aufwärmen des Fahrzeugs durchzuführen.

Während der Prüfmessung sind Bewegungen des Lenkrads so weit wie möglich zu vermeiden und die Fahrzeugbremsen dürfen nicht betätigt werden.

Die Prüfung ist zu wiederholen, bis die Daten des Fahrwiderstands den Präzisionsanforderungen hinsichtlich der Messung gemäß Absatz 4.4.3.2 dieses Anhangs genügen.

4.4.2.4. Geschwindigkeitsabweichung

Während einer Messung an einem einzelnen Geschwindigkeitsbezugspunkt muss die Geschwindigkeitsabweichung von der arithmetischen Durchschnittsgeschwindigkeit ($v_{ji}-v_{jm}$), berechnet gemäß Absatz 4.4.3 dieses Anhangs, innerhalb der in Tabelle A4/6 angegebenen Werte liegen.

Zusätzlich darf die arithmetische Durchschnittsgeschwindigkeit v_{jm} an jedem Geschwindigkeitsbezugspunkt von der Bezugsgeschwindigkeit v_j um nicht mehr als ± 1 km/h oder 2 % der Bezugsgeschwindigkeit v_j abweichen, je nachdem, welcher Wert größer ist,

Tabelle A4/6

Geschwindigkeitsabweichung

Zeitabschnitt in s	Geschwindigkeitsabweichung (in km/h)
5 - 10	± 0,2
10 - 15	± 0,4
15 - 20	± 0,6
20 - 25	± 0,8
25 - 30	± 1,0
≥ 30	± 1,2

4.4.2.5. Umgebungstemperatur

Die Prüfungen sind unter den gleichen Temperaturbedingungen wie in Absatz 4.1.1.2 dieses Anhangs beschrieben durchzuführen.

4.4.3. Berechnung der arithmetischen Durchschnittsgeschwindigkeit und des arithmetischen Durchschnittsdrehmoments

4.4.3.1. Berechnung

Die arithmetische Durchschnittsgeschwindigkeit v_{jm} (in km/h) und das arithmetische Durchschnittsdrehmoment C_{jm} (in Nm) von jeder Messung sind anhand der gemäß Absatz 4.4.2.2 dieses Anhangs gesammelten Datensätze mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$v_{jm} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k v_{ji}$$

und

$$C_{jm} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_{ji} - C_{js}$$

dabei ist:

v_{ji} tatsächliche Fahrzeuggeschwindigkeit des i-ten Datensatzes am Geschwindigkeitsbezugspunkt j (in km/h);

k Anzahl der Datensätze in einer einzelnen Messung;

C_{ji} tatsächliches Drehmoment des i-ten Datensatzes (in Nm);

C_{js} Kompensationsterm für die Geschwindigkeitsdrift (in Nm) gemäß folgender Gleichung:

$$C_{js} = (m_{st} + m_r) \times a_j r_j$$

$\frac{C_{js}}{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_{ji}}$ darf nicht größer als 0,05 sein und kann unberücksichtigt bleiben, wenn a_j nicht größer als $\pm 0.005 \text{ m/s}^2$ ist;

m_{st} Masse des Prüffahrzeugs (in kg) zu Beginn der Messungen, die erst unmittelbar vor dem Aufwärmverfahren und nicht früher zu messen ist;

m_r gleichwertige effektive Masse der rotierenden Bauteile (in kg) gemäß Absatz 2.5.1 dieses Anhangs;

r_j dynamischer Radius des Reifens, der an einem Bezugspunkt von 80 km/h oder, falls die Geschwindigkeit niedriger als 80 km/h ist, am höchsten Geschwindigkeitsbezugspunkt des Fahrzeugs bestimmt wird und gemäß folgender Gleichung zu berechnen ist:

$$r_j = \frac{1}{3.6} + \frac{v_{jm}}{2 \times \pi n}$$

dabei sind:

n Rotationsfrequenz des gefahrenen Reifens in s^{-1} ;

α_j arithmetische Durchschnittsbeschleunigung (in m/s^2), die gemäß folgender Gleichung zu berechnen ist:

$$\alpha_j = \frac{1}{3.6} \times \frac{k \sum_{i=1}^k t_i v_{ji} - \sum_{i=1}^k t_i \sum_{i=1}^k v_{ji}}{k \times \sum_{i=1}^k t_i^2 - \left[\sum_{i=1}^k t_i \right]^2}$$

dabei ist:

t_i Zeitpunkt, an dem der i -te Datensatz erfasst wurde (in s).

4.4.3.2. Messpräzision

Diese Messungen sind in entgegengesetzten Richtungen durchzuführen, bis mindestens drei Messpaare bei jeder Bezugsgeschwindigkeit v_i vorliegen und für die gemäß folgender Gleichung $\bar{C}_j$ der Präzision ρ_j genügt:

$$\rho_j = \frac{h \times s}{\sqrt{n \times \bar{C}_j}} \leq 0.030$$

dabei ist:

n Anzahl der Messpaare für C_{jm} ;

$\bar{C}_j$ Fahrwiderstand bei Geschwindigkeit v_i (in Nm) gemäß folgender Gleichung:

$$\bar{C}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{jmi}$$

dabei ist:

C_{jmi} arithmetisches Durchschnittsdrehmoment des i -ten Messpaares (in Nm) bei Geschwindigkeit v_j gemäß folgender Gleichung:

$$C_{jmi} = \frac{1}{2} \times (C_{jmai} + C_{jm bi})$$

dabei sind:

C_{jmai} und $C_{jm bi}$ die arithmetischen Durchschnittsdrehmomente der i -ten Messung (in Nm) bei der Geschwindigkeit v_j , die in Absatz 4.4.3.1 dieses Anhangs für jede Richtung a und b bestimmt werden;

s Standardabweichung (in Nm) gemäß folgender Gleichung:

$$s = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (C_{jmi} - \bar{C}_j)^2}$$

h ein Koeffizient als Funktion von n gemäß Tabelle A4/4 in Absatz 4.3.1.4.2 dieses Anhangs.

4.4.4. Bestimmung der Fahrwiderstandskurve

Die arithmetische Durchschnittsgeschwindigkeit und das arithmetische Durchschnittsdrehmoment bei jedem Geschwindigkeitsbezugspunkt sind gemäß folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$V_{jm} = \frac{1}{2} \times (v_{jma} + v_{jmb})$$

$$C_{jm} = \frac{1}{2} \times (C_{jma} + C_{jmb})$$

Die folgende, nach der Methode der kleinsten Quadrate erstellte Regressionsanalysekurve des arithmetischen Durchschnitts des Fahrwiderstands ist auf alle Datenpaare (V_{jm} , C_{jm}) bei allen Bezugsgeschwindigkeiten gemäß Absatz 4.4.2.1 dieses Anhangs anzuwenden, um die Koeffizienten c_0 , c_1 und c_2 zu bestimmen.

Die Koeffizienten c_0 , c_1 und c_2 sowie die auf dem Rollenprüfstand gemessenen Ausrollzeiten (siehe Absatz 8.2.4 dieses Anhangs) sind zu dokumentieren.

Handelt es sich bei dem geprüften Fahrzeug um das repräsentative Fahrzeug einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie, so ist der Koeffizient c_1 auf Null zu setzen, und die Koeffizienten c_0 sowie c_2 sind mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate neu zu berechnen.

4.5. Korrektur auf Bezugsbedingungen und Messausrüstung

4.5.1. Korrekturfaktor des Luftwiderstands

Der Korrekturfaktor für den Luftwiderstand K_2 ist gemäß folgender Gleichung zu bestimmen:

$$K_2 = \frac{T}{293 \text{ K}} \times \frac{100 \text{ kPa}}{P}$$

dabei ist:

T arithmetische durchschnittliche Umgebungstemperatur aller Einfahrten (in Kelvin (K));

P arithmetischer durchschnittlicher Umgebungsdruck (in kPa).

4.5.2. Korrekturfaktor des Rollwiderstands

Der Korrekturfaktor K_0 für den Rollwiderstand $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) kann auf der Grundlage empirischer Daten bestimmt und von der zuständigen Behörde für die jeweilige Fahrzeug- und Reifenkombination genehmigt werden, oder gemäß folgender Gleichung als gesetzt gelten:

$$K_0 = 8.6 \times 10^{-3} ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

4.5.3. Windkorrektur

4.5.3.1. Windkorrektur bei Verwendung stationärer Anemometrie

Auf eine Windkorrektur kann verzichtet werden, wenn die arithmetische durchschnittliche Windgeschwindigkeit bei allen gültigen Fahrtenpaaren 2 m/s oder weniger beträgt. Wird die Windgeschwindigkeit an mehr als einem Teil der Prüfstrecke gemessen, weil die Prüfung zum Beispiel auf einer ovalen Prüfstrecke durchgeführt wird (siehe Absatz 4.1.1.1.1 dieses Anhangs), ist an jedem Messort der Durchschnitt der Windgeschwindigkeit zu ermitteln, und anhand des höheren Wertes von zwei durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten ist zu bestimmen, ob eine Windgeschwindigkeitskorrektur anzuwenden ist oder ob davon abgesehen werden kann.

4.5.3.1.1. Der Windkorrekturwiderstand W_1 für die Ausrollmethode oder W_2 für das Verfahren mit Drehmomentmesser ist gemäß folgender Gleichungen zu berechnen:

$$W_1 = 3.6^2 \times f_2 \times v_w^2$$

oder:

$$W_2 = 3.6^2 \times c_2 \times v_w^2$$

dabei ist:

w_1 Korrektur für den Windwiderstand für die Ausrollmethode (in N);

f_2 Koeffizient des gemäß Absatz 4.3.1.4.4 dieses Anhangs bestimmten Terms;

v_w falls die Windgeschwindigkeit an nur einem Ort gemessen wird, ist v_w der arithmetische Durchschnitt der Vektorkomponente der Windgeschwindigkeit (in m/s) parallel zur Prüfstrecke während aller gültigen Fahrtenpaare;

v_w falls die Windgeschwindigkeit an zwei Orten gemessen wird, ist v_w die niedrigere der beiden arithmetischen Durchschnitte der Vektorkomponenten der Windgeschwindigkeiten (in m/s) parallel zur Prüfstrecke während aller gültigen Fahrtenpaare;

W_2 Korrektur für den Windwiderstand für das Verfahren mit Drehmomentmesser (in Nm);

c_2 Koeffizient des gemäß Absatz 4.4.4 dieses Anhangs bestimmten aerodynamischen Terms für das Verfahren mit Drehmomentmesser.

4.5.3.2. Windkorrektur bei Verwendung des On-Board-Anemometers

Für den Fall, dass die Ausrollmethode mit einer On-Board-Anemometrie erfolgt, sind w_1 und w_2 in den Gleichungen in Absatz 4.5.3.1.1 dieses Anhangs auf Null zu setzen, da die Windkorrektur bereits gemäß Absatz 4.3.2 dieses Anhangs angewendet wird.

4.5.4. Korrekturfaktor der Prüfmasse

Der Korrekturfaktor K_1 für die Prüfmasse des Prüffahrzeugs ist gemäß folgender Gleichung zu bestimmen:

$$K_1 = \left(1 - \frac{TM}{m_{av}}\right)$$

dabei ist:

TM Prüfmasse des Prüffahrzeugs (in kg);

m_{av} arithmetischer Mittelwert der Prüffahrzeugmassen zu Beginn und am Ende der Bestimmung des Fahrwiderstands (in kg).

4.5.5. Korrektur der Fahrwiderstandskurve (Straße)

4.5.5.1. Die in Absatz 4.3.1.4.4 dieses Anhangs bestimmte Kurve ist auf die Bezugsbedingungen hin folgendermaßen zu korrigieren:

$$F^* = ((f_0(1 - K_1) - W_1) + f_1 v) \times (1 + K_0(T - 20)) + K_2 f_2 v^2$$

dabei ist:

F^* korrigierter Fahrwiderstand (Straße) (in N);

f_0 konstanter Fahrwiderstandskoeffizient (Straße) (in N);

f_1 Fahrwiderstandskoeffizient (Straße) erster Ordnung (in N/(km/h));

f_2 Fahrwiderstandskoeffizient (Straße) zweiter Ordnung (in N/(km/h)²);

K_0 Korrekturfaktor für den Rollwiderstand gemäß der Definition in Absatz 4.5.2 dieses Anhangs;

K_1 Korrektur für die Prüfmasse gemäß der Definition in Absatz 4.5.4 dieses Anhangs;

K_2 Korrekturfaktor für den Luftwiderstand gemäß der Definition in Absatz 4.5.1 dieses Anhangs;

T arithmetischer Durchschnitt der Umgebungstemperatur während aller gültigen Fahrtenpaare (in °C);

v Fahrzeuggeschwindigkeit (in km/h);

W_1 Korrektur für den Windwiderstand (in N) gemäß der Definition in Absatz 4.5.3 dieses Anhangs.

Das Ergebnis der Berechnung unten ist als Sollfahrwiderstandskoeffizient (Straße) A_t in der Berechnung der Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands gemäß Absatz 8.1 dieses Anhangs zu verwenden:

$$((f_0(1 - K_1) - W_1)) \times (1 + K_0(T - 20))$$

Das Ergebnis der Berechnung unten ist als Sollfahrwiderstandskoeffizient (Straße) B_t in der Berechnung der Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands gemäß Absatz 8.1 dieses Unteranhangs zu verwenden:

$$(f_1 \times (1 + K_0 \times (T - 20))).$$

Das Ergebnis der Berechnung unten ist als Sollfahrwiderstandskoeffizient (Straße) C_t in der Berechnung der Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands gemäß Absatz 8.1 dieses Unteranhangs zu verwenden:

$$(K_2 \times f_2).$$

4.5.5.2. Die in Absatz 4.4.4 dieses Anhangs bestimmte Kurve ist auf die Bezugsbedingungen hin zu korrigieren und die Messausrüstung ist gemäß dem folgenden Verfahren zu installieren.

4.5.5.2.1. Korrektur auf Bezugsbedingungen

$$C^* = ((c_0(1 - K_1) - w_2) + c_1 v) \times (1 + K_0(T - 20)) + K_2 c_2 v^2$$

dabei ist:

C^* korrigierter Fahrwiderstand (in Nm);

C_0 gemäß Absatz 4.4.4 dieses Anhangs bestimmter konstanter Term (in Nm);

C_1 gemäß Absatz 4.4.4 dieses Unteranhangs bestimmter Koeffizient erster Ordnung (in Nm/(km/h));

C_2 gemäß Absatz 4.4.4 dieses Unteranhangs bestimmter Koeffizient zweiter Ordnung (in Nm/(km/h)²);

K_0 Korrekturfaktor für den Rollwiderstand gemäß der Definition in Absatz 4.5.2 dieses Anhangs;

K_1 Korrektur für die Prüfmasse gemäß der Definition in Absatz 4.5.4 dieses Anhangs;

K_2 Korrekturfaktor für den Luftwiderstand gemäß der Definition in Absatz 4.5.1 dieses Anhangs;

v Fahrzeuggeschwindigkeit (in km/h);

T arithmetischer Durchschnitt der Umgebungstemperatur während aller gültigen Fahrtenpaare (in °C);

W_2 Korrektur für den Windwiderstand gemäß der Definition in Absatz 4.5.3 dieses Anhangs.

4.5.5.2.2. Korrektur für installierte Drehmomentmesser

Wird der Fahrwiderstand mit einem Drehmomentmesser bestimmt, so ist dieser zu korrigieren, um die Effekte auf die aerodynamischen Fahrzeugmerkmale der außen am Fahrzeug angebrachten Drehmomentmessausrüstung zu berücksichtigen.

Der Fahrwiderstandskoeffizient c_2 ist gemäß folgender Gleichung zu korrigieren:

$$c_{2\text{corr}} = K_2 \times c_2 \times (1 + (\Delta(C_D \times A_f))/(C_D \times A_f))$$

dabei ist:

$$\Delta(C_D \times A_f) = (C_D \times A_f) - (C_{D'} \times A_f);$$

$C_{D'} \times A_f$ Produkt aus dem Luftwiderstandskoeffizienten multipliziert mit der Fahrzeugfront, wobei die Drehmomentmessausrüstung angebracht sein muss und die Messung in einem Windkanal erfolgt, der den Kriterien von Absatz 3.2 dieses Anhangs genügt (in m²);

$C_D \times A_f$ Produkt aus dem Luftwiderstandskoeffizienten multipliziert mit der Fahrzeugfront, wobei die Drehmomentmessausrüstung nicht angebracht sein darf und die Messung in einem Windkanal erfolgt, der den Kriterien von Absatz 3.2 dieses Anhangs genügt (in m²).

4.5.5.2.3. Sollfahrwiderstandskoeffizienten

Das Ergebnis der Berechnung unten ist als Fahrwiderstand a_t in der Berechnung der Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands gemäß Absatz 8.2 dieses Anhangs zu verwenden:

$$((c_0(1 - K_1) - w_2)) \times (1 + K_0(T - 20)).$$

Das Ergebnis der Berechnung unten ist als Sollfahrwiderstandskoeffizient b_t in der Berechnung der Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands gemäß Absatz 8.2 dieses Anhangs zu verwenden:

$$(c_1 \times (1 + K_0 \times (T - 20))).$$

Das Ergebnis der Berechnung unten ist als Sollfahrwiderstandskoeffizient c_t in der Berechnung der Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands gemäß Absatz 8.2 dieses Anhangs zu verwenden:

$$(c_{2\text{corr}} \times r).$$

5. Methode zur Berechnung des Fahrwiderstands auf der Straße oder des Fahrwiderstands auf der Grundlage von Fahrzeugparametern

5.1. Berechnung des Fahrwiderstands auf der Straße und des Fahrwiderstands auf dem Rollenprüfstand auf der Grundlage eines repräsentativen Fahrzeugs einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße)

Wird der Fahrwiderstand (Straße) des repräsentativen Fahrzeugs nach einer in Absatz 4.3 dieses Anhangs beschriebenen Ausrollmethode oder mit der Windkanalmethode gemäß Absatz 6 dieses Anhangs bestimmt, so ist der Fahrwiderstand (Straße) eines Einzelfahrzeugs gemäß Absatz 5.1.1 dieses Anhangs zu berechnen.

Wird der Fahrwiderstand des repräsentativen Fahrzeugs nach dem in Absatz 4.4 dieses Anhangs beschriebenen Verfahren mit Drehmomentmesser bestimmt, so ist der Fahrwiderstand eines Einzelfahrzeugs gemäß Absatz 5.1.2 dieses Anhangs zu berechnen.

5.1.1. Für die Berechnung des Fahrwiderstands (Straße) von Fahrzeugen einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße) sind die in Absatz 4.2.1.4 dieses Anhangs beschriebenen Fahrzeugparameter und die in Absatz 4.3 dieses Anhangs bestimmten Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) des repräsentativen Prüffahrzeugs zu verwenden.

5.1.1.1. Die Fahrwiderstandskraft für ein Einzelfahrzeug ist gemäß folgender Gleichung zu berechnen:

$$F_c = f_0 + (f_1 \times v) + (f_2 \times v^2)$$

dabei ist:

F_c berechnete Fahrwiderstandskraft (in N) als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit;

f_0 konstanter Fahrwiderstandskoeffizient (in N) gemäß folgender Gleichung:

$$f_0 = \text{Max}((0,05 \times f_{0r} + 0,95 \times (f_{0r} \times TM/TM_r + ((\frac{RR-RR_r}{1000})) \times 9,81 \times TM)); \\ (0,2 \times f_{0r} + 0,8 \times (f_{0r} \times TM/TM_r + ((\frac{RR-RR_r}{1000})) \times 9,81 \times TM)))$$

f_{0r} konstanter Fahrwiderstandskoeffizient (in N) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;

- f_1 Fahrwiderstandskoeffizient erster Ordnung (in N/(km/h)), Null;
- f_2 Fahrwiderstandskoeffizient zweiter Ordnung (in N/(km/h)²) gemäß folgender Gleichung:
- $$f_2 = \text{Max}((0,05 \times f_{2r} + 0,95 \times f_{2r} \times A_f / A_{fr}); (0,2 \times f_{2r} + 0,8 \times f_{2r} \times A_f / A_{fr}))$$
- f_{2r} Fahrwiderstandskoeffizient zweiter Ordnung (in N/(km/h)²) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- v Fahrzeuggeschwindigkeit (in km/h);
- TM tatsächliche Prüfmasse (in kg) des Einzelfahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- TM_r Prüfmasse (in kg) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- A_f Fahrzeugfront (in m²) des Einzelfahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- A_{fr} Fahrzeugfront (in m²) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- RR Reifenrollwiderstand (in kg/t) des Einzelfahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- RR_r Reifenrollwiderstand (in kg/t) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie.

Für die an einem Einzelfahrzeug angebrachten Reifen wird der Wert des Rollwiderstands RR auf den Klassenwert der anwendbaren Reifenenergieeffizienzklasse gemäß Anhang B4 Tabelle A4/2 festgelegt.

Gehören die Reifen an der Vorder- und Hinterachse zu unterschiedlichen Energieeffizienzklassen, ist der gewichtete Mittelwert anhand der Gleichung in Anhang B7 Absatz 3.2.3.2.2 zu berechnen.

Werden die gleichen Reifen an Prüffahrzeug L und H angebracht, ist der Wert von RR_{ind} bei der Anwendung der Interpolationsmethode auf RR_H festzulegen.

- 5.1.2. Für die Berechnung des Fahrwiderstands von Fahrzeugen einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße) sind die in Absatz 4.2.1.4 dieses Anhangs beschriebenen Fahrzeugparameter und die in Absatz 4.4 dieses Anhangs bestimmten Fahrwiderstandskoeffizienten des repräsentativen Prüffahrzeugs zu verwenden.

- 5.1.2.1. Die Fahrwiderstandskraft für ein Einzelfahrzeug ist gemäß folgender Gleichung zu berechnen:

$$C_c = c_0 + c_1 \times v + c_2 \times v^2$$

dabei ist:

- C_c berechneter Fahrwiderstand (in Nm) als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit;
- c_0 konstanter Fahrwiderstandskoeffizient (in N) gemäß folgender Gleichung:
- $$c_0 = r'/1,02 \times \text{Max}((0,05 \times 1,02 \times c_{0r}/r' + 0,95 \times (1,02 \times c_{0r}/r' \times TM/TM_r + ((\frac{RR-RR_r}{1000})) \times 9,81 \times TM)); (0,2 \times 1,02 \times c_{0r}/r' + 0,8 \times (1,02 \times c_{0r}/r' \times TM/TM_r + ((\frac{RR-RR_r}{1000})) \times 9,81 \times TM))$$
- c_{0r} konstanter Fahrwiderstandskoeffizient (in Nm) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- c_1 Fahrwiderstandskoeffizient erster Ordnung (in Nm/(km/h)), der auf Null zu setzen ist;
- c_2 Fahrwiderstandskoeffizient zweiter Ordnung (in Nm/(km/h)²) gemäß folgender Gleichung:
- $$c_2 = r'/1,02 \times \text{Max}((0,05 \times 1,02 \times c_{2r}/r' + 0,95 \times 1,02 \times c_{2r}/r' \times A_f / A_{fr}); (0,2 \times 1,02 \times c_{2r}/r' + 0,8 \times 1,02 \times c_{2r}/r' \times A_f / A_{fr}))$$
- c_{2r} Fahrwiderstandskoeffizient zweiter Ordnung (in N/(km/h)²) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;

- v Fahrzeuggeschwindigkeit (in km/h);
- TM tatsächliche Prüfmasse (in kg) des Einzelfahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- TM_r Prüfmasse (in kg) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- A_f Fahrzeugfront (in m^2) des Einzelfahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- A_{fr} Fahrzeugfront (in m^2) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- RR Reifenrollwiderstand (in kg/t) des Einzelfahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- RR_r Reifenrollwiderstand (in kg/t) des repräsentativen Fahrzeugs der Fahrwiderstandsmatrix-Familie;
- r' bei 80 km/h erreichter dynamischer Radius des Reifens (in m) auf dem Rollenprüfstand;

1.02 approximativer Koeffizient zum Ausgleich von Verlusten im Antriebsstrang.

5.2. Berechnung des Standardfahrwiderstands (Straße) auf der Grundlage von Fahrzeugparametern

5.2.1. Als Alternative für die Bestimmung des Fahrwiderstands (Straße) mit der Ausrollmethode oder einer Drehmomentmessung kann eine Berechnungsmethode für einen Standardfahrwiderstand (Straße) verwendet werden.

Für die Berechnung eines Standardfahrwiderstands (Straße) auf der Grundlage von Fahrzeugparametern sind mehrere Parameter, z. B. Prüfmasse, Breite und Höhe des Fahrzeugs, zu verwenden. Der Standardfahrwiderstand (Straße) F_c ist für die Geschwindigkeitsbezugspunkte zu berechnen.

5.2.2. Der Standardfahrwiderstand (Straße) wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$F_c = f_0 + (f_1 \times v) + (f_2 \times v^2)$$

dabei ist:

F_c berechnete Standardfahrwiderstandskraft (in N) (Straße) als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit;

f_0 konstanter Fahrwiderstandskoeffizient (Straße) (in N) gemäß folgender Gleichung:

$$f_0 = 0.140 \times TM;$$

f_1 Fahrwiderstandskoeffizient erster Ordnung (in N/(km/h)), der auf Null zu setzen ist;

f_2 Fahrwiderstandskoeffizient zweiter Ordnung (in N/(km/h))² gemäß folgender Gleichung:

$$f_2 = (2.8 \times 10^{-6} \times TM) + (0.0170 \times \text{width} \times \text{height});$$

v Fahrzeuggeschwindigkeit (in km/h);

TM Prüfmasse (in kg);

width Fahrzeugbreite gemäß Term Nr. 6.2 der Norm ISO 612:1978 (in m);

height Fahrzeughöhe gemäß Term Nr. 6.3 der Norm ISO 612:1978 (in m);

6. Windkanalmethode

Die Windkanalmethode ist eine Methode zur Messung des Fahrwiderstands (Straße) unter Verwendung einer Kombination eines Windkanals und Rollenprüfstands oder eines Windkanals und eines Prüfstands mit Flachriemen. Die Prüfstände können separate Vorrichtungen oder ineinander integriert sein.

6.1. Messmethode

6.1.1. Der Fahrwiderstand (Straße) wird bestimmt durch:

- Hinzufügen der in einem Windkanal und auf einem Prüfstand mit Flachriemen gemessenen Fahrwiderstandskräfte (Straße); oder
- Hinzufügen der in einem Windkanal und auf einem Rollenprüfstand gemessenen Fahrwiderstandskräfte (Straße).

- 6.1.2. Der Luftwiderstand ist im Windkanal zu messen.
- 6.1.3. Der Rollwiderstand und die Verluste durch den Antriebsstrang sind mit einem Flachriemen oder einem Rollenprüfstand gleichzeitig an Vorder- und Hinterachsen zu messen.
- 6.2. Genehmigung der Vorrichtungen durch die zuständige Behörde
- Die Ergebnisse der Windkanalmethode sind mit den Ergebnissen der Ausrollmethode zu vergleichen, um die Eignung der Vorrichtungen nachzuweisen, und sie sind zu dokumentieren.
- 6.2.1. Von der zuständigen Behörde sind drei Fahrzeuge auszuwählen. Die Fahrzeuge müssen die Bandbreite an Fahrzeugen (z. B. Größe, Gewicht) abdecken, die mit den jeweiligen Vorrichtungen gemessen werden sollen.
- 6.2.2. Zwei getrennte Ausrollprüfungen sind mit jedem der drei Fahrzeuge gemäß Absatz 4.3 dieses Anhangs durchzuführen, die sich ergebenden Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_0 , f_1 und f_2 sind gemäß dem genannten Absatz zu bestimmen und gemäß Absatz 4.5.5 dieses Anhangs zu korrigieren. Das Ergebnis der Ausrollprüfung eines Prüffahrzeugs muss der arithmetische Durchschnitt der Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) seiner beiden getrennten Ausrollprüfungen sein. Sind mehr als zwei Ausrollprüfungen zur Erfüllung der Genehmigungskriterien der Vorrichtungen notwendig, müssen die Mittelwerte aller gültigen Prüfungen gebildet werden.
- 6.2.3. Es sind Messungen mit der Windkanalmethode gemäß den Absätzen 6.3 und 6.7 einschließlich dieses Anhangs an den selben drei Fahrzeugen, die gemäß Absatz 6.2.1 dieses Anhangs ausgewählt wurden, und unter denselben Bedingungen durchzuführen, und die sich ergebenden Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_0 , f_1 und f_2 sind zu bestimmen.

Entscheidet sich der Hersteller, zwei oder mehrere der im Rahmen der Windkanalmethode möglichen alternativen Verfahren zu verwenden (d. h. Absatz 6.5.2.1 über die Vorkonditionierung, die Absätze 6.5.2.2 und 6.5.2.3 über das Verfahren einschließlich Absatz 6.5.2.3.3 über die Einstellung des Prüfstands), dann sind diese Verfahren auch für die Genehmigung der Vorrichtungen zu verwenden.

6.2.4. Genehmigungskriterien

Die verwendete Vorrichtung oder Kombination von Vorrichtungen ist zu genehmigen, wenn die beiden folgenden Kriterien erfüllt sind:

- a) Die als ϵ_k ausgedrückte Differenz in der Zyklusenergie zwischen der Windkanalmethode und der Ausrollmethode muss für jedes der drei Fahrzeuge k gemäß folgender Gleichung innerhalb von $\pm 0,05$ liegen:

$$\epsilon_k = \frac{E_{k,WTM}}{E_{k,coastdown}} - 1$$

dabei ist:

- | | |
|-------------------|---|
| ϵ_k | Differenz in der Zyklusenergie (in %) zwischen der Windkanalmethode und der Ausrollmethode über einen vollständigen WLTC-Zyklus der Klasse 3 für Fahrzeug k ; |
| $E_{k,WTM}$ | Zyklusenergie (in J) über einen vollständigen WLTC-Zyklus der Klasse 3 für Fahrzeug k , die mit dem Fahrwiderstand (Straße) berechnet wird, der sich aus der Windkanalmethode ergibt und gemäß Anhang B7 Absatz 5 berechnet wird; |
| $E_{k,coastdown}$ | Zyklusenergie (in J) über einen vollständigen WLTC-Zyklus der Klasse 3 für Fahrzeug k , die mit dem Fahrwiderstand (Straße) berechnet wird, der sich aus der Windkanalmethode ergibt und gemäß Anhang B7 Absatz 5 berechnet wird; und |

- b) der arithmetische Durchschnitt $\bar{X}$ der drei Differenzen muss innerhalb von 0,02 liegen.

$$\bar{X} = \left| \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3}{3} \right|$$

Die Genehmigung ist von der zuständigen Behörde zusammen mit den Messdaten und den betroffenen Anlagen zu dokumentieren.

Die Vorrichtung kann für längstens zwei Jahre nach der Erteilung der Genehmigung für die Bestimmung des Fahrwiderstands (Straße) verwendet werden.

Jede Kombination aus Rollenprüfstand oder Laufband und Windkanal ist einzeln zu genehmigen.

Jede Kombination von Windgeschwindigkeiten (siehe Absatz 6.4.3 dieses Anhangs), die für die Bestimmung von Fahrwiderstandswerten verwendet wird, ist separat zu validieren.

6.3. Vorbereitung des Fahrzeugs und Temperatur

Die Konditionierung und die Vorbereitung des Fahrzeugs sind gemäß den Absätzen 4.2.1 und 4.2.2 dieses Anhangs durchzuführen; dies gilt sowohl für Laufbandprüfstände oder Rollenprüfstände als auch für die Windkanalmessungen.

Wird das in Absatz 6.5.2.1 dieses Anhangs beschriebene alternative Aufwärmverfahren angewendet, so sind die Anpassung der Sollprüfmasse, die Wägung des Fahrzeugs und die Messung mit dem Fahrzeug ohne Fahrer durchzuführen.

Die Prü fzellen der Flachband- oder Rollenprüfstände müssen einen Temperatursollpunkt von 20 °C mit einer Toleranz von ± 3 °C haben. Auf Antrag des Herstellers kann der Sollpunkt auch 23 °C mit einer Toleranz von ± 3 °C betragen.

6.4. Windkanalverfahren

6.4.1. Windkanalkriterien

Die Auslegung des Windkanals, die Prüfmethode n und die Korrekturen müssen den Wert ($C_D \times A_f$) besitzen, repräsentativ für den Straßenwert ($C_D \times A_f$) sein und eine Wiederholbarkeit von $\pm 0,015 \text{ m}^2$ aufweisen.

Für alle Messungen ($C_D \times A_f$) sind die in Absatz 3.2 dieses Anhangs genannten Windkanalkriterien mit folgenden Änderungen einzuhalten:

- a) das in Absatz 3.2.4 dieses Anhangs beschriebene Blockierungsverhältnis muss weniger als 25 % betragen;
- b) die Riemen- oder Bandoberfläche, die Kontakt mit Reifen hat, muss die Länge der Kontaktfläche des jeweiligen Reifens um mindestens 20 % übersteigen und mindestens so breit sein wie die Kontaktfläche;
- c) die Standardabweichung des in Absatz 3.2.8 dieses Anhangs beschriebenen Gesamtluftdrucks am Düsenauslass muss weniger als 1 % betragen;
- d) das in Absatz 3.2.10 dieses Anhangs beschriebene Blockierungsverhältnis des Rückhaltesystems muss weniger als 3 % betragen;
- e) ergänzend zur Anforderung gemäß Absatz 3.2.11 dieses Anhangs darf beim Messen von Fahrzeugen der Klasse 1 die Präzision der gemessenen Kraft $\pm 2,0 \text{ N}$ nicht überschreiten.

6.4.2. Windkanalmessung

Das Fahrzeug muss sich in dem in Absatz 6.3 dieses Anhangs beschriebenen Zustand befinden.

Das Fahrzeug ist parallel zur Längsmittellinie des Kanals mit einer Abweichung von höchstens $\pm 10 \text{ mm}$ zu platzieren.

Das Fahrzeug ist mit einem Gierwinkel von 0 ° innerhalb einer Toleranz von $\pm 0,1$ ° zu platzieren.

Der Luftwiderstand ist für mindestens 60 Sekunden und mit einer Mindestfrequenz von 5 Hz zu messen. Wahlweise kann der Widerstand mit einer Frequenz von 1 Hz und mit mindestens 300 aufeinanderfolgenden Messungen gemessen werden. Das Ergebnis muss der arithmetische Durchschnitt des Widerstands sein.

Vor der Prüfung ist zu sicherzustellen, dass die gemessene aerodynamische Kraft bei einer Windgeschwindigkeit von 0 km/h zu einem Ergebnis „0 Newton“ führt.

Sind am Fahrzeug bewegliche aerodynamische Karosserieteile vorhanden, so gilt Absatz 4.2.1.5 dieses Anhangs. Können die beweglichen Teile durch die Geschwindigkeit beeinflusst werden, dann ist jede mögliche Position im Windkanal zu messen, und der zuständigen Behörde sind Nachweise über das Verhältnis zwischen Bezugsgeschwindigkeit, Position des beweglichen Teils und entsprechendem Wert ($C_D \times A_f$) vorzulegen.

6.4.3. Windgeschwindigkeiten für Windkanalmessungen

Die aerodynamische Kraft ist bei zwei Windgeschwindigkeiten unter folgenden Geschwindigkeitsbedingungen zu messen:

a) Fahrzeuge der Klasse 1

Die niedrigere Windgeschwindigkeit v_{low} zur Messung der aerodynamischen Kraft muss die Bedingung $v_{low} < 80$ km/h erfüllen.

Die höhere Windgeschwindigkeit v_{high} muss die Bedingung $(v_{low} + 40 \text{ km/h} \leq v_{high} \leq 150 \text{ km/h})$ erfüllen.

b) Fahrzeuge der Klassen 2 und 3

Die niedrigere Windgeschwindigkeit v_{low} zur Messung der aerodynamischen Kraft muss die Bedingung $80 \text{ km/h} \leq v_{low} \leq 100 \text{ km/h}$ erfüllen.

Die höhere Windgeschwindigkeit muss die Bedingung $(v_{low} + 40 \text{ km/h} \leq v_{high} \leq 150 \text{ km/h})$ erfüllen.

6.5. Flachriemen in der Windkanalmethode

6.5.1. Kriterien für den Flachriemen

6.5.1.1. Beschreibung des Prüfstands mit Flachriemen

Die Räder müssen auf Flachriemen rollen, die die Rolleigenschaften der Räder im Vergleich zum Fahren auf der Straße nicht verändern. Die in der x-Richtung gemessenen Kräfte müssen die Reibungskräfte im Antriebsstrang berücksichtigen.

6.5.1.2. Fahrzeugrückhaltesystem

Der Prüfstand muss mit einer Zentriereinrichtung ausgerüstet sein, mit der das Fahrzeug in eine Umdrehungsposition von $\pm 0,5$ Grad um die z-Achse gebracht wird. Das Rückhaltesystem muss die Position des zentrierten Antriebsrads während der Ausrollfahrten bei der Fahrwiderstandsbestimmung (Straße) durchgängig innerhalb der folgenden Werte halten:

6.5.1.2.1. Seitliche Position (y-Achse)

Das Fahrzeug muss in der y-Richtung bleiben und seitliche Bewegungen sind zu minimisieren.

6.5.1.2.2. Vordere und hintere Position (x-Achse)

Ergänzend zur Anforderung von Absatz 6.5.1.2.1 dieses Anhangs müssen sich beide Radachsen innerhalb von ± 10 mm der seitlichen Mittellinien des Riemens befinden.

6.5.1.2.3. Vertikale Kraft

Das Rückhaltesystem muss so ausgelegt sein, dass keine vertikale Kraft auf die Antriebsräder wirkt.

6.5.1.3. Genauigkeit der gemessenen Kräfte

Es ist nur die Reaktionskraft zur Drehung der Räder zu messen. Externe Kräfte dürfen nicht in das Ergebnis aufgenommen werden (z. B. Kraft des Kühlgebläses, der Fahrzeugrückhaltesysteme, aerodynamische Reaktionskräfte des Flachriemens, Verluste durch den Prüfstand)

Die Kraft in der x-Richtung ist mit einer Genauigkeit von $\pm 5 \text{ N}$ zu messen.

6.5.1.4. Geschwindigkeitsregelung des Flachriemens

Die Geschwindigkeit des Flachriemens ist mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1 \text{ km/h}$ zu regeln.

6.5.1.5. Oberfläche des Flachriemens

Die Oberfläche des Flachriemens muss sauber, trocken und frei von Fremdmaterial sein, um Reifenschlupf zu vermeiden.

6.5.1.6. Kühlung

Ein Luftstrom unterschiedlicher Geschwindigkeiten ist gegen das Fahrzeug zu leiten. Über Messgeschwindigkeiten von 5 km/h muss der Sollpunkt der linearen Luftgeschwindigkeit am Gebläseauslass der jeweiligen Prüfstandsgeschwindigkeit entsprechen. Die lineare Luftgeschwindigkeit am Gebläseauslass muss innerhalb von $\pm 5 \text{ km/h}$ oder $\pm 10 \%$ der jeweiligen Messgeschwindigkeit liegen, wobei der jeweils höhere Wert ausschlaggebend ist.

6.5.2. Messung des Flachriemens

Das Messverfahren kann entweder gemäß Absatz 6.5.2.2 oder Absatz 6.5.2.3 dieses Anhangs durchgeführt werden.

6.5.2.1. Vorkonditionierung

Das Fahrzeug ist auf dem Prüfstand gemäß den Absätzen 4.2.4.1.1 bis 4.2.4.1.3 einschließlich dieses Anhangs zu konditionieren.

Die Einstellung des Widerstands des Prüfstands F_d für die Vorkonditionierung muss folgende sein:

$$F_a = a_d + (b_d \times v) + (c_d \times v^2)$$

wobei im Fall der Anwendung von Absatz 6.7.2.1:

$$a_d = 0$$

$$b_d = f_{1a};$$

$$c_d = f_{2a};$$

oder, im Fall der Anwendung von Absatz 6.7.2.2:

$$a_d = 0$$

$$b_d = 0$$

$$c_d = (C_D \times A_f) \times \frac{\rho_0}{2} \times \frac{1}{3,6^2}$$

Die gleichwertige Schwungmasse des Prüfstands ist die Prüfmasse.

Der für die Einstellung des Widerstands verwendete Luftwiderstand ist gemäß Absatz 6.7.2 dieses Anhangs zu bestimmen und kann unmittelbar verwendet werden. Ansonsten sind a_d , b_d und c_d aus diesem Absatz zu verwenden.

Auf Antrag des Herstellers und alternativ zu Absatz 4.2.4.1.2 dieses Anhangs kann das Aufwärmen durch Fahren des Fahrzeugs mit dem Flachriemen erfolgen.

In diesem Fall muss die Aufwärmgeschwindigkeit 110% der Höchstgeschwindigkeit des anwendbaren WLTC-Zyklus betragen. Das Aufwärmen gilt als abgeschlossen, wenn das Fahrzeug mindestens $1,200 \text{ Sekunden}$ gefahren wurde und die Änderung der gemessenen Kraft während 200 Sekunden weniger als 5 N beträgt.

6.5.2.2. Messverfahren mit stabilisierten Geschwindigkeiten

6.5.2.2.1. Die Prüfung ist vom höchsten bis zum niedrigsten Geschwindigkeitsbezugspunkt durchzuführen.

- 6.5.2.2.2. Unmittelbar nach der Messung beim vorhergehenden Geschwindigkeitspunkt ist die Verzögerung vom derzeitigen zum folgenden anwendbaren Geschwindigkeitsbezugspunkt durch einen weichen Übergang von ungefähr 1 m/s^2 durchzuführen.
- 6.5.2.2.3. Die Bezugsgeschwindigkeit ist für mindestens 4 Sekunden und für höchstens 10 Sekunden zu stabilisieren. Die Messausrüstung muss gewährleisten, dass das Signal der gemessenen Kraft nach dieser Dauer stabilisiert ist.
- 6.5.2.2.4. Die Kraft ist bei jeder Bezugsgeschwindigkeit für mindestens 6 Sekunden zu messen, wobei die Fahrzeuggeschwindigkeit konstant bleiben muss. Die sich ergebende Kraft für diesen Geschwindigkeitsbezugspunkt $F_{j\text{Dyno}}$ muss der arithmetische Durchschnitt der Kraft während der Messung sein.
- 6.5.2.2.5. Die Schritte gemäß den Absätzen 6.5.2.2.2 bis einschließlich 6.5.2.2.4 dieses Anhangs sind für jede Bezugsgeschwindigkeit zu wiederholen.
- 6.5.2.3. Messverfahren bei Verzögerung
- 6.5.2.3.1. Vorkonditionierung und Prüfstandseinstellungen sind gemäß Absatz 6.5.2.1 dieses Anhangs durchzuführen. Vor jedem Ausrollen ist das Fahrzeug für mindestens 1 Minute mit der höchsten Bezugsgeschwindigkeit oder, falls das alternative Aufwärmverfahren angewendet wird, mit 110 % der höchsten Bezugsgeschwindigkeit zu fahren. Das Fahrzeug ist anschließend auf mindestens 10 km/h über die höchste Bezugsgeschwindigkeit hinaus zu beschleunigen und das Ausrollen muss unverzüglich beginnen.
- 6.5.2.3.2. Die Messung ist gemäß den Absätzen 4.3.1.3.1 bis einschließlich 4.3.1.4.4 dieses Anhangs vorzunehmen, jedoch unter Ausschluss von Absatz 4.3.1.4.2, wobei Δt_{ja} und Δt_{jb} durch Δt_j ersetzt werden. Die Messung ist nach zwei Verzögerungen zu stoppen, falls die Kraft beider Ausrollfahrten bei jedem Geschwindigkeitsbezugspunkt innerhalb von $\pm 10 \text{ N}$ liegt, ansonsten sind mindestens drei Ausrollfahrten gemäß den Kriterien von Absatz 4.3.1.4.2 dieses Anhangs durchzuführen.
- 6.5.2.3.3. Die Kraft $f_{j\text{Dyno}}$ bei jeder Bezugsgeschwindigkeit v_j ist durch Entfernen der Rollenprüfstand-Sollkraft zu berechnen:

$$f_{j\text{Dyno}} = f_{j\text{Decel}} - f_{dj}$$

dabei ist:

$f_{j\text{Decel}}$ beim Geschwindigkeitsbezugspunkt j gemäß der Gleichung zur Berechnung von F_j in Absatz 4.3.1.4.4 dieses Anhangs bestimmte Kraft (in N);

f_{dj} beim Geschwindigkeitsbezugspunkt j gemäß der Gleichung zur Berechnung von F_j in Absatz 6.5.2.1 dieses Anhangs bestimmte Kraft (in N).

Wahlweise kann c_d auf Antrag des Herstellers während des Ausrollens und zur Berechnung von $f_{j\text{Dyno}}$ auf Null gesetzt werden.

6.5.2.4. Messbedingungen

Das Fahrzeug muss sich in dem in Absatz 4.3.1.3.2 dieses Anhangs beschriebenen Zustand befinden.

6.5.3. Messergebnis bei Verwendung des Flachriemens

Das Ergebnis des Flachriemenprüfstands $f_{j\text{Dyno}}$ wird für die weiteren Berechnungen in Absatz 6.7 dieses Anhangs als f_j bezeichnet.

6.6. Rollenprüfstand in der Windkanalmethode

6.6.1. Kriterien

Zusätzlich zu den Beschreibungen in Anhang B5 Absätze 1 und 2 gelten auch die in den Absätzen 6.6.1.1 bis 6.6.1.6 enthaltenen Kriterien.

6.6.1.1. Beschreibung eines Rollenprüfstands

Die Vorder- und Hinterachse müssen mit einer Einzelrolle mit einem Durchmesser von mindestens 1,2 Metern ausgerüstet sein.

6.6.1.2. Fahrzeugrückhaltesystem

Der Prüfstand muss mit einer Zentriereinrichtung für das Fahrzeug ausgerüstet sein. Das Rückhaltesystem muss die Position des zentrierten Antriebsrads während der gesamten Ausrollfahrten der Fahrwiderstandsbestimmung (Straße) innerhalb der folgenden empfohlenen Grenzen halten:

6.6.1.2.1. Fahrzeugposition

Das zu prüfende Fahrzeug ist gemäß Absatz 7.3.3 dieses Anhangs auf der Rolle des Rollenprüfstands einzurichten.

6.6.1.2.2. Vertikale Kraft

Das Rückhaltesystem muss die Anforderungen von Absatz 6.5.1.2.3 dieses Anhangs erfüllen.

6.6.1.3. Genauigkeit der gemessenen Kräfte

Die Genauigkeit der gemessenen Kräfte muss den Anforderungen von Absatz 6.5.1.3 dieses Anhangs genügen, mit Ausnahme der Kraft in x-Richtung, die mit der in Anhang B5 Absatz 2.4.1 beschriebenen Genauigkeit zu messen ist.

6.6.1.4. Geschwindigkeitsregelung

Die Geschwindigkeiten der Rolle sind mit einer Genauigkeit von $\pm 0,2$ km/h zu regeln.

6.6.1.5. Oberfläche der Rolle

Die Rollenfläche muss sauber, trocken und frei von Fremdmaterial sein, um Reifenschlupf zu vermeiden.

6.6.1.6. Kühlung

Das Kühlgebläse muss den Anforderungen von Absatz 6.5.1.6 dieses Anhangs genügen.

6.6.2. Prüfstandsmessungen

Die Messung muss den Anforderungen von Absatz 6.5.2 dieses Anhangs genügen.

6.6.3. Korrektur der auf dem Rollenprüfstand gemessenen Kräfte in Bezug zu denjenigen auf ebener Fläche

Die auf dem Rollenprüfstand gemessenen Kräfte sind zu einem Bezugswert zu korrigieren, der der Straße (einer ebenen Fläche) entspricht; das Ergebnis wird als f_j bezeichnet.

$$f_j = f_{j\text{Dyno}} \times c_1 \times \sqrt{\frac{1}{\frac{R_{\text{Wheel}}}{R_{\text{Dyno}}} \times c_2 + 1}} + f_{j\text{Dyno}} \times (1 - c_1)$$

dabei ist:

c_1 Anteil am Reifenrollwiderstand von $f_{j\text{Dyno}}$;

c_2 für den Rollenprüfstand spezifischer Radiuskorrekturfaktor;

$f_{j\text{Dyno}}$ gemäß Absatz 6.5.2.3.3 dieses Anhangs für jede Bezugsgeschwindigkeit j berechnete Kraft (in N);

R_{Wheel} Hälfte des Nennreifendurchmessers (in m);

R_{Dyno} ist der Radius der Rolle des Prüfstands in m.

Auf der Grundlage des vom Hersteller vorgelegten Ergebnisses eines Korrelationstests hinsichtlich der Bandbreite an Reifenmerkmalen, die für die Prüfung auf dem Rollenprüfstand vorgesehen sind, müssen der Hersteller und die zuständige Behörde einvernehmlich über die Verwendung der Faktoren c_1 und c_2 entscheiden.

Wahlweise kann die folgende konservative Gleichung verwendet werden:

$$f_j = f_{j\text{Dyno}} \times \sqrt{\frac{1}{\frac{R_{\text{Wheel}}}{R_{\text{Dyno}}} \times 0.2 + 1}}$$

Für C2 ist in der Regel der Wert 0,2 zu verwenden; kommt jedoch die Methode zur Fahrwiderstandsdifferenz (siehe Absatz 6.8 dieses Anhangs) zur Anwendung und ist die nach Absatz 6.8.1 dieses Anhangs berechnete Fahrwiderstandsdifferenz negativ, ist für C2 der Wert 2,0 zu verwenden.

6.7. Berechnungen

6.7.1. Korrektur der Ergebnisse der Flachriemen- und Rollenprüfstände

Die gemäß den Absätzen 6.5 und 6.6 dieses Anhangs gemessenen Kräfte sind nach folgender Gleichung auf die Bezugsbedingungen hin zu korrigieren:

$$F_{Dj} = (f_j(1 - K_1)) \times (1 + K_0(T - 293))$$

dabei ist:

F_{Dj} korrigierter, auf dem Flachriemen- oder Rollenprüfstand bei der Bezugsgeschwindigkeit j gemessener Widerstand j (in N);

f_j bei Bezugsgeschwindigkeit j gemessene Kraft (in N);

K_0 Korrekturfaktor für den Rollwiderstand (in K^{-1}) gemäß der Definition in Absatz 4.5.2 dieses Anhangs;

K_1 Korrektur für die Prüfmasse (in N) gemäß der Definition in Absatz 4.5.4 dieses Anhangs;

T arithmetische Durchschnittstemperatur (in K) in der Prü fzelle während der Messung.

6.7.2. Berechnung der aerodynamischen Kraft

Die Berechnung in Absatz 6.7.2.1 ist unter Berücksichtigung der Ergebnisse beider Windgeschwindigkeiten anzuwenden. Beträgt jedoch die Differenz des Produkts aus Widerstandkoeffizient und Fahrzeugfront-Querschnittsfläche ($C_D \times A_f$), gemessen bei den Windgeschwindigkeiten v_{low} und v_{high} weniger als $0,015 \text{ m}^2$, kann auf Antrag des Herstellers die Berechnung gemäß Absatz 6.7.2.2 angewendet werden.

6.7.2.1. Die aerodynamische Kräfte bei den Windgeschwindigkeiten $F_{0\text{wind}}$, F_{low} , und F_{high} sind mit der nachstehenden Gleichung zu berechnen.

$$F_{Aw} = (C_D \times A_f)_w \times \frac{\rho_0}{2} \times \frac{v_w^2}{3.6^2}$$

dabei ist:

$(C_D \times A_f)$ Produkt aus Luftwiderstandskoeffizient und der Fahrzeugfront-Querschnittsfläche im Windkanal (in m^2) bei einem bestimmten Geschwindigkeitsbezugspunkt j , falls anwendbar;

ρ_0 Trockenluftdichte (in kg/m^3) gemäß der Definition in Absatz 3.2.10 dieser Regelung;

F_w aerodynamische Kraft (in N), berechnet bei Windgeschwindigkeit w ;

v_w anwendbare Windgeschwindigkeit (in km/h);

W Verweis auf die anwendbare Windgeschwindigkeit „0wind“, „low“ und „high“;

$F_{0\text{wind}}$ aerodynamische Kraft (in N) bei 0 km/h;

F_{low} aerodynamische Kraft (in N) bei v_{low} ;

F_{high} aerodynamische Kraft (in N) bei v_{high} .

Die Koeffizienten der aerodynamischen Kraft f_{1a} und f_{2a} sind mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate unter Verwendung von F_{0wind} , F_{low} , und F_{high} und der Gleichung unten zu berechnen:

$$F = f_{1a} \times v + f_{2a} \times v^2$$

Das Endergebnis für die aerodynamische Kraft F_{Aj} ist mit der Gleichung unten für jeden Bezugsgeschwindigkeitspunkt v_j zu berechnen. Ist das Fahrzeug mit beweglichen aerodynamischen Karosserieteilen ausgerüstet, die durch die Geschwindigkeit beeinflusst werden können, ist die zugehörige aerodynamische Kraft jeweils auf die betreffenden Geschwindigkeitsbezugspunkte anzuwenden.

$$F_{Aj} = f_{1a} \times v_j + f_{2a} \times v_j^2$$

- 6.7.2.2. Die aerodynamische Kraft ist nach der Gleichung unten zu berechnen, wobei der Endwert $(C_D \times A_f)$ der Windgeschwindigkeit zu verwenden ist, die auch für die Bestimmung von Zusatzausrüstung innerhalb der Interpolationsmethode verwendet wird. Ist das Fahrzeug mit beweglichen aerodynamischen Karosserieteilen ausgerüstet, die durch die Geschwindigkeit beeinflusst werden können, sind die zugehörigen Werte $(C_D \times A_f)$ jeweils auf die betreffenden Geschwindigkeitsbezugspunkte anzuwenden.

$$F_{Aj} = (C_D \times A_f)_j \times \frac{\rho_0}{2} \times \frac{v_j^2}{3.6^2}$$

dabei ist:

F_{Aj} aerodynamische Kraft (in N), berechnet bei Bezugsgeschwindigkeit j ;

$(C_D \times A_f)_j$ Produkt aus Luftwiderstandskoeffizient und der Fahrzeugfront-Querschnittsfläche im Windkanal (in m^2) bei einem bestimmten Geschwindigkeitsbezugspunkt j , falls anwendbar;

ρ_0 Trockenluftdichte (in kg/m^3) gemäß der Definition in Absatz 3.2.10 dieser Regelung;

v_j Bezugsgeschwindigkeit j (in km/h).

- 6.7.3. Berechnung von Fahrwiderstandswerten (Straße)

Der gesamte Fahrwiderstand (Straße) als Summe der Ergebnisse der Absätze 6.7.1 und 6.7.2 dieses Anhangs ist gemäß folgender Gleichung zu berechnen:

$$F_j^* = F_{Dj} + F_{Aj}$$

für alle anwendbaren Geschwindigkeitsbezugspunkte j (in N).

Für alle berechneten F_j^* sind die Koeffizienten f_0 , f_1 und f_2 in der Fahrwiderstandsgleichung (Straße) mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der Mindestquadrate zu berechnen und als Sollkoeffizienten in Absatz 8.1.1 dieses Anhangs zu verwenden.

Handelt es sich bei dem nach der Windkanalmethode geprüften Fahrzeug um das repräsentative Fahrzeug einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße), so ist der Koeffizient f_1 auf Null zu setzen, und die Koeffizienten f_0 und f_2 sind mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate neu zu berechnen.

- 6.8. Methode zur Ermittlung der Fahrwiderstandsdifferenz

Um bei der Anwendung der Interpolationsmethode Varianten mit einzubeziehen, die nicht in der Fahrwiderstandsinterpolation (d. h. Aerodynamik, Rollwiderstand und Masse) berücksichtigt sind, kann mithilfe der Methode zur Ermittlung der Fahrwiderstandsdifferenz eine Differenz der Fahrzeugreibung gemessen werden (z. B. Reibdifferenz zwischen Bremssystemen). Dazu sind folgende Schritte durchzuführen:

- a) Messen der Reibung des repräsentativen Fahrzeugs R;

- b) Messen der Reibung der Fahrzeugvariante (Fahrzeug N), die die Reibdifferenz verursacht;
- c) Die Differenz ist gemäß Absatz 6.8.1 dieses Anhangs zu berechnen.

Diese Messungen sind auf einem Flachriemen gemäß Absatz 6.5 dieses Anhangs oder auf einem Rollenprüfstand gemäß Absatz 6.6 dieses Anhangs durchzuführen, und die Korrektur der Ergebnisse (unter Ausschluss der aerodynamischen Kraft) muss gemäß Absatz 6.7.1 dieses Anhangs erfolgen.

Die Anwendung dieser Methode ist nur dann gestattet, wenn folgendes Kriterium erfüllt ist:

$$\left| \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_{Dj,R} - F_{Dj,N}) \right| \leq 25 \text{ N}$$

dabei ist:

$F_{Dj,R}$ korrigierter, auf dem Flachriemen- oder Rollenprüfstand gemessener Widerstand (in N) des Fahrzeugs R bei der Bezugsgeschwindigkeit j, berechnet gemäß Absatz 6.7.1 dieses Anhangs;

$F_{Dj,N}$ korrigierter, auf dem Flachriemen- oder Rollenprüfstand gemessener Widerstand (in N) des Fahrzeugs N bei Bezugsgeschwindigkeit j, berechnet gemäß Absatz 6.7.1 dieses Anhangs;

n Gesamtzahl der Geschwindigkeitspunkte.

Diese alternative Methode zur Bestimmung des Fahrwiderstands darf nur dann angewendet werden, wenn Fahrzeug R und N denselben Luftwiderstand aufweisen und wenn mit der gemessenen Differenz in geeigneter Weise der gesamte Einfluss auf den Energieverbrauch des Fahrzeugs erfasst wird. Diese Methode darf nicht angewendet werden, wenn die Gesamtgenauigkeit des absoluten Fahrwiderstands von Fahrzeug N in irgendeiner Weise beeinträchtigt ist.

6.8.1. Bestimmung der Differenz der Flachriemen- oder Rollenprüfstandskoeffizienten

Die Fahrwiderstandsdifferenz wird anhand folgender Gleichung berechnet:

$$F_{Dj,\Delta} = F_{Dj,N} - F_{Dj,R}$$

dabei ist:

$F_{Dj,\Delta}$ Fahrwiderstandsdifferenz (in N) bei Bezugsgeschwindigkeit j;

$F_{Dj,N}$ korrigierter, auf dem Flachriemen- oder Rollenprüfstand gemessener Widerstand (in N) des Fahrzeugs N bei Bezugsgeschwindigkeit j, berechnet gemäß Absatz 6.7.1 dieses Anhangs;

$F_{Dj,R}$ korrigierter, auf dem Flachriemen- oder Rollenprüfstand gemessener Widerstand (in N) des repräsentativen Fahrzeugs R bei Bezugsgeschwindigkeit j, berechnet gemäß Absatz 6.7.1 dieses Anhangs.

Für alle berechneten Werte $F_{Dj,\Delta}$ sind die Koeffizienten $f_{0,\Delta}$, $f_{1,\Delta}$ und $f_{2,\Delta}$ in der Fahrwiderstandsgleichung mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen.

6.8.2. Ermittlung des Gesamtfahrwiderstands

Wird die Interpolationsmethode (siehe Absatz 3.2.3.2 des Anhangs B 7) nicht angewendet, müssen die Koeffizienten des Fahrwiderstands für Fahrzeug N anhand folgender Gleichungen berechnet werden:

$$f_{0,N} = f_{0,R} - f_{0,\Delta}$$

$$f_{1,N} = f_{1,R} - f_{1,\Delta}$$

$$f_{2,N} = f_{2,R} - f_{2,\Delta}$$

dabei gilt:

N bezieht sich auf die Fahrwiderstandskoeffizienten von Fahrzeug N;

R bezieht sich auf die Fahrwiderstandskoeffizienten des repräsentativen Fahrzeugs R;

Delta bezieht sich auf die in Absatz 6.8.1 dieses Anhangs bestimmte Differenz der Fahrwiderstandskoeffizienten.

7. Übertragung des Fahrwiderstands (Straße) auf einen Rollenprüfstand

7.1. Vorbereitung der Prüfung auf dem Rollenprüfstand

7.1.0. Auswahl des Prüfstandbetriebs

Die Prüfung ist gemäß Anhang B6 Absatz 2.4.2.4 durchzuführen.

7.1.1. Laborbedingungen

7.1.1.1. Rolle(n)

Die Oberfläche der Rolle(n) des Prüfstands muss sauber, trocken und frei von Fremdmaterial sein, um Reifenschlupf zu vermeiden. Der Prüfstand ist in denselben Gängen zu betreiben wie in der folgenden Prüfung Typ 1. Die Geschwindigkeit des Rollenprüfstands ist an der Rolle zu messen, die mit der Einheit verbunden ist, die die Kraft aufnimmt.

7.1.1.1.1. Reifenschlupf

Es kann zusätzliches Gewicht am oder im Fahrzeug angebracht werden, um Reifenschlupf zu vermeiden. Die Einstellung des Widerstands am Rollenprüfstand ist vom Hersteller mit dem Zusatzgewicht durchzuführen. Das Zusatzgewicht ist sowohl bei der Einstellung des Fahrwiderstands als auch bei den Emissions- und Kraftstoffverbrauchsprüfungen zu verwenden. Die Verwendung eines zusätzlichen Gewichts ist zu dokumentieren.

7.1.1.2. Raumtemperatur

Die Umgebungstemperatur des Prüflabors muss bei dem festgelegten Wert von 23 °C liegen und darf davon während der Prüfung um nicht mehr als ± 5 °C abweichen, es sei denn, dies ist aufgrund einer darauf folgenden Prüfung erforderlich.

7.2. Vorbereitung eines Rollenprüfstands

7.2.1. Einstellung der Schwungmasse

Die gleichwertige Schwungmasse des Rollenprüfstands ist gemäß Absatz 2.5.3 dieses Anhangs einzustellen. Kann der Rollenprüfstand die Schwungmasseneinstellung nicht exakt einhalten, so ist die nächsthöhere Schwungmasseneinstellung mit einer maximalen Steigerung von 10 kg zu verwenden.

7.2.2. Aufwärmen des Rollenprüfstands

Der Rollenprüfstand ist gemäß den Empfehlungen des Herstellers des Rollenprüfstands oder in anderer geeigneter Weise aufzuwärmen, sodass sich die Reibungsverluste des Prüfstands stabilisieren.

7.3. Vorbereitung des Fahrzeugs

7.3.1. Reifendruckregelung

Der Reifendruck darf, wenn die Abstelltemperatur einer Prüfung Typ 1 erreicht ist, auf nicht mehr als 50 % über dem unteren Grenzwert des Reifendruckbereichs für den ausgewählten Reifen gemäß den Spezifikationen des Herstellers (siehe Absatz 4.2.2.3 dieses Anhangs) eingestellt werden, und er ist zu dokumentieren.

7.3.2. Können die in Absatz 8.1.3 dieses Anhangs beschriebenen Kriterien bei der Bestimmung der Einstellungen des Rollenprüfstands aufgrund nicht reproduzierbarer Kräfte nicht erfüllt werden, so ist das Fahrzeug mit einem Fahrzeug-Ausrollmodus auszurüsten. Der Fahrzeug-Ausrollmodus muss von der zuständigen Behörde genehmigt werden, und seine Verwendung ist in allen einschlägigen Prüfberichten festzuhalten.

Ist ein Fahrzeug mit einem Fahrzeug-Ausrollmodus ausgerüstet, so ist dieser sowohl während der Bestimmung des Fahrwiderstands als auch auf dem Rollenprüfstand zu aktivieren.

7.3.3. Einrichtung des Fahrzeugs auf dem Prüfstand

Das zu prüfende Fahrzeug ist in einer exakt nach vorne gerichteten Position auf dem Rollenprüfstand zu platzieren und dort zu sichern.

7.3.3.1. Wird ein Rollenprüfstand mit nur einer Rolle verwendet, ist das Fahrzeug gemäß den Anforderungen der Absätze 7.3.3.1.1 bis 7.3.3.1.3 zu positionieren und muss während des gesamten Verfahrens so positioniert bleiben.

7.3.3.1.1. Justierung für Rotation um die z-Achse

Das Fahrzeug ist so an der x-Achse auszurichten, dass die Rotation um die z-Achse minimiert wird.

7.3.3.1.2. Seitliche Position (y-Achse)

Das Fahrzeug muss in der y-Richtung bleiben und seitliche Bewegungen sind zu minimieren.

7.3.3.1.3. Vordere und hintere Position (x-Achse)

Bei allen rotierenden Rädern muss sich der Mittelpunkt der Reifenkontaktflächen auf der Rolle von oben gesehen innerhalb von ± 25 mm oder ± 2 % des Rollendurchmessers befinden, wobei der jeweils niedrigere Wert ausschlaggebend ist.

7.3.3.1.4. Das Prüffahrzeug muss mit einem System gemäß Anhang B5 Absatz 2.3.2 gesichert sein.

Wird das Verfahren mit Drehmomentmesser angewendet, so ist der Reifendruck so anzupassen, dass der dynamische Radius innerhalb von 0,5 % des dynamischen Radius r_j liegt, der gemäß den Gleichungen in Absatz 4.4.3.1 dieses Anhangs am Geschwindigkeitsbezugspunkt bei 80 km/h berechnet wird. Der dynamische Radius auf dem Rollenprüfstand ist gemäß dem Verfahren von Absatz 4.4.3.1 dieses Anhangs zu berechnen.

Liegt diese Anpassung außerhalb des in Absatz 7.3.1 dieses Anhangs definierten Bereichs, so ist das Verfahren mit Drehmomentmesser nicht anwendbar.

7.3.4. Aufwärmen des Fahrzeugs

7.3.4.1. Das Fahrzeug ist gemäß dem anwendbaren WLTC-Zyklus aufzuwärmen. Wurde das Fahrzeug während des in Absatz 4.2.4.1.2 dieses Anhangs beschriebenen Verfahrens mit 90 % der Höchstgeschwindigkeit der nächsthöheren Phase aufgewärmt, so ist diese höhere Phase dem anwendbaren WLTC-Zyklus hinzuzufügen.

Tabelle A4/7

Aufwärmen des Fahrzeugs

Fahrzeug-klasse	Anzuwendender WLTC	Weiter zu nächsthöherer Phase	Aufwärmzyklus
Klasse 1	Low ₁ + Medium ₁	k. A.	Low ₁ + Medium ₁
Klasse 2	Low ₂ + Medium ₂ + High ₂ + Extra High ₂	k. A.	Low ₂ + Medium ₂ + High ₂ + Extra High ₂
	Low ₂ + Medium ₂ + High ₂	Ja (Extra High ₂)	
		Nein	Low ₂ + Medium ₂ + High ₂
Klasse 3	Low ₃ + Medium ₃ + High ₃ + Extra High ₃	Low ₃ + Medium ₃ + High ₃ + Extra High ₃	Low ₃ + Medium ₃ + High ₃ + Extra High ₃
	Low ₃ + Medium ₃ + High ₃	Ja (Extra High ₃)	
		Nein	Low ₃ + Medium ₃ + High ₃

7.3.4.2. Ist das Fahrzeug bereits aufgewärmt, dann muss die WLTC-Phase gemäß Absatz 7.3.4.1 dieses Anhangs mit der höchsten Geschwindigkeit gefahren werden.

7.3.4.3. Alternatives Aufwärmverfahren

7.3.4.3.1. Auf Antrag des Fahrzeugherstellers und mit Genehmigung der zuständigen Behörde kann ein alternatives Aufwärmverfahren angewendet werden. Das genehmigte alternative Aufwärmverfahren kann für Fahrzeuge innerhalb derselben Fahrwiderstandsfamilie (Straße) angewendet werden, und es muss den in den Absätzen 7.3.4.3.2 bis einschließlich 7.3.4.3.5 dieses Anhangs enthaltenen Anforderungen genügen.

7.3.4.3.2. Es ist mindestens ein für die Fahrwiderstandsfamilie (Straße) repräsentatives Fahrzeug auszuwählen.

7.3.4.3.3. Der Zyklusenergiebedarf, der gemäß Anhang B7 Absatz 5 mit den korrigierten Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_{0a} , f_{1a} und f_{2a} für das alternative Aufwärmverfahren berechnet wurde, muss mindestens so hoch sein wie der Zyklusenergiebedarf, der mit den Sollfahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_0 , f_1 und f_2 für jede anwendbare Phase berechnet wurde.

Die korrigierten Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_{0a} , f_{1a} und f_{2a} sind gemäß folgender Gleichung zu berechnen:

$$f_{0a} = f_0 + A_{d_alt} - A_{d_WLTC}$$

$$f_{1a} = f_1 + B_{d_alt} - B_{d_WLTC}$$

$$f_{2a} = f_2 + C_{d_alt} - C_{d_WLTC}$$

dabei sind:

A_{d_alt} , B_{d_alt} und C_{d_alt} Koeffizienten der Einstellung des Rollenprüfstands nach dem alternativen Aufwärmverfahren;

A_{d_WLTC} , B_{d_WLTC} und C_{d_WLTC} Koeffizienten der Einstellung des Rollenprüfstands nach dem in Absatz 7.3.4.1 dieses Anhangs beschriebenen WLTC-Aufwärmverfahren und eine gültige Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands gemäß Absatz 8 dieses Anhangs.

7.3.4.3.4. Die korrigierten Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_{0a} , f_{1a} und f_{2a} dürfen nur für die Zwecke von Absatz 7.3.4.3.3 dieses Anhangs verwendet werden. Für andere Zwecke sind die Sollfahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_0 , f_1 und f_2 als Sollfahrwiderstandskoeffizienten (Straße) zu verwenden.

7.3.4.3.5. Einzelheiten zum Verfahren und seiner Gleichwertigkeit sind der zuständigen Behörde vorzulegen.

8. Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands

8.1. Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands bei Verwendung der Ausrollmethode

Diese Methode ist anwendbar, wenn die Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_0 , f_1 und f_2 bestimmt wurden.

Bei einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße) ist diese Methode anzuwenden, wenn der Fahrwiderstand (Straße) des repräsentativen Fahrzeugs mit der in Absatz 4.3 dieses Anhangs beschriebenen Ausrollmethode bestimmt wird. Die Werte des Sollfahrwiderstands (Straße) sind die nach der Methode gemäß Absatz 5.1 dieses Anhangs berechneten Werte.

8.1.1. Anfängliche Einstellung des Widerstands

Bei einem Rollenprüfstand mit Koeffizientensteuerung ist die Kraftaufnahmeeinheit mit den willkürlichen anfänglichen Koeffizienten A_d , B_d und C_d der folgenden Gleichung anzupassen:

$$F_d = A_d + B_d v + C_d v^2$$

dabei ist:

F_d eingestellter Widerstand des Rollenprüfstands (in N);

v Geschwindigkeit der Rolle des Rollenprüfstands (in km/h).

Die folgenden Koeffizienten werden für die anfängliche Einstellung des Widerstands empfohlen:

$$a) \quad A_d = 0.5 \times A_t, \quad B_d = 0.2 \times B_t, \quad C_d = C_t$$

für einachsige Rollenprüfstände, oder

$$A_d = 0.1 \times A_t, \quad B_d = 0.2 \times B_t, \quad C_d = C_t$$

für zweiachsige Rollenprüfstände, wobei A_t , B_t und C_t die Sollfahrwiderstandskoeffizienten (Straße) sind;

b) empirische Werte, beispielsweise solche, die für die Einstellung eines ähnlichen Fahrzeugtyps verwendet werden.

Bei einem Rollenprüfstand mit polygonaler Kontrolle sind in der Kraufaufnahmeeinheit des Rollenprüfstands geeignete Widerstandswerte bei jeder Bezugsgeschwindigkeit zu setzen.

8.1.2. Ausrollen

Die Ausrollprüfung auf dem Rollenprüfstand ist gemäß dem in Absatz 8.1.3.4.1 oder Absatz 8.1.3.4.2 dieses Anhangs genannten Verfahren durchzuführen und darf nicht später als 120 Sekunden nach Beendigung des Aufwärmverfahrens beginnen. Aufeinanderfolgende Ausrollfahrten müssen unmittelbar beginnen. Auf Antrag des Herstellers und mit Genehmigung der zuständigen Behörde kann die Zeit zwischen dem Aufwärmverfahren und dem Ausrollen unter Verwendung der iterativen Methode verlängert werden, um eine korrekte Fahrzeugeinstellung für das Ausrollen zu gewährleisten. Der Hersteller muss der zuständigen Behörde nachweisen, dass die Parameter für die Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands (z. B. Kühlmittel- und/oder Öltemperatur, Kraft auf einem Prüfstand) nicht beeinflusst werden.

8.1.3. Überprüfung

8.1.3.1. Der Wert des Sollfahrwiderstands (Straße) ist mit dem Sollfahrwiderstandskoeffizienten (Straße) A_t , B_t und C_t für jede Bezugsgeschwindigkeit v_j zu berechnen:

$$F_{ij} = A_t + B_t v_j + C_t v_j^2$$

dabei ist:

A_t , B_t und C_t Sollfahrwiderstandsparameter;

F_{ij} Sollfahrwiderstand (Straße) (in N) bei Bezugsgeschwindigkeit v_j ;

v_j j-te Bezugsgeschwindigkeit (in km/h).

8.1.3.2. Der gemessene Fahrwiderstand (Straße) wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$F_{mj} = \frac{1}{3.6} \times (TM + m_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t_j}$$

dabei ist:

Δv 5 km/h;

F_{mj} bei jeder Bezugsgeschwindigkeit v_j gemessener Fahrwiderstand (Straße) (in N);

TM Prüfmass des Fahrzeugs (in kg);

m_r gleichwertige effektive Masse der rotierenden Bauteile (in kg) gemäß Absatz 2.5.1 dieses Anhangs;

Δt_j Ausrollzeit (in s) entsprechend der Geschwindigkeit v_j .

- 8.1.3.3. Die Koeffizienten A_s , B_s und C_s in der Fahrwiderstandsgleichung des auf dem Rollenprüfstand simulierten Fahrwiderstands (Straße) sind mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen:

$$F_s = A_s + (B_s \times v) + (C_s \times v^2)$$

Der simulierte Fahrwiderstand (Straße) für jede Bezugsgeschwindigkeit v_j ist mit der folgenden Gleichung und unter Verwendung der berechneten Koeffizienten A_s , B_s und C_s zu bestimmen:

$$F_{sj} = A_s + (B_s \times v_j) + (C_s \times v_j^2)$$

- 8.1.3.4. Für die Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands können zwei unterschiedliche Methoden angewendet werden. Wird das Fahrzeug durch den Prüfstand beschleunigt, so sind die in Absatz 8.1.3.4.1 dieses Anhangs beschriebenen Methoden anzuwenden. Wird das Fahrzeug durch seinen eigenen Antrieb beschleunigt, so sind die in den Absätzen 8.1.3.4.1 oder 8.1.3.4.2 dieses Anhangs beschriebenen Methoden anzuwenden, und die Mindestbeschleunigung multipliziert mit der Geschwindigkeit muss $6 \text{ m}^2/\text{s}^3$ betragen. Fahrzeuge, die $6 \text{ m}^2/\text{s}^3$ nicht erreichen können, müssen mit voll betätigtem Beschleunigungsregler gefahren werden.

- 8.1.3.4.1. Prüffahrt mit festen Einstellwerten

- 8.1.3.4.1.1. Die Prüfstandssoftware führt insgesamt vier Ausrollfahrten durch. Ausgehend von der ersten Ausrollfahrt sind die Koeffizienten der Prüfstandseinstellung für die zweite Fahrt gemäß Absatz 8.1.4 dieses Anhangs zu berechnen. Nach dem ersten Ausrollen muss die Software drei zusätzliche Ausrollfahrten entweder mit den festgelegten Koeffizienten der Prüfstandseinstellung, die nach dem ersten Ausrollen bestimmt wurden, oder mit den gemäß Absatz 8.1.4 dieses Anhangs angepassten Koeffizienten der Prüfstandseinstellung durchführen.

- 8.1.3.4.1.2. Die endgültigen Koeffizienten A, B und C der Prüfstandseinstellung sind gemäß folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$A = A_t - \frac{\sum_{n=2}^4 (A_{sn} - A_{dn})}{3}$$

$$B = B_t - \frac{\sum_{n=2}^4 (B_{sn} - B_{dn})}{3}$$

$$C = C_t - \frac{\sum_{n=2}^4 (C_{sn} - C_{dn})}{3}$$

dabei sind:

A_t , B_t und C_t Sollfahrwiderstandsparameter;

A_{sn} , B_{sn} und C_{sn} simulierte Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) der n-ten Fahrt;

A_{dn} , B_{dn} und C_{dn} Koeffizienten der Prüfstandseinstellung der n-ten Fahrt;

n n Kennziffer der Ausrollfahrten einschließlich der ersten Stabilisierungsfahrt.

- 8.1.3.4.2. Iterative Methode

Die berechneten Kräfte in den jeweiligen Geschwindigkeitsbereichen müssen bei zwei aufeinanderfolgenden Ausrollfahrten nach einer Regressionsanalyse entsprechend der Methode der kleinsten Quadrate in Bezug auf die Kräfte entweder innerhalb von $\pm 10 \text{ N}$ der Sollwerte liegen, oder es müssen nach der gemäß Absatz 8.1.4 dieses Anhangs durchgeführten Anpassung der Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands zusätzliche Ausrollfahrten erfolgen.

- 8.1.4. Einstellung

Der eingestellte Widerstand des Rollenprüfstands ist gemäß folgenden Gleichungen anzupassen:

$$\begin{aligned}
 F_{dj}^* &= F_{dj} - F_j = F_{dj} - F_{sj} + F_{tj} \\
 &= (A_d + B_d v_j + C_d v_j^2) - (A_s + B_s v_j + C_s v_j^2) + (A_t + B_t v_j + C_t v_j^2) \\
 &= (A_d + A_t - A_s) + (B_d + B_t - B_s) v_j + (C_d + C_t - C_s) v_j^2
 \end{aligned}$$

Daraus folgt:

$$A_d^* = A_d + A_t - A_s$$

$$B_d^* = B_d + B_t - B_s$$

$$C_d^* = C_d + C_t - C_s$$

dabei ist:

F_{dj} anfänglich eingestellter Widerstand des Rollenprüfstands (in N);

F_{dj}^* angepasster Widerstand des Rollenprüfstands (in N);

F_j angepasster Fahrwiderstand ($F_{sj} - F_{tj}$) (in N);

F_{sj} bei der Bezugsgeschwindigkeit v_j simulierter Fahrwiderstand (Straße) (in N);

F_{tj} Sollfahrwiderstand (Straße) (in N) bei Bezugsgeschwindigkeit v_j ;

A_d^* , B_d^* und C_d^* neue Koeffizienten der Rollenprüfstandseinstellung.

8.1.5. A_t , B_t und C_t sind als Endwerte von f_0 , f_1 und f_2 für folgende Zwecke zu verwenden:

a) Bestimmung der Miniaturisierung, Anhang B1 Absatz 8

b) Bestimmung von Gangwechsellpunkten, Anhang B2

c) Interpolation von CO₂-Emissionen und Kraftstoffverbrauch, Anhang B7 Absatz 3.2.3

d) Berechnung der Ergebnisse für Elektrofahrzeuge und Hybridelektrofahrzeuge, Anhang B8 Absatz 4

8.2. Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands bei Verwendung der Drehmomentmessung

Diese Methode wird angewendet, wenn der Fahrwiderstand unter Verwendung der in Absatz 4.4 dieses Anhangs beschriebenen Drehmomentmessung bestimmt wird.

Bei einer Straßenfahrwiderstandsmatrix-Familie (Straße) ist diese Methode anzuwenden, wenn der Fahrwiderstand des repräsentativen Fahrzeugs mit der in Absatz 4.4 dieses Anhangs beschriebenen Drehmomentmessung bestimmt wird. Die Werte des Sollfahrwiderstands sind die nach der Methode gemäß Absatz 5.1 dieses Anhangs berechneten Werte.

8.2.1. Anfängliche Einstellung des Widerstands

Bei einem Rollenprüfstand mit Koeffizientensteuerung ist die Kraftaufnahmeeinheit mit den willkürlichen anfänglichen Koeffizienten A_d , B_d und C_d der folgenden Gleichung anzupassen:

$$F_d = A_d + B_d v + C_d v^2$$

dabei ist:

F_d eingestellter Widerstand des Rollenprüfstands (in N);

v Geschwindigkeit der Rolle des Rollenprüfstands (in km/h).

Die folgenden Koeffizienten werden für die anfängliche Einstellung des Widerstands empfohlen:

$$(a) A_d = 0.5 \times \frac{a_t}{r'}, B_d = 0.2 \times \frac{b_t}{r'}, C_d = \frac{c_t}{r'}$$

Für einachsige Rollenprüfstände oder

$$A_d = 0.1 \times \frac{a_t}{r'}, B_d = 0.2 \times \frac{b_t}{r'}, C_d = \frac{c_t}{r'}$$

Für zweiachsige Rollenprüfstände, wobei gilt:

a_t , b_t und c_t sind die Sollfahrwiderstandskoeffizienten, und

r' ist der bei 80 km/h erreichte dynamische Radius des Reifens auf dem Rollenprüfstand (in m), oder

- b) empirische Werte, beispielsweise solche, die für die Einstellung eines ähnlichen Fahrzeugtyps verwendet werden

Bei einem Rollenprüfstand mit polygonaler Kontrolle sind in der Kraftaufnahmeeinheit des Rollenprüfstands geeignete Widerstandswerte bei jeder Bezugsgeschwindigkeit zu setzen.

8.2.2. Raddrehmomentsmessung

Die Drehmomentmessungsprüfung auf dem Rollenprüfstand ist gemäß dem in Absatz 4.4.2 dieses Anhangs beschriebenen Verfahren durchzuführen. Die Drehmomentmesser müssen mit den in der vorangehenden Straßenprüfung verwendeten identisch sein.

8.2.3. Überprüfung

- 8.2.3.1. Die Sollfahrwiderstands(Drehmoment)kurve ist mit der Gleichung in Absatz 4.5.5.2.1 dieses Anhangs zu bestimmen und kann folgendermaßen geschrieben werden:

$$C_t^* = a_t + b_t \times v_j + c_t \times v_j^2$$

- 8.2.3.2. Die simulierte Fahrwiderstands(Drehmoment)kurve ist gemäß der beschriebenen Methode und der in Absatz 4.4.3.2 dieses Anhangs angegebenen Messgenauigkeit, und gemäß der in Absatz 4.4.4 dieses Anhangs beschriebenen Bestimmung der Fahrwiderstands(Drehmoment)kurve sowie den anwendbaren Korrekturen gemäß Absatz 4.5 dieses Anhangs zu berechnen, ohne jedoch in entgegengesetzten Richtungen zu messen; daraus ergibt sich die folgende simulierte Fahrwiderstandskurve:

$$C_s^* = C_{0s} + C_{1s} \times v_j + C_{2s} \times v_j^2$$

Der simulierte Fahrwiderstand (Drehmoment) muss innerhalb einer Toleranz von $\pm 10 \text{ N} \times r'$ des Sollfahrwiderstands bei jedem Geschwindigkeitsbezugspunkt liegen, wobei r' der dynamische, bei 80 km/h erreichte Radius des Reifens auf dem Rollenprüfstand in Metern ist.

Erfüllt die Toleranz bei einer beliebigen Bezugsgeschwindigkeit nicht das Kriterium der in diesem Absatz - beschriebenen Methode, so ist das in Absatz 8.2.3.3 dieses Anhangs genannte Verfahren zur Anpassung der Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands anzuwenden.

8.2.3.3. Einstellung

Die Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands wird mit folgender Gleichung vorgenommen:

$$F_{dj}^* = F_{dj} - \frac{F_{ej}}{r'} = F_{dj} - \frac{F_{sj}}{r'} + \frac{F_{tj}}{r'}$$

$$= (A_d + B_d v_j + C_d v_j^2) - \frac{(a_s + b_s v_j + c_s v_j^2)}{r'} + \frac{(a_t + b_t v_j + c_t v_j^2)}{r'}$$

$$= \left\{ A_d + \frac{(a_t - a_s)}{r'} \right\} + \left\{ B_d + \frac{(b_t - b_s)}{r'} \right\} v_j + \left\{ C_d + \frac{(c_t - c_s)}{r'} \right\} v_j^2$$

Daraus folgt:

$$A_d^* = A_d + \frac{a_t - a_s}{r'}$$

$$B_d^* = B_d + \frac{b_t - b_s}{r'}$$

$$C_d^* = C_d + \frac{c_t - c_s}{r'}$$

dabei ist:

F_{dj}^* neu eingestellter Widerstand des Rollenprüfstands (in N);

F_{ej} angepasster Fahrwiderstand ($F_{sj} - F_{tj}$) (in Nm);

F_{sj} der bei der Bezugsgeschwindigkeit v_j simulierte Fahrwiderstand (in Nm);

F_{tj} Sollfahrwiderstand (Straße) (in Nm) bei Bezugsgeschwindigkeit v_j ;

A_d^* , B_d^* und C_d^* neue Koeffizienten der Rollenprüfstandseinstellung;

r' bei 80 km/h erreichte dynamischer Radius (in m) des Reifens auf dem Rollenprüfstand.

Die Absätze 8.2.2 und 8.2.3 dieses Anhangs sind so lange zu wiederholen, bis die Toleranz laut Absatz 8.2.3.2 dieses Anhangs erreicht ist.

8.2.3.4. Die Masse der Antriebsachse(n), die Reifenspezifikationen und die Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands sind zu dokumentieren, wenn die Anforderung von Absatz 8.2.3.2 dieses Anhangs erfüllt ist.

8.2.4. Umwandlung der Fahrwiderstandskoeffizienten in Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) f_0 , f_1 , f_2

8.2.4.1. Erfolgt das Ausrollen des Fahrzeugs in einer nicht wiederholbaren Weise, und ist ein Fahrzeug-Ausrollmodus gemäß Absatz 4.2.1.8.5 dieses Unteranhangs nicht durchführbar, so sind die Koeffizienten f_0 , f_1 und f_2 in der Fahrwiderstandsgleichung (Straße) gemäß den Gleichungen in Absatz 8.2.4.1.1 dieses Anhangs zu berechnen. In jedem anderen Fall ist das Verfahren gemäß den Absätzen 8.2.4.2 bis 8.2.4.4 einschließlich dieses Anhangs durchzuführen.

8.2.4.1.1. $f_0 = \frac{c_0}{r} \times 1.02$

$$f_1 = \frac{C_1}{r} \times 1.02$$

$$f_2 = \frac{C_2}{r} \times 1.02$$

dabei ist/sind:

c_0, c_1, c_2 Fahrwiderstandskoeffizienten gemäß Absatz 4.4.4 dieses Anhangs (in Nm, Nm/(km/h), Nm/(km/h)²);

r dynamischer Reifenradius (in m) des Fahrzeugs, mit dem der Fahrwiderstand bestimmt wurde;

1,02 approximativer Koeffizient zum Ausgleich von Verlusten im Antriebsstrang.

8.2.4.1.2. Die ermittelten Werte f_0, f_1, f_2 dürfen nicht für eine Rollenprüfstandseinstellung oder für Emissions- oder Reichweitenprüfungen verwendet werden. Sie sind nur in den folgenden Fällen zu verwenden:

a) Bestimmung der Miniaturisierung, Anhang B1 Absatz 8

b) Bestimmung von Gangwechsellpunkten, Anhang B2

c) Interpolation von CO₂-Emissionen und Kraftstoffverbrauch, Anhang B7 Absatz 3.2.3

d) Berechnung der Ergebnisse für Elektrofahrzeuge und Hybridelektrofahrzeuge, Anhang B8 Absatz 4

8.2.4.2. Wenn der Rollenprüfstand innerhalb der angegebenen Toleranzen eingestellt worden ist, ist ein Ausrollverfahren auf dem Rollenprüfstand gemäß Absatz 4.3.1.3 dieses Anhangs durchzuführen. Die Ausrollzeiten sind zu dokumentieren.

8.2.4.3. Der Fahrwiderstand (Straße) F_j (in N) bei der Bezugsgeschwindigkeit v_j ist gemäß folgender Gleichung zu bestimmen:

$$F_j = \frac{1}{3.6} \times (TM + m_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t_j}$$

dabei ist:

F_j Fahrwiderstand (Straße) (in N) bei Bezugsgeschwindigkeit v_j ;

TM Prüfmasse des Fahrzeugs (in kg);

m_r gleichwertige effektive Masse der rotierenden Bauteile (in kg) gemäß Absatz 2.5.1 dieses Anhangs;

Δv 5 km/h

Δt_j Ausrollzeit (in s) entsprechend der Geschwindigkeit v_j .

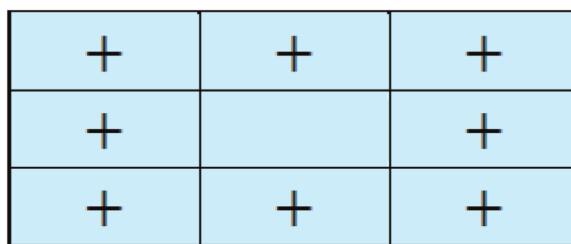
8.2.4.4. Die Koeffizienten f_0, f_1 und f_2 in der Fahrwiderstandsgleichung (Straße) sind mit einer Regressionsanalyse nach der Methode der Mindestquadrate über den ganzen Bezugsgeschwindigkeitsbereich zu berechnen.

ANHANG B5

Prüfausrüstung und Kalibrierungen

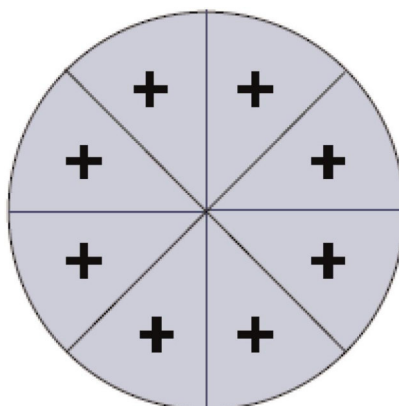
1. Spezifikationen und Einstellungen des Prüfstands
- 1.1. Spezifikationen des Kühlgebläses
- 1.1.1. Ein Luftstrom unterschiedlicher Geschwindigkeiten ist gegen das Fahrzeug zu leiten. Über Rollengeschwindigkeiten von 5 km/h muss der Sollpunkt der linearen Luftgeschwindigkeit am Gebläseauslass der jeweiligen Rollengeschwindigkeit entsprechen. Die lineare Luftgeschwindigkeit am Gebläseauslass muss innerhalb von ± 5 km/h oder ± 10 % der jeweiligen Rollengeschwindigkeit liegen, wobei der jeweils höhere Wert ausschlaggebend ist.
- 1.1.2. Die oben genannte Luftgeschwindigkeit ist als gemittelter Wert einer Reihe von Messpunkten zu bestimmen, die:
 - a) sich, bei Gebläsen mit rechteckigen Auslässen, im Mittelpunkt jedes der Rechtecke befinden, mit denen der gesamte Gebläseauslass in 9 Bereiche aufgeteilt wird (sowohl die horizontalen als auch vertikalen Seiten des Gebläseauslasses sind in 3 gleiche Teile unterteilt). Der Bereich im Mittelpunkt ist nicht zu messen (siehe Abbildung A5/1).

Abbildung A5/1

Gebläse mit rechteckigem Auslass

- b) Bei Gebläsen mit kreisförmigen Auslässen ist der Auslass durch vertikale, horizontale und 45 °-Geraden in 8 gleiche Bereiche zu unterteilen. Die Messpunkte befinden sich auf der radialen Mittellinie jedes Bereichs (22,5°) in einer Entfernung von zwei Drittel des Auslassradius (wie in Abbildung A5/2 gezeigt).

Abbildung A5/2

Gebläse mit kreisförmigem Auslass

Bei diesen Messungen darf sich weder ein Fahrzeug noch eine sonstige Verdeckung vor dem Gebläse befinden. Das Gerät zur Messung der linearen Luftaustrittsgeschwindigkeit muss sich in einer Entfernung von 0 bis 20 cm von der Auslassöffnung befinden.

1.1.3. Der Auslass muss folgende Merkmale aufweisen:

- a) Querschnitt von mindestens $0,3 \text{ m}^2$, und
- b) Breite/Durchmesser von mindestens 0,8 m

1.1.4. Die Lage des Gebläses muss folgende sein:

- a) Höhe der Unterkante über dem Boden: ungefähr 20 cm
- b) Abstand zur Vorderseite des Fahrzeugs: ungefähr 30 cm
- c) Etwa an der Längsmittellinie des Fahrzeugs

1.1.5. Auf Antrag des Herstellers und bei entsprechender Billigung durch die zuständigen Behörde können Änderungen an der Höhe des Kühlventilators, an seiner seitlichen Lage und an seinem Abstand vom Fahrzeug vorgenommen werden.

Sollte die angegebene Ventilatorconfiguration für bestimmte Fahrzeugausführungen unzureichend sein, wie etwa bei Fahrzeugen mit Heckmotor oder seitlichen Ansaugstutzen, oder wenn für einen internen Betrieb keine ausreichende Kühlung gegeben ist, können auf Antrag des Herstellers und bei entsprechender Billigung durch die zuständige Behörde Änderungen an der Höhe und an der Leistung des Kühlventilators sowie an seiner Position in Längsrichtung und seiner seitlichen Lage vorgenommen werden; zudem können zusätzliche Ventilatoren mit abweichenden Leistungsdaten (darunter solche mit konstanter Drehzahl) eingesetzt werden.

1.1.6. In den in Absatz 1.1.5 dieses Anhangs beschriebenen Fällen müssen Lage und Leistung des Kühlventilators/der Kühlventilatoren sowie die Einzelheiten der Begründung dokumentiert werden, die der zuständigen Behörde vorgelegt wurde. Für nachfolgende Prüfungen sind unter Berücksichtigung der Begründung eine ähnliche Lage und vergleichbare Leistungsdaten zu verwenden, um Kühlmerkmale auszuschließen, die als nicht repräsentativ gelten.

2. Rollenprüfstand

2.1. Allgemeine Anforderungen

2.1.1. Der Rollenprüfstand muss dazu geeignet sein, den Fahrwiderstand auf der Straße mit drei Fahrwiderstandskoeffizienten (Straße) zu simulieren; die Koeffizienten müssen an die Widerstandskurve angepasst werden können.

2.1.2. Der Rollenprüfstand kann über eine oder zwei Rollen verfügen. Werden Rollenprüfstände mit zwei Rollen verwendet, so müssen die Rollen dauerhaft gekuppelt sein oder die vordere Rolle muss direkt oder indirekt vorhandene Schwungmassen und die Kraftaufnahmeeinheit antreiben.

2.2. Besondere Anforderungen

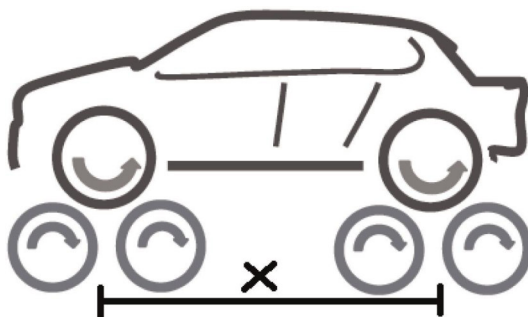
Die folgenden besonderen Anforderungen beziehen sich auf die Spezifikationen des Herstellers des Rollenprüfstands.

2.2.1. Die Rundlaufabweichung der Rolle muss an allen gemessenen Stellen weniger als 0,25 mm betragen.

2.2.2. Der Rollendurchmesser muss an allen Messstellen innerhalb von $\pm 1,0 \text{ mm}$ des spezifizierten Nennwertes liegen.

2.2.3. Der Prüfstand muss über ein Zeitmesssystem zur Bestimmung der Beschleunigung und zur Messung der Fahrzeug-/Prüfstand-Ausrollzeiten verfügen. Das Zeitmesssystem darf eine Genauigkeit von $\pm 0,001 \%$ nach mindestens 1,000 Sekunden Betrieb nicht überschreiten. Dies ist bei der Erstinstallation zu überprüfen.

- 2.2.4. Der Prüfstand muss über ein Geschwindigkeitsmesssystem mit einer Genauigkeit von mindestens $\pm 0,080$ km/h verfügen. Dies ist bei der Erstinstallation zu überprüfen.
- 2.2.5. Der Prüfstand muss eine Ansprechzeit (90 %-Reaktion auf einen Zugkraft-Stufenwechsel) von weniger als 100 ms aufweisen, wobei Spontanbeschleunigungen mindestens 3 m/s^2 betragen müssen. Dies ist bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten zu überprüfen.
- 2.2.6. Die grundlegende Trägheit des Prüfstands ist vom Hersteller des Prüfstands anzugeben und muss innerhalb von 0,5 % oder 7,5 kg für jede gemessene Basisträgheit liegen, je nachdem, welcher Wert größer ist, und $\pm 0,2$ % relativ zu jedem arithmetischen Durchschnittswert, der durch dynamische Ableitung bei Versuchen bei konstanter Beschleunigung, Verzögerung und Kraft ermittelt wird.
- 2.2.7. Die Rollengeschwindigkeit ist mit einer Frequenz von mindestens 10 Hz zu messen.
- 2.3. Zusätzliche besondere Anforderungen an einen Rollenprüfstand im 4WD-Betrieb
- 2.3.1. Für Prüfungen im 4WD-Betrieb ist der Rollenprüfstand mit nur einer Rolle zu konfigurieren, es sei denn, die in Absatz 2.3.1.3 genannten Bedingungen sind erfüllt. Die Steuerung des Vierradantriebs muss so ausgelegt sein, dass die folgenden Anforderungen erfüllt sind, wenn ein Fahrzeug über den WLTC-Zyklus geprüft wird
- 2.3.1.1. Die Simulation des Fahrwiderstands auf der Straße ist so durchzuführen, dass der Prüfstand im 4WD-Betrieb die gleiche proportionale Verteilung der Kräfte reproduziert wie auf einer glatten, trockenen und ebenen Straßenoberfläche.
- 2.3.1.2. Bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten müssen die Anforderungen von Absatz 2.3.1.2.1 dieses Anhangs und entweder von Absatz 2.3.1.2.2 oder 2.3.1.2.3 dieses Anhangs erfüllt sein. Die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen der vorderen und der hinteren Rolle ist durch die Anwendung eines 1-Sekunden-Mittelungsfilters auf die mit einer Mindestfrequenz von 20 Hz erhaltenen Geschwindigkeitsdaten der Rolle zu bewerten.
- 2.3.1.2.1. Die Differenz der zurückgelegten Strecken zwischen der vorderen und der hinteren Rolle muss weniger als 0,2 % der über den WLTC-Zyklus gefahrenen Strecke betragen. Die absolute Zahl ist in die Berechnung der Gesamtstreckendifferenz über den WLTC zu integrieren.
- 2.3.1.2.2. Die Differenz der zurückgelegten Strecken zwischen der vorderen und der hinteren Rolle muss weniger als 0,1 m in jedem einzelnen 200 ms-Zeitabschnitt betragen.
- 2.3.1.2.3. Die Geschwindigkeitsdifferenz aller Rollen muss innerhalb von $\pm 0,16$ km/h liegen.
- 2.3.1.3. Die Verwendung von Rollenprüfständen mit zwei Rollen und 4WD-Konfiguration sollte akzeptiert werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:
- a) Der Trennabstand zwischen den vorderen und hinteren Rollen des Prüfstands mit zwei Rollen (X im folgenden Diagramm) muss so gering wie möglich sein, um den vom Hersteller angegebenen Radstand des zu prüfenden Fahrzeugs einzuhalten.
- b) Es ist sicherzustellen, dass die Einstellung des Trennabstands zwischen den Rollen des Prüfstands, die für die Einstellung des Widerstands des Prüfstands verwendet wird, auch bei der Prüfung des Fahrzeugs verwendet wird.



2.3.2. Fahrzeugrückhaltesystem für Rollenprüfstände mit nur einer Rolle

2.3.2.1. Vertikale Kraft

Ergänzend zu den Anforderungen gemäß Anhang B4 Absatz 7.3.3.1.3 ist das Rückhaltesystem so zu konstruieren, dass die vertikale Kraft auf das Fahrzeug minimiert wird und während der Einstellung des Widerstands des Rollenprüfstands und während aller Prüfungen konstant bleibt. Diese Kriterien sind erfüllt, wenn entweder das Rückhaltesystem so konstruiert ist, dass es keine andere vertikale Kraft ausüben kann oder zwischen der zuständigen Behörde und dem Hersteller ein Verfahren vereinbart wird, mit dem die Erfüllung dieser Anforderung nachgewiesen wird.

2.3.2.2. Rückhaltesteifigkeit

Das Rückhaltesystem muss eine hinreichende Steifigkeit aufweisen, um Bewegungen und Rotationen zu minimieren. Bewegungen entlang der z-Achse und Rotationen über die y-Achse sind nur in einem Ausmaß zulässig, bei dem es zu keinen nicht zu vernachlässigenden Auswirkungen auf die Prüfergebnisse kommt, und bei denen die Anforderungen gemäß Absatz 2.3.2.1 dieses Anhangs erfüllt werden.

2.4. Kalibrierung des Rollenprüfstands

2.4.1. Kraftmesssystem

Die Genauigkeit der Kraftmesseinheit muss bei allen Messschritten mindestens ± 10 N betragen. Dies ist bei der Erstinstallation, nach umfangreichen Wartungstätigkeiten und innerhalb von 370 Tagen vor einer Prüfung zu überprüfen.

2.4.2. Verluste bei der Kalibrierung des Rollenprüfstands

Die Verluste des Rollenprüfstands sind zu messen und zu aktualisieren, falls ein Messwert um mehr als 9,0 N von der aktuellen Verlustkurve abweicht. Dies ist bei der Erstinstallation, nach umfangreichen Wartungstätigkeiten und innerhalb von 35 Tagen vor einer Prüfung zu überprüfen.

2.4.3. Überprüfung der Simulation des Fahrwiderstands auf der Straße ohne Fahrzeug

Die Leistung des Rollenprüfstands ist bei der Erstinstallation, nach umfangreichen Wartungstätigkeiten und innerhalb von 7 Tagen vor einer Prüfung durch Ausrollen in unbeladenem Zustand zu überprüfen. Der Fehlerfaktor des arithmetischen Durchschnitts der Ausrollkraft muss bei jedem Geschwindigkeitsbezugspunkt weniger als 10 N oder 2 % betragen, je nachdem, welcher Wert höher ist.

3. Abgasverdünnungssystem

3.1. Spezifikation des Systems

3.1.1. Überblick

- 3.1.1.1. Es ist ein Vollstrom-Abgasverdünnungssystem zu verwenden. Die gesamten Fahrzeugabgase sind unter kontrollierten Bedingungen und unter Verwendung einer Probenahmeeinrichtung mit konstantem Volumen kontinuierlich mit Umgebungsluft zu verdünnen. Es dürfen ein kritisch durchströmtes Venturi-Rohr oder mehrere parallel angeordnete kritisch durchströmte Venturi-Rohre, eine Verdrängerpumpe, ein subsonisches Venturi-Rohr oder ein Ultraschalldurchsatzmesser verwendet werden. Das Gesamtvolumen des Gemisches aus Abgas und Verdünnungsluft ist zu messen und eine kontinuierlich proportionale Probe des Volumens ist für die Analyse zu entnehmen. Die Mengen an Abgasverbindungen sind anhand der Probenkonzentrationen zu bestimmen und um ihren jeweiligen Anteil an Verdünnungsluft und um den gesamten Durchsatz über den Prüfzeitraum zu korrigieren.
- 3.1.1.2. Das Abgasverdünnungssystem besteht aus einem Verbindungsrohr, einer Mischvorrichtung, einem Verdünnungstunnel, einer Vorrichtung zur Verdünnungsluftkonditionierung, einer Ansaugvorrichtung und einem Durchflussmesser. Probenahmesonden sind im Verdünnungstunnel gemäß den Absätzen 4.1, 4.2 und 4.3 dieses Anhangs anzubringen.
- 3.1.1.3. Die Mischvorrichtung nach Absatz 3.1.1.2 dieses Anhangs muss ein Behälter gemäß der Abbildung A5/3 sein, in dem die Fahrzeugabgase und die Verdünnungsluft so kombiniert werden, dass an der Entnahmestelle ein homogenes Gemisch entsteht.
- 3.2. Allgemeine Anforderungen
- 3.2.1. Die Fahrzeugabgase sind mit einer ausreichenden Menge an Umgebungsluft zu verdünnen, um jegliche Wasserkondensation im Probenahme- und Messsystem bei allen während der Prüfung auftretenden Bedingungen zu verhindern.
- 3.2.2. Das Luft-Abgas-Gemisch muss an der Probenahmesonde homogen sein (siehe Absatz 3.3.3 dieser Anlage). Mit den Probenahmesonden sind repräsentative Proben des verdünnten Abgases zu entnehmen.
- 3.2.3. Mit diesem System muss das Gesamtvolumen der verdünnten Abgase gemessen werden können.
- 3.2.4. Das Probenahmesystem muss gasdicht sein. Die Auslegung des Probenahmesystems für variable Verdünnung und die für seine Bauteile verwendeten Werkstoffe müssen derart sein, dass die Konzentration einer jeglichen Verbindung in den verdünnten Abgasen nicht beeinflusst wird. Wird durch ein Teil des Systems (Wärmetauscher, Zyklonabscheider, Ansaugvorrichtung usw.) die Konzentration einer beliebigen Abgasverbindung verändert und kann der Fehler nicht behoben werden, dann muss die Probe dieser Verbindung vor diesem Teil entnommen werden.
- 3.2.5. Alle Teile des Verdünnungssystems, die mit dem unverdünnten oder verdünnten Abgas in Kontakt kommen, müssen so ausgelegt sein, dass Ablagerungen oder Änderungen der Partikel minimiert werden. Alle Teile müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die mit den Bestandteilen der Abgase nicht reagieren, und zur Vermeidung elektrostatischer Effekte geerdet sein.
- 3.2.6. Hat das zu prüfende Fahrzeug eine Auspuffanlage mit mehreren Endrohren, dann sind diese Rohre möglichst nah am Fahrzeug miteinander zu verbinden, ohne dass sein Betriebsverhalten beeinträchtigt wird.
- 3.3. Besondere Anforderungen
- 3.3.1. Verbindung zum Fahrzeugauspuff

- 3.3.1.1. Der Anfang vom Verbindungsrohr ist die Auslassöffnung des Auspuffs. Das Ende des Verbindungsrohrs ist die Probenahmestelle oder die erste Stelle der Verdünnung.

Bei Mehrfachauspuffkonfigurationen, in denen alle Auspuffendrohre kombiniert sind, ist der Anfang des Verbindungsrohrs an der Stelle, an der alle Auspuffendrohre miteinander verbunden sind. In diesem Fall ist es zulässig, das Rohr zwischen der Auslassöffnung des Auspuffs und dem Anfang des Verbindungsrohrs zu isolieren oder zu erhitzen.

- 3.3.1.2. Das Verbindungsrohr zwischen dem Fahrzeug und dem Verdünnungssystem muss so ausgelegt sein, dass Wärmeverluste minimiert werden.

- 3.3.1.3. Das Verbindungsrohr muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- a) Länge weniger als 3,6 m; bei vorhandener Hitzedämmung weniger als 6,1 m. Innendurchmesser darf 105 mm nicht überschreiten; Die Isoliermaterialien müssen eine Stärke von mindestens 25 mm haben, und die thermische Leitfähigkeit darf $0,1 \text{ W/m}^{-1}\text{K}^{-1}$ bei 400 °C nicht überschreiten. Es ist zulässig, das Rohr auf eine Temperatur über dem Taupunkt zu erhitzen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn eine Temperatur von 70 °C erreicht ist.
- b) Das Verbindungsrohr darf den statischen Druck an den Abgasauslässen des Prüffahrzeugs bei 50 km/h um nicht mehr als $\pm 0,75 \text{ kPa}$ oder, wenn nichts an die Auspuffendrohre des Fahrzeugs angeschlossen ist, während der gesamten Prüfdauer um mehr als $\pm 1,25 \text{ kPa}$ abweichen lassen. Der Druck ist im Abgasauslass oder in einer Verlängerung mit dem selben Durchmesser und so nahe wie möglich am Ende des Auspuffs zu messen. Probenahmesysteme, mit denen der statische Druck innerhalb von $\pm 0,25 \text{ kPa}$ gehalten werden kann, dürfen verwendet werden, wenn in einem schriftlichen Antrag des Herstellers an die zuständigen Behörde die Notwendigkeit für eine engere Toleranz begründet wird.
- c) Kein Bauteil des Verbindungsrohrs darf aus einem Werkstoff sein, der die gasförmige oder feste Zusammensetzung des Abgases beeinflusst. Werden Elastomere verwendet, so müssen diese thermisch so stabil wie möglich und dem Abgas so wenig wie möglich ausgesetzt sein, damit keine Partikel aus Anschlüssen aus Elastomeren freigesetzt werden. Es wird empfohlen, keine Anschlüsse aus Elastomeren zur Überbrückung von Auspuff und Verbindungsrohr zu verwenden.

- 3.3.2. Konditionierung der Verdünnungsluft

- 3.3.2.1. Die Verdünnungsluft, die zur Vorverdünnung des Abgases im Tunnel der CVS-Anlage verwendet wird, muss durch ein Filtermedium, mit dem $\leq 99,95 \%$ der Partikel der Größe mit dem höchsten Durchlassgrad abgeschieden werden können, oder durch einen Filter, der mindestens der Klasse H13 nach der Norm EN 1822:2009 entspricht, geleitet werden. Diese Norm enthält die Vorschriften für Hochleistungs-Partikelfilter (High Efficiency Particulate Air filters, HEPA-Filter). Die Verdünnungsluft kann auch durch Aktivkohlefilter gereinigt werden, bevor sie in den HEPA-Filter geleitet wird. Es wird empfohlen, vor dem HEPA-Filter und hinter dem Aktivkohlefilter (falls vorhanden) einen zusätzlichen Grobpartikelfilter zu verwenden.

- 3.3.2.2. Auf Antrag des Fahrzeugherstellers können nach bestem fachlichen Ermessen Proben der Verdünnungsluft entnommen werden, um den Anteil der Partikelmasse aus dem Verdünnungstunnel an der Hintergrund-Partikelmasse und die Partikelzahl zu bestimmen, damit dieser von den im verdünnten Abgas gemessenen Werten abgezogen werden kann. Siehe Anhang B6 Absatz 2.1.3.

- 3.3.3. Verdünnungstunnel

- 3.3.3.1. Die Fahrzeugabgase und die Verdünnungsluft müssen gemischt werden können. Eine Mischvorrichtung kann eingesetzt werden.

- 3.3.3.2. An der Anbringungsstelle der Probenahmesonde darf die Homogenität des Gemisches in einem beliebigen Querschnitt um höchstens $\pm 2\%$ vom Durchschnitt der Werte abweichen, die an mindestens fünf gleichmäßig über den Durchmesser des Gasstroms verteilten Stellen gemessen wurden.
- 3.3.3.3. Für die Probenahmen zur Bestimmung von Partikelmasse der Emissionen und Partikelzahl der Emissionen ist ein Verdünnungstunnel zu verwenden, der:
- a) aus einem geraden Rohr aus elektrisch leitendem Material besteht und geerdet ist;
 - b) einen turbulenten Strom (Reynolds-Zahl ≥ 4.000) von ausreichender Dauer erzeugt, um eine vollständige Vermischung von Abgasen und Verdünnungsluft herbeizuführen;
 - c) einen Durchmesser von mindestens 200 mm hat;
 - d) isoliert und/oder erhitzt werden kann.
- 3.3.4. Ansaugvorrichtung
- 3.3.4.1. Diese Vorrichtung kann eine Reihe fester Drehzahlen haben, damit ein ausreichender Durchsatz gewährleistet ist, um die Kondenswasserbildung zu verhindern. Dieses Ergebnis wird erreicht, wenn der Durchsatz entweder:
- a) dem Doppelten des maximalen Durchflusses des Abgases entspricht, das bei den Beschleunigungsphasen des Fahrzyklus erzeugt wird, oder
 - b) ausreichend ist, um zu gewährleisten, dass die CO_2 -Konzentration des verdünnten Abgases im Sammelbeutel weniger als 3 Vol.-% für Benzin und Diesel, weniger als 2,2 Vol.-% für LPG und weniger als 1,5 Vol.-% für Erdgas/Biomethan beträgt.
- 3.3.4.2. Die Einhaltung der Anforderungen von Absatz 3.3.4.1 dieses Anhangs ist nicht notwendig, wenn die CVS-Anlage so ausgelegt ist, dass die Kondensation durch folgende Methoden oder Kombinationen von Methoden verhindert wird:
- a) Verringerung des Wassergehalts in der Verdünnungsluft (Entfeuchtung der Verdünnungsluft).
 - b) Erhitzen der CVS-Verdünnungsluft und aller Bauteile bis zur Messvorrichtung für den verdünnten Abgasstrom und, wahlweise, des Sammelbeutelsystems einschließlich der Sammelbeutel und des Systems zur Messung der Beutelkonzentrationen.
- In diesen Fällen ist die Auswahl des CVS-Durchsatzes für die Prüfung durch den Nachweis zu begründen, dass an keiner Stelle im CVS-Sammelbeutel oder dem analytischen System Kondensation von Wasser auftreten kann.
- 3.3.5. Volumenmessung im Vorverdünnungssystem
- 3.3.5.1. Die Methode zur Messung des Gesamtvolumens der verdünnten Abgase in der Probenahmeeinrichtung mit konstantem Volumen muss unter allen Betriebsbedingungen eine Messgenauigkeit von ± 2 gewährleisten. Kann das Gerät Temperaturschwankungen des Gemisches aus Abgasen und Verdünnungsluft am Messpunkt nicht ausgleichen, dann muss ein Wärmetauscher verwendet werden, um die Temperatur bei einer Verdrängerpumpe und CVS-Anlage innerhalb von $\pm 6^\circ\text{C}$, bei einem kritisch durchströmten Venturi-Rohr und einer CVS-Anlage innerhalb von $\pm 11^\circ\text{C}$, bei einem Ultraschalldurchsatzmesser und einer CVS-Anlage innerhalb von $\pm 6^\circ\text{C}$ und bei einem subsonischen Venturi-Rohr und einer CVS-Anlage innerhalb von $\pm 11^\circ\text{C}$ der vorgesehenen Betriebstemperatur zu halten.

- 3.3.5.2. Falls erforderlich, kann zum Schutz des Volumenmessgeräts z. B. ein Zyklonabscheider oder ein Grobpartikelfilter verwendet werden.
- 3.3.5.3. Ein Temperatursensor ist unmittelbar vor dem Volumenmessgerät anzubringen. Dieser Temperatursensor muss eine Genauigkeit von $\pm 1\text{ °C}$ aufweisen und eine Ansprechzeit von 1 Sekunden bei 62 % einer gegebenen Temperaturveränderung haben (gemessen in Silikonöl).
- 3.3.5.4. Die Messung des Druckunterschieds zum Luftdruck ist vor und gegebenenfalls hinter dem Volumenmessgerät vorzunehmen
- 3.3.5.5. Druckmessungen während der Prüfung müssen mit einer Präzision und einer Genauigkeit von $\pm 0,4\text{ kPa}$ durchgeführt werden. See Tabelle A5/5.
- 3.3.6. Empfohlene Systemmerkmale

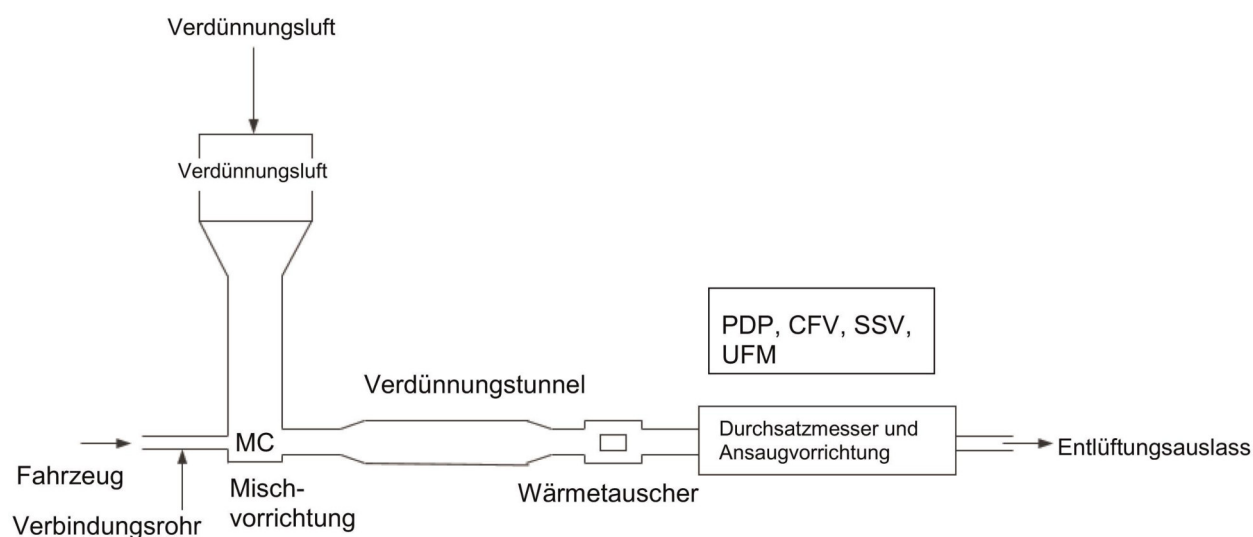
Abbildung A5/3 ist eine schematische Darstellung von Abgasverdünnungssystemen, die die Anforderungen dieses Anhangs erfüllen.

Die folgenden Bauteile werden empfohlen:

- a) Ein Verdünnungsluftfilter, der erforderlichenfalls vorgewärmt werden darf. Dieser Filter besteht aus folgenden hintereinander angeordneten Filtern: einem fakultativen Aktivkohlefilter (Einlassseite) und einem HEPA-Filter (Auslassseite). Es wird empfohlen, einen gegebenenfalls eingesetzten zusätzlichen groben Partikelfilter vor den HEPA-Filter und hinter den Aktivkohlefilter zu setzen. Mit dem Aktivkohlefilter soll die Kohlenwasserstoff-Hintergrundkonzentration in der Verdünnungsluft verringert und stabilisiert werden.
- b) Ein Verbindungsrohr, mit dem die Abgase in einen Verdünnungstunnel geleitet werden können.
- c) Ein fakultativer Wärmetauscher gemäß Absatz 3.3.5.1 dieses Anhangs.
- d) Ein Mischgerät, in dem Abgase und Verdünnungsluft homogen gemischt werden und das sich so nahe am Fahrzeug befindet, dass die Länge des Verbindungsrohrs minimiert wird.
- e) Ein Verdünnungstunnel, aus dem Partikelproben und, falls vorhanden, Teilchenproben entnommen werden.
- f) Zum Schutz des Volumenmesssystems kann z. B. ein Zyklonabscheider oder ein Grobpartikelfilter verwendet werden.
- g) Eine Ansaugvorrichtung mit ausreichender Leistungsfähigkeit, um das Gesamtvolumen des verdünnten Abgases zu bewältigen.

Eine exakte Übereinstimmung mit diesen Abbildungen ist nicht erforderlich. Es können zusätzliche Teile, wie z. B. Instrumente, Ventile, Magnetventile und Schalter, verwendet werden, um zusätzliche Daten zu erhalten und die Funktionen der einzelnen Teile der Anlage zu koordinieren.

Abbildung A5/3

Abgasverdünnungssystem

3.3.6.1. Verdrängerpumpe (PDP)

Mit einem Vollstrom-Abgasverdünnungssystem mit Verdrängerpumpe (PDP) wird entsprechend den Anforderungen dieses Anhangs der Gasdurchsatz durch die Pumpe bei konstanter Temperatur und konstantem Druck gemessen. Zur Messung des Gesamtvolumens wird die Zahl der Umdrehungen der kalibrierten Verdrängerpumpe gezählt. Die proportionale Probe erhält man durch Entnahme bei konstantem Durchsatz mit einer Pumpe, einem Durchsatzmesser und einem Durchflussregler.

3.3.6.2. Venturi-Rohr mit kritischer Strömung (CFV)

3.3.6.2.1. Wird bei dem Vollstrom-Abgasverdünnungssystem ein CFV verwendet, dann gelten die Grundsätze der Strömungslehre in Bezug auf die kritische Strömung. Der variable Durchsatz des Gemisches aus Verdünnungsluft und Abgas erfolgt bei Schallgeschwindigkeit, die der Quadratwurzel aus der Gastemperatur direkt proportional ist. Der Durchsatz wird während der gesamten Prüfung kontinuierlich überwacht, berechnet und integriert.

3.3.6.2.2. Durch die Verwendung eines weiteren kritisch durchströmten Venturi-Rohrs für die Probenahme wird die Proportionalität der Gasproben aus dem Verdünnungstunnel gewährleistet. Da Druck und Temperatur beim Einlass in beide Venturi-Rohre gleich sind, ist das Volumen des für die Probenahme abgeleiteten Gasstroms proportional zum Gesamtvolumen des verdünnten Abgas-Luft-Gemisches; das System entspricht folglich den Anforderungen dieses Anhangs.

3.3.6.2.3. Ein Mess-CFV dient der Messung der Durchsatzmenge des verdünnten Abgases.

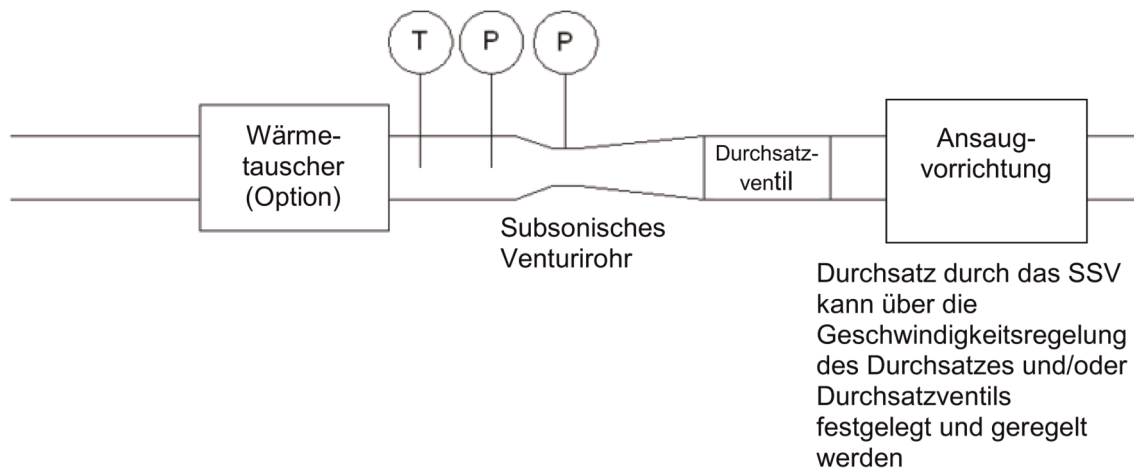
3.3.6.3. Venturi-Rohr mit subsonischer Strömung (SSV)

3.3.6.3.1. Wird bei dem Vollstrom-Abgasverdünnungssystem ein SSV (Abbildung A5/4) verwendet, dann gelten die Grundsätze der Strömungslehre. Der variable Durchsatz des Gemisches aus Verdünnungsluft und Abgas erfolgt bei Schallgeschwindigkeit, die aus den physikalischen Maßen des subsonischen Venturi-Rohrs und der Messung der absoluten Temperatur (T) und des absoluten Drucks (P) am Einlass des Venturi-Rohrs und des Drucks in der Einschnürung des Venturi-Rohrs berechnet wird. Der Durchsatz wird während der gesamten Prüfung kontinuierlich überwacht, berechnet und integriert.

3.3.6.3.2. Ein SSV dient der Messung der Durchsatzmenge des verdünnten Abgases.

Abbildung A5/4

Schematische Darstellung eines subsonischen Venturi-Rohrs (SSV)



3.3.6.4. Ultraschalldurchsatzmesser (UFM)

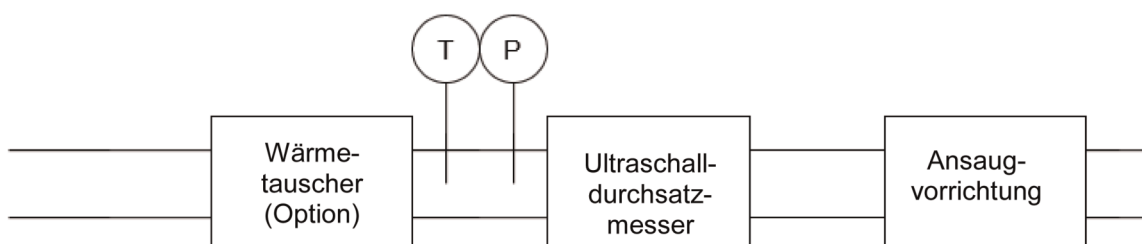
3.3.6.4.1. Ein UFM misst die Geschwindigkeit des verdünnten Abgases in den CVS-Leitungen auf der Grundlage der Ultraschalldurchsatzerkennung mittels eines Paares oder mehrerer Paare von Ultraschallsendern/-empfängern, die wie auf Abbildung A5/5 im Inneren der Leitungen angebracht sind. Die Geschwindigkeit des strömenden Gases wird mittels des Zeitunterschieds zwischen der Übertragungsdauer des Ultraschallsignals vom Sender zum Empfänger mit dem und gegen den Strom ermittelt. Die Geschwindigkeit des Gases wird mithilfe eines Kalibrierfaktors für den Durchmesser des Rohrs mit Echtzeitkorrektur um die Temperatur des verdünnten Abgases und den absoluten Druck in einen Standard-Volumendurchsatz konvertiert.

3.3.6.4.2. Zu den Systembestandteilen gehören:

- a) Eine Ansaugvorrichtung mit Geschwindigkeitsregler, Durchsatzventil oder einer anderen Methode zu Regulierung des Durchsatzes durch das CVS sowie zur Erhaltung eines konstanten Volumenstroms unter Standardbedingungen.
- b) Ein UFM.
- c) Temperatur- und Druckmessgeräte, T und P, erforderlich für die Korrektur des Durchsatzes.
- d) Ein optionaler Wärmetauscher zur Regulierung der Temperatur des verdünnten Abgases im UFM. Ist ein Wärmetauscher angebracht, so muss er die Temperatur des verdünnten Abgases wie in Absatz 3.3.5.1 dieses Anhangs beschrieben regulieren können. Während der Prüfung muss die Temperatur der Luft-Abgas-Mischung, gemessen an einer Stelle unmittelbar vor der Ansaugvorrichtung, innerhalb des Bereichs von $\pm 6^\circ\text{C}$ des arithmetischen Durchschnittswerts der Betriebstemperatur während der Prüfung liegen.

Abbildung A5/5

Schematische Darstellung eines Ultraschalldurchsatzmessers (UFM)



3.3.6.4.3. Für die Gestaltung und die Nutzung von CVS des Typs UFM gelten folgende Bedingungen:

- a) Die Geschwindigkeit des verdünnten Abgases muss eine Reynolds-Zahl von über 4.000 ergeben, um einen konsistenten turbulenten Strom vor dem Ultraschalldurchsatzmesser zu gewährleisten.
- b) Ein Ultraschalldurchsatzmesser wird in einer Leitung mit gleichmäßigem Durchmesser so angebracht, dass das Rohr vor ihm die Länge des 10-fachen Innendurchmessers und nach ihm des 5-fachen Durchmessers hat.
- c) Unmittelbar vor dem Ultraschalldurchsatzmesser ist ein Temperatursensor (T) für das verdünnte Abgas anzubringen. Dieser Temperatursensor muss eine Genauigkeit von $\pm 1^\circ\text{C}$ aufweisen und eine Ansprechzeit von 0,1 Sekunden bei 62 % einer gegebenen Temperaturveränderung haben (gemessen in Silikonöl).
- d) Der absolute Druck (P) des verdünnten Abgases wird unmittelbar vor dem Ultraschalldurchsatzmesser mit einer Genauigkeit von $\pm 0,3\text{ kPa}$ gemessen.
- e) Ist vor dem Ultraschalldurchsatzmesser kein Wärmetauscher angebracht, muss der auf Standardbedingungen korrigierte Durchsatz des verdünnten Abgases während der gesamten Prüfung konstant gehalten werden. Das kann durch Regulierung der Ansaugvorrichtung, des Durchflussventils oder auf andere Weise erfolgen.

3.4. Verfahren zum Kalibrieren der CVS-Anlage

3.4.1. Allgemeine Anforderungen

3.4.1.1. Die CVS-Anlage ist mit einem Präzisionsdurchsatzmesser und einem Durchflussbegrenzer mit den in Tabelle A5/4 angegebenen Intervallen zu kalibrieren. Der Durchsatz durch die Anlage ist bei verschiedenen Druckwerten zu messen, und die Regelungsparameter der Anlage sind zu berechnen und auf die Durchsatzwerte zu beziehen. Das Durchsatzmessgerät (z. B. kalibriertes Venturi-Rohr, Laminar-Durchfluss-Element, kalibrierter Flügelraddurchflussmesser) muss dynamisch und für die bei der Prüfung in CVS-Anlagen auftretenden hohen Durchsätze geeignet sein. Die Genauigkeit des Geräts muss bescheinigt sein.

3.4.1.2. In den folgenden Absätzen sind die Verfahren eingehend beschrieben, nach denen Verdrängerpumpen, CFV, SSV und UFM mithilfe eines Laminar-Durchflussmessers mit der erforderlichen Genauigkeit kalibriert werden und die Gültigkeit der Kalibrierung statistisch geprüft wird.

3.4.2. Kalibrierung der Verdrängerpumpe (PDP)

3.4.2.1. Bei dem nachstehend festgelegten Kalibrierverfahren werden Geräte, Versuchsanordnung und verschiedene Kennwerte beschrieben, die für die Ermittlung des Durchsatzes der Pumpe in der CVS-Anlage gemessen werden müssen. Alle Kenngrößen von Pumpe und Durchsatzmesser, die hintereinander geschaltet sind, werden gleichzeitig gemessen. Der berechnete Durchsatz (angegeben in m^3/min am Pumpeneinlass beim gemessenen absoluten Druck und der gemessenen absoluten Temperatur) kann dann in Form einer Korrelationsfunktion als Funktion einer bestimmten Kombination von Pumpenkenngrößen dargestellt werden. Anschließend wird die lineare Gleichung, die das Verhältnis zwischen dem Pumpendurchsatz und der Korrelationsfunktion ausdrückt, aufgestellt. Sind bei einer Pumpe einer CVS-Anlage mehrere Antriebsdrehzahlen vorgesehen, dann muss für jeden verwendeten Drehzahlbereich eine Kalibrierung vorgenommen werden.

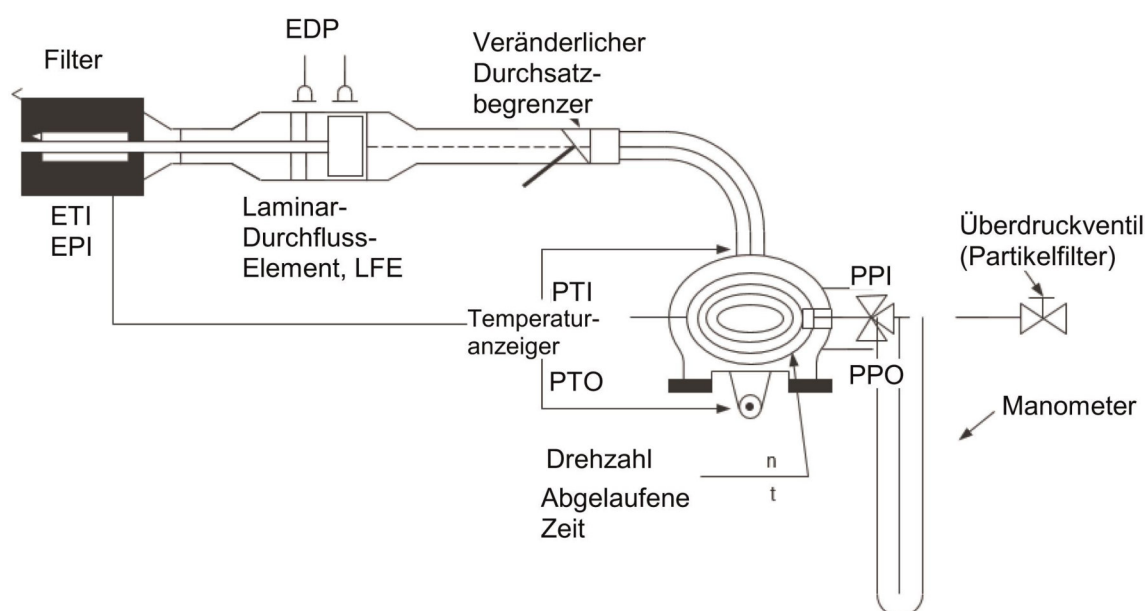
3.4.2.2. Bei diesem Kalibrierverfahren werden für die Pumpen- und die Durchsatzmesser-Kenngrößen, die den Durchsatz in jedem Punkt bestimmen, die absoluten Werte gemessen. Es müssen folgende Bedingungen eingehalten werden, damit die Genauigkeit und die Stetigkeit der Kalibrierkurve gewährleistet sind:

3.4.2.2.1. Die Pumpendrucke sind an den Pumpenanschlüssen und nicht an den äußeren Rohrleitungen an Ein- und Auslass der Pumpe zu messen. Druckanschlüsse am oberen und am unteren Mittelpunkt der Vorderplatte des Pumpenantriebs sind den tatsächlichen Drücken im Pumpenfüllraum ausgesetzt und ermöglichen somit die Messung der Absolutdruckdifferenzen.

- 3.4.2.2.2. Während der Kalibrierung muss die Temperatur konstant gehalten werden. Der Laminar-Durchflussmesser ist gegen Schwankungen der Einlasstemperatur empfindlich, die eine Streuung der Messpunkte verursachen. Temperaturschwankungen von $\pm 1\text{ °C}$ sind zulässig, sofern sie allmählich innerhalb eines Zeitraums von mehreren Minuten auftreten.
- 3.4.2.2.3. Alle Anschlüsse zwischen dem Durchsatzmesser und der Pumpe der CVS-Anlage müssen dicht sein.
- 3.4.2.3. Bei einer Abgasemissionsprüfung sind die gemessenen Pumpenkenngößen für die Berechnung des Durchsatzes mithilfe der Kalibriergleichung zu verwenden.
- 3.4.2.4. In der Abbildung A5/6 dieses Anhangs ist eine mögliche Kalibrieranordnung dargestellt. Veränderungen sind zulässig, wenn die zuständige Behörde sie genehmigt, weil eine vergleichbare Genauigkeit erzielt werden kann. Wenn die in der Abbildung A5/6 dargestellte Prüfanordnung verwendet wird, müssen die nachstehenden Kenngrößen jeweils mit folgender Genauigkeit gemessen werden können:

Luftdruck (korrigiert), R_0	$\pm 0,03\text{ kPa}$
Umgebungstemperatur, T	$\pm 0,2\text{ °C}$
Lufttemperatur am LFE, ETI	$\pm 0,15\text{ °C}$
Unterdruck vor dem LFE, EPI	$\pm 0,01\text{ kPa}$
Druckabfall über LFE-Düse, EDP	$\pm 0,0015\text{ kPa}$
Lufttemperatur am Einlass der Pumpe der CVS-Anlage, PTI	$\pm 0,2\text{ °C}$
Lufttemperatur am Auslass der Pumpe der CVS-Anlage, PTO	$\pm 0,2\text{ °C}$
Unterdruck am Einlass der Pumpe der CVS-Anlage, PPI	$\pm 0,22\text{ kPa}$
Druckhöhe am Auslass der Pumpe der CVS-Anlage, PPO	$\pm 0,22\text{ kPa}$
Pumpendrehzahl während der Prüfung, n	$\pm 1\text{ min}^{-1}$
Dauer der Prüfung (mindestens 250 s), t	$\pm 0,1\text{ s}$

Abbildung A5/6

Kalibrieranordnung für die Verdrängerpumpe

- 3.4.2.5. Ist der Aufbau nach Abbildung A5/6 durchgeführt, so ist das Durchflussregelventil auf volle Öffnung einzustellen und die CVS-Pumpe 20 Minuten lang laufen zu lassen, bevor die Kalibrierung beginnt.
- 3.4.2.5.1. Das Drosselventil wird so eingestellt, dass der Durchsatz um einen Schritt (ungefähr 1 kPa) des Unterdrucks am Pumpeneinlass weiter begrenzt wird, wodurch sich mindestens sechs Messpunkte für die gesamte Kalibrierung ergeben. Vor Wiederholung der Datenerfassung muss sich die Anlage 3 Minuten stabilisieren.
- 3.4.2.5.2. Der Luftdurchsatz Q_s an jedem Prüfpunkt wird nach dem vom Hersteller vorgeschriebenen Verfahren aus den Messwerten des Durchsatzmessers bei Normaldruck und -temperatur in m^3/min berechnet.
- 3.4.2.5.3. Der Luftdurchsatz wird anschließend auf den Pumpendurchsatz V_0 am Pumpeneinlass in $\text{m}^3/\text{Umdrehung}$ bei absoluter Temperatur und absolutem Druck umgerechnet.

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \times \frac{T_p}{273.15 \text{ K}} \times \frac{101.325 \text{ kPa}}{P_p}$$

dabei ist:

- V_0 Pumpendurchsatz bei T_p und P_p (in $\text{m}^3/\text{Umdrehung}$);
- Q_s Luftdurchsatz (in m^3/min) bei 101,325 kPa und 273,15 K (0 °C);
- T_p Temperatur am Pumpeneinlass (in Kelvin (K));
- P_p absoluter Druck (in kPa) am Pumpeneinlass;
- n Pumpendrehzahl, min^{-1} .

- 3.4.2.5.4. Zur Kompensierung der gegenseitigen Beeinflussung von Pumpendrehzahl, Druckschwankungen an der Pumpe und Drehzahldifferenz (Schlupf) wird die Korrelationsfunktion x_0 zwischen der Pumpendrehzahl n , der Druckdifferenz zwischen Pumpeneinlass und -auslass und dem absoluten Druck am Pumpenauslass mithilfe der nachstehenden Gleichung berechnet:

$$x_0 = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{\Delta P_p}{P_e}}$$

dabei ist:

x_0 Korrelationsfunktion;

ΔP_p Druckdifferenz zwischen Pumpeneinlass und Pumpenauslass (in kPa);

P_e absoluter Austrittsdruck ($PPO + R_0$) (in kPa).

Zur Erstellung der Kalibriergleichungen in folgender Form ist die Einstellung nach der Methode der kleinsten Quadrate durchzuführen:

$$V_0 = D_0 - M \times x_0$$

$$n = A - B \times \Delta P_p$$

Wobei B und M die Steigungen und A und D_0 die Achsabschnitte der Geraden sind.

- 3.4.2.6. Bei einer CVS-Anlage mit mehreren Drehzahlen muss für jede verwendete Drehzahl eine Kalibrierung vorgenommen werden. Die für die Bereiche ermittelten Kalibrierkurven müssen annähernd parallel verlaufen, und die Achsenabschnittswerte D_0 müssen steigen, während der Pumpendurchsatz sinkt.
- 3.4.2.7. Die mithilfe der Gleichung errechneten Werte dürfen nicht mehr als $\pm 0,5 \%$ vom gemessenen Wert V_0 abweichen. Der Wert M ist je nach Pumpe verschieden. Bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten ist eine Kalibrierung durchzuführen.
- 3.4.3. Kalibrierung des Venturi-Rohrs mit kritischer Strömung (CFV)
- 3.4.3.1. Bei der Kalibrierung des CFV wird die Durchsatzgleichung für ein kritisch durchströmtes Venturi-Rohr verwendet:

$$Q_s = \frac{K_v P}{\sqrt{T}}$$

dabei ist:

Q_s Durchsatz (in m^3/min);

K_v Kalibrierkoeffizient;

P absoluter Druck (in kPa);

T absolute Temperatur (in Kelvin (K)).

Der Gasdurchsatz ist eine Funktion des Einlassdrucks und der Eintrittstemperatur.

Bei dem in den Absätzen 3.4.3.2 bis einschließlich 3.4.3.3.4 dieses Anhangs beschriebenen Kalibrierverfahren wird der Wert des Kalibrierkoeffizienten anhand der Messwerte für Druck, Temperatur und Luftdurchsatz bestimmt.

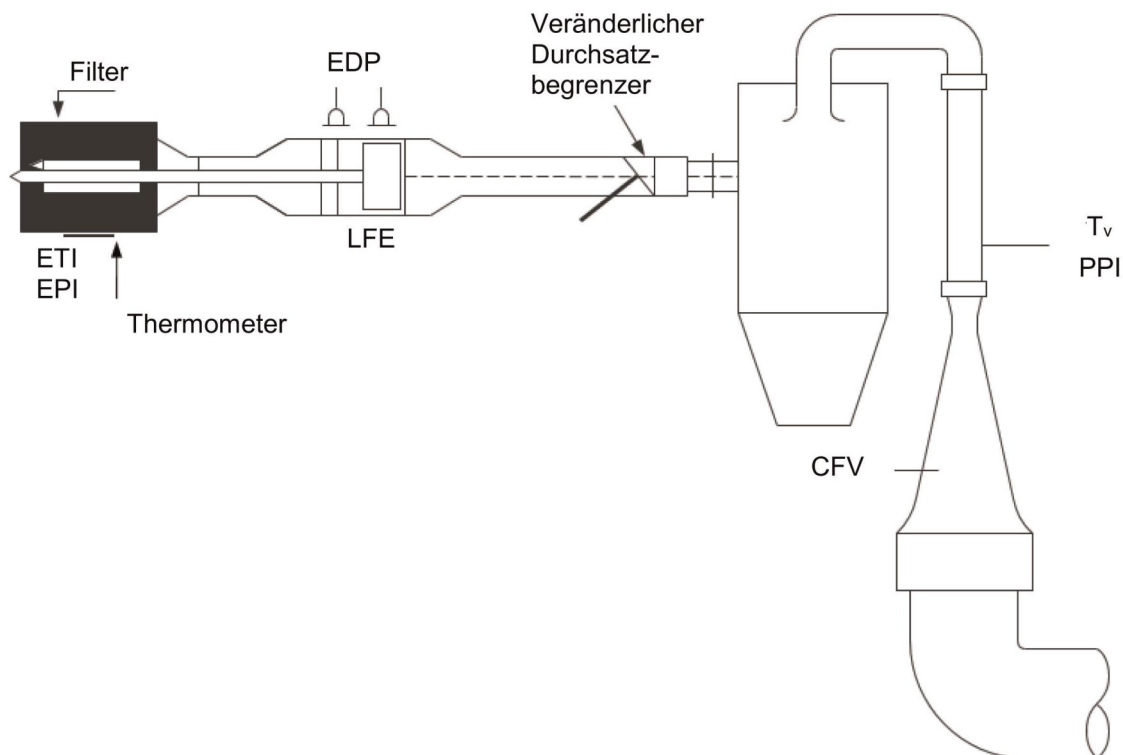
3.4.3.2. Bei den Messungen für die Kalibrierung des Durchsatzes des kritisch durchströmten Venturi-Rohrs müssen die nachstehenden Kenngrößen jeweils mit folgender Genauigkeit gemessen werden können:

Luftdruck (korrigiert), P_b	$\pm 0,03$ kPa,
Lufttemperatur am LFE, Durchflussmesser, ETI	$\pm 0,15$ °C,
Unterdruck vor dem LFE, EPI	$\pm 0,01$ kPa,
Druckabfall durch LFE-Düse, EDP	$\pm 0,0015$ kPa,
Luftdurchfluss, Q_s	$\pm 0,5$ %
Unterdruck am Einlass des Venturi-Rohrs, PPI	$\pm 0,02$ kPa
Temperatur am Einlass des Venturi-Rohrs, T_v	$\pm 0,2$ °C.

3.4.3.3. Die Geräte sind entsprechend der Abbildung A5/7 aufzubauen und auf Dichtheit zu überprüfen. Jede undichte Stelle zwischen dem Durchsatzmessgerät und dem kritisch durchströmten Venturi-Rohr würde die Genauigkeit der Kalibrierung stark beeinträchtigen und ist daher zu verhindern.

Abbildung A5/7

Kalibrieranordnung für das kritisch durchströmte Venturi-Rohr



3.4.3.3.1. Der veränderliche Durchflussbegrenzer wird in die geöffnete Stellung gebracht, die Ansaugvorrichtung eingeschaltet und das System stabilisiert. Die Messdaten aller Geräte sind aufzuzeichnen.

- 3.4.3.3.2. Die Einstellung des Durchflussbegrenzers ist zu verändern, und es sind mindestens acht Messungen mit dem Venturi-Rohr im Bereich der kritischen Strömung durchzuführen.
- 3.4.3.3.3. Die bei der Kalibrierung aufgezeichneten Daten sind bei der nachstehenden Berechnung zu verwenden.
- 3.4.3.3.3.1. Der Luftdurchsatz Q_s an jedem Prüfpunkt wird nach dem vom Hersteller vorgeschriebenen Verfahren aus den Messwerten des Durchsatzmessers berechnet.

Die Werte des Kalibrierkoeffizienten sind für jeden Prüfpunkt zu berechnen:

$$K_v = \frac{Q_s \sqrt{T_v}}{P_v}$$

dabei ist:

Q_s Durchsatz (in m^3/min) bei 101,325 kPa und 273,15 K (0 °C);

T_v Temperatur am Einlass des Venturi-Rohrs (in Kelvin (K));

P_v absoluter Druck (in kPa) am Einlass des Venturi-Rohrs.

- 3.4.3.3.3.2. K_v ist als Funktion des Drucks am Einlass des Venturi-Rohrs P_v grafisch darzustellen. Bei Schallgeschwindigkeit ist K_v fast konstant. Wenn der Druck fällt (d. h. der Unterdruck steigt), wird das Venturi-Rohr frei, und der Wert von K_v sinkt. Diese Werte für K_v sind nicht für weitere Berechnungen zu verwenden.
- 3.4.3.3.3.3. Bei mindestens acht Drosselstellen im kritischen Bereich sind der arithmetische Mittelwert von K_v und die Standardabweichung zu berechnen.
- 3.4.3.3.3.4. Überschreitet die Standardabweichung 0,3 % des arithmetischen Mittelwerts K_v , sind Korrekturmaßnahmen zu ergreifen.
- 3.4.4. Kalibrierung des subsonischen Venturi-Rohrs (SSV)
- 3.4.4.1. Die Kalibrierung des SSV basiert auf der Durchsatzgleichung für ein Venturi-Rohr mit subsonischer Strömung. Der Gasdurchsatz ist abhängig vom Druck und von der Temperatur am Einlass sowie vom Druckabfall zwischen SSV-Einlass und -Einschnürung.
- 3.4.4.2. Datenanalyse
- 3.4.4.2.1. Der Luftdurchsatz Q_{SSV} ist bei jeder Einstellung des Drosselglieds (mindestens 16 Einstellungen) nach den Angaben des Herstellers aus den Messwerten des Durchsatzmessers in m^3/s zu ermitteln. Der Durchflusskoeffizient C_d ist aus den Kalibrierdaten für jede Drosselstelle mithilfe der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{d_v^2 \times p_p \times \sqrt{\left\{ \frac{1}{T} \times (r_p^{1,426} - r_p^{1,713}) \times \left(\frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,426}} \right) \right\}}}$$

dabei ist:

Q_{SSV} Luftdurchsatz (in m^3/s) im Normalzustand (101,325 kPa, 273,15 K (0 °C));

T Temperatur am Einlass des Venturi-Rohrs (in Kelvin (K));

- d_v Durchmesser (in m) der Einschnürung am Venturi-Rohr mit subsonischer Strömung (SSV);
- r_p Verhältnis zwischen den absoluten statischen Drücken an der Einschnürung und am Einlass des SSV, $1 - \frac{\Delta p_p}{p_p}$;
- r_D Verhältnis zwischen den Innendurchmessern an der Einschnürung d_v und am Eintritt des SSV D ;
- C_d Durchflusskoeffizient des SSV;
- P_p absoluter Druck (in kPa) am Einlass des Venturi-Rohrs.

Zur Bestimmung der Spanne des Unterschallflusses ist C_d als Funktion der Reynolds-Zahl Re an der SSV-Einschnürung abzutragen. Die Reynolds-Zahl an der SSV-Einschnürung ist mithilfe der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$Re = A_1 \times \frac{Q_{SSV}}{d_v \times \mu}$$

dabei ist:

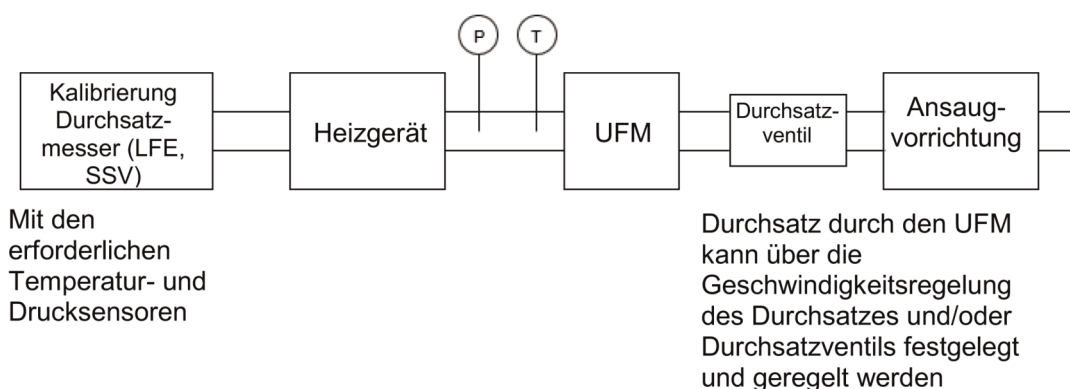
$$\mu = \frac{b \times T^{1.5}}{S + T}$$

- A_1 25,55152 in SI, $(\frac{1}{m^3}) (\frac{min}{s}) (\frac{mm}{m})$;
- Q_{SSV} Luftdurchsatz (in m^3/s) im Normalzustand (101,325 kPa, 273,15 K (0 °C));
- d_v Durchmesser (in m) der Einschnürung am Venturi-Rohr mit subsonischer Strömung (SSV);
- μ absolute oder dynamische Viskosität (in kg/ms) des Gases;
- b $1,458 \times 10^6$ (empirische Konstante) (in kg/ms $K^{0.5}$);
- S 110,4 (empirische Konstante) (in Kelvin (K)).

- 3.4.4.2.2. Da Q_{SSV} selbst in die Re -Gleichung eingeht, müssen die Berechnungen mit einer Schätzung für Q_{SSV} oder C_d des Kalibrierungs-Venturi-Rohrs beginnen und so lange wiederholt werden, bis Q_{SSV} konvergiert. Die Konvergenzmethode muss auf mindestens 0,1 % genau sein.
- 3.4.4.2.3. Für mindestens 16 Punkte des subsonischen Strömungsbereichs müssen die sich aus der resultierenden Deckungsformel der Kalibrierungskurve für C_d ergebenden Rechenwerte für jeden Kalibrierungspunkt innerhalb von $\pm 0,5$ % des Messwerts C_d liegen.
- 3.4.5. Kalibrierung eines Ultraschalldurchsatzmessers (UFM)
- 3.4.5.1. Der UFM ist mithilfe eines geeigneten Bezugsdurchsatzmessers zu kalibrieren.
- 3.4.5.2. Der UFM ist für die CVS-Anlage zu kalibrieren, die in der Prü fzelle genutzt wird (Leitungen für verdünntes Abgas, Ansaugvorrichtung) und auf Dichtheit zu prüfen. Siehe Abbildung A5/8.
- 3.4.5.3. Verfügt das UFM-System über keinen Wärmetauscher, ist zur Konditionierung des Kalibrierdurchsatzes ein Heizgerät einzusetzen.

- 3.4.5.4. Für jede zu verwendende CVS-Durchsatz-Einstellung, ist die Kalibrierung in einem Temperaturbereich zwischen Raumtemperatur und der höchsten während der Prüfung des Fahrzeugs vorkommenden Temperatur durchzuführen.
- 3.4.5.5. Bei der Kalibrierung der elektrischen Geräte (Temperatursensor (T) und Drucksensor (P)) des UFM ist das vom Hersteller empfohlene Verfahren anzuwenden.
- 3.4.5.6. Bei den Messungen für die Kalibrierung des Durchsatzes des Ultraschalldurchsatzmessers müssen die nachstehenden Kenngrößen (sofern ein Laminar-Durchfluss-Element eingesetzt wird) jeweils mit folgender Genauigkeit gemessen werden können:
- | | |
|--|------------------|
| Luftdruck (korrigiert), P_b | $\pm 0,03$ kPa |
| Lufttemperatur am LFE, Durchflussmesser, ETI | $\pm 0,15$ °C |
| Unterdruck vor dem LFE, EPI | $\pm 0,01$ kPa |
| Druckabfall durch LFE-Düse (EDP) | $\pm 0,0015$ kPa |
| Luftdurchsatz, Q_s | $\pm 0,5$ % |
| Unterdruck am UFM-Einlass, P_{act} | $\pm 0,02$ kPa |
| Temperatur am UFM-Einlass, T_{act} | $\pm 0,2$ °C. |
- 3.4.5.7. Verfahren
- 3.4.5.7.1. Die Geräte sind entsprechend der Abbildung A5/8 aufzubauen und auf Dichtheit zu überprüfen. Jede undichte Stelle zwischen dem Durchsatzmessgerät und dem UFM würde die Genauigkeit der Kalibrierung stark beeinträchtigen.

Abbildung A5/8

Kalibrieranordnung für das UFM

- 3.4.5.7.2. Die Ansaugvorrichtung wird eingeschaltet. Die Drehzahl und/oder die Stellung des Durchsatzventils sind so anzupassen, dass der für die Validierung eingestellte Durchsatz sichergestellt ist, und das System ist zu stabilisieren. Die Messdaten aller Geräte sind aufzuzeichnen.
- 3.4.5.7.3. Bei UFM-Systemen ohne Wärmetauscher ist das Heizgerät einzuschalten, um die Kalibrierluft zu erwärmen, und nach dessen Stabilisierung sind die Messdaten aller Instrumente aufzuzeichnen. Die Temperatur ist in angemessenen Schritten zu erhöhen bis die höchste während der Abgasprüfung erwartete Temperatur des verdünnten Abgases erreicht ist.

- 3.4.5.7.4. Anschließend ist das Heizgerät abzuschalten und die Drehzahl der Ansaugvorrichtung und/oder das Durchsatzventil sind auf die nächste für die Abgasprüfung des Fahrzeugs vorgesehene Durchsatzeinstellung einzurichten; danach ist die Kalibrierfolge zu wiederholen.
- 3.4.5.8. Die bei der Kalibrierung aufgezeichneten Daten sind bei den nachstehenden Berechnungen zu verwenden. Der Luftdurchsatz Q_s an jedem Prüfpunkt wird nach dem vom Hersteller vorgeschriebenen Verfahren aus den Messwerten des Durchsatzmessers berechnet.

$$K_v = \frac{Q_{\text{reference}}}{Q_s}$$

dabei ist:

Q_s Luftdurchsatz (in m^3/s) im Normalzustand (101,325 kPa, 273,15 K (0 °C));

$Q_{\text{reference}}$ Luftdurchsatz (in m^3/s) des Kalibrier-Durchsatzmessers im Normalzustand (101,325 kPa, 273,15 K (0 °C));

K_v Kalibrierkoeffizient.

Bei UFM-Systemen ohne Wärmetauscher ist K_v als Funktion von T_{act} grafisch darzustellen.

Die maximale Streuung in K_v darf 0,3 % des arithmetischen Mittelwerts K_v aller durchgeführten Messungen bei den unterschiedlichen Temperaturen nicht überschreiten.

3.5. Verfahren zur Überprüfung des Systems

3.5.1. Allgemeine Anforderungen

- 3.5.1.1. Die Gesamtgenauigkeit des CVS-Probenahme- und Analysesystems ist durch Einführung einer bekannten Masse einer Abgasverbindung in das System bei Betrieb unter normalen Prüfbedingungen und durch anschließende Analyse und Berechnung der Abgasverbindungen mithilfe der Gleichungen in Anhang B7 zu bestimmen. Das in Absatz 3.5.1.1.1 dieses Anhangs beschriebene CFO-Verfahren und das in Absatz 3.5.1.1.2 dieses Anhangs beschriebene gravimetrische Verfahren bieten nachweislich eine ausreichende Genauigkeit.

Die höchstzulässige Abweichung zwischen eingeleiteter und gemessener Gasmenge beträgt $\pm 2 \%$.

3.5.1.1.1. Verfahren mit kritisch durchströmter Messblende (CFO)

Mit dem CFO-Verfahren wird ein konstanter Durchsatz eines reinen Gases (CO , CO_2 oder C_3H_8) mit einer Messblende für kritische Strömung gemessen.

Eine bekannte Masse reines Kohlenmonoxid, Kohlendioxid oder Propangas wird durch die kalibrierte kritisch durchströmte Messblende in die CVS-Anlage geleitet. Ist der Eintrittsdruck groß genug, so ist der mit der Messblende gedrosselte Durchsatz q unabhängig vom Austrittsdruck der Messblende (kritische Strömung). Die CVS-Anlage ist wie bei einer normalen Abgasprüfung zu betreiben und es ist ausreichend Zeit für eine anschließende Analyse einzuplanen. Das im Sammelbeutel aufgefangene Gas ist mit der gewöhnlichen Ausrüstung zu prüfen (siehe Absatz 4.1 dieses Anhangs), und die Ergebnisse sind mit der Konzentration der bekannten Gasproben zu vergleichen. Treten Abweichungen von mehr als $\pm 2 \%$ auf, dann ist die Ursache der Fehlfunktion zu ermitteln und die Fehlfunktion zu beheben.

3.5.1.1.2. Gravimetrisches Verfahren

Beim gravimetrischen Verfahren wird eine Menge reinen Gases (CO, CO₂ oder C₃H₈) gewogen.

Das Gewicht eines kleinen Zylinders, der entweder mit reinem Kohlenmonoxid, Kohlendioxid oder Propan gefüllt ist, ist mit einer Präzision von $\pm 0,01$ g zu bestimmen. Die CVS-Anlage ist unter den Bedingungen einer normalen Abgasprüfung zu betreiben, während das reine Gas ausreichend lange in das System eingeleitet wird, um eine anschließende Analyse durchzuführen. Die Menge des eingeleiteten reinen Gases wird durch Differenzwägung bestimmt. Das im Beutel aufgefangene Gas ist mit der nach Absatz 4.1 dieses Anhangs normalerweise für die Abgasanalyse verwendeten Ausrüstung zu analysieren. Anschließend werden die Ergebnisse mit den vorher berechneten Konzentrationswerten verglichen. Treten Abweichungen von mehr als ± 2 % auf, dann ist die Ursache der Fehlfunktion zu ermitteln und die Fehlfunktion zu beheben.

4. Emissionsmessungsgeräte

4.1. Einrichtung zur Messung gasförmiger Emissionen

4.1.1. Beschreibung des Systems

4.1.1.1. Es muss eine kontinuierlich proportionale Probe aus verdünntem Abgas und Verdünnungsluft für die Analyse entnommen werden.

4.1.1.2. Die Masse der gasförmigen Emissionen ist aus den Konzentrationen in der proportionalen Probe und dem während der Prüfung gemessenen Gesamtvolumen zu bestimmen. Die Probenkonzentrationen sind unter Berücksichtigung der jeweiligen Konzentrationen der Verbindungen in der Verdünnungsluft zu korrigieren.

4.1.2. Vorschriften für das Probenahmesystem

4.1.2.1. Die Probe der verdünnten Abgase ist vor der Ansaugvorrichtung zu entnehmen.

Mit Ausnahme von Absatz 4.1.3.1 (Kohlenwasserstoff-Probenahmesystem), Absatz 4.2 (Partikelmasse-Messeinrichtung) und Absatz 4.3 (Partikelzahl-Messeinrichtung) dieses Anhangs kann die Probenahme des verdünnten Abgases unterhalb der Konditioniereinrichtungen (sofern vorhanden) erfolgen.

4.1.2.2. Der Durchsatz im Probenahmesystem mit Sammelbeuteln ist so einzustellen, dass für eine Messung der Konzentrationen ausreichende Volumen Verdünnungsluft und verdünntes Abgas in die CVS-Beutel gelangen, er darf jedoch nicht über 0,3 % des Durchsatzes der verdünnten Abgase liegen, es sei denn, das Füllvolumen des Beutels mit verdünntem Abgas wird zu dem integrierten CVS-Volumen hinzuaddiert.

4.1.2.3. In der Nähe des Einlasses (gegebenenfalls hinter dem Filter) für die Verdünnungsluft ist eine Probe der Verdünnungsluft zu nehmen.

4.1.2.4. Die Verdünnungsluftprobe darf nicht durch Abgase aus der Mischzone verunreinigt sein.

4.1.2.5. Der Durchsatz der Verdünnungsluft muss ungefähr dem der verdünnten Abgase entsprechen.

4.1.2.6. Die für die Probenahme verwendeten Werkstoffe dürfen die Konzentration der Emissionen der Verbindungen nicht verändern.

4.1.2.7. Es können Filter zum Abscheiden von Feststoffteilchen aus der Probe verwendet werden.

4.1.2.8. Als Ventile zur Weiterleitung der Abgase sind Schnellschalt- und -regelventile zu verwenden.

- 4.1.2.9. Zwischen den Dreiwegeventilen und den Sammelbeuteln können gasdichte Schnelkupplungen verwendet werden, die auf der Beutelseite automatisch schließen. Es können auch andere Mittel zur Weiterleitung der Proben zum Analysator verwendet werden (z. B. Dreiwege-Absperrventile).
- 4.1.2.10. Lagerung der Proben
 - 4.1.2.10.1. Die Gasproben sind in ausreichend großen Sammelbeuteln aufzufangen, damit der Probengasstrom nicht behindert wird.
 - 4.1.2.10.2. Die Sammelbeutel müssen aus einem Werkstoff bestehen, durch den weder die Messungen selbst noch die chemische Zusammensetzung der Gasproben 30 Minuten nach dem Auffangen um mehr als $\pm 2\%$ verändert werden (z. B. Polyäthylen-/Polyamid-Verbundfolien oder polyfluorierte Kohlenwasserstoffe).
- 4.1.3. Probenahmesystem
 - 4.1.3.1. Kohlenwasserstoff-Probenahmesystem (beheizter Flammenionisations-Detektor, HFID)
 - 4.1.3.1.1. Das Kohlenwasserstoff-Probenahmesystem besteht aus Probenahmesonde, -leitung, -filter und -pumpe, die beheizt sind. Die Probe ist gegebenenfalls vor dem Wärmetauscher zu entnehmen. Die Probenahmesonde muss im gleichen Abstand vom Abgaseinlass wie die Partikelprobenahmesonde so eingebaut sein, dass eine gegenseitige Beeinflussung der Probenahmen vermieden wird. Sie muss einen Mindestinnendurchmesser von 4 mm haben.
 - 4.1.3.1.2. Alle beheizten Teile müssen durch das Heizsystem auf einer Temperatur von $190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ gehalten werden.
 - 4.1.3.1.3. Das arithmetische Mittel der Konzentration der Kohlenwasserstoff-Messwerte ist durch Integration der im Sekundenabstand ermittelten Daten geteilt durch die Dauer der Phase oder der Prüfung zu bestimmen.
 - 4.1.3.1.4. Die beheizte Probenahmeleitung muss mit einem beheizten Filter F_H mit einem 99-prozentigen Wirkungsgrad für die Teilchen $\geq 0,3\text{ }\mu\text{m}$ versehen sein, mit dem Feststoffteilchen aus dem für die Analyse verwendeten kontinuierlichen Gasstrom abgeschieden werden.
 - 4.1.3.1.5. Die Ansprechverzögerung des Probenahmesystems (von der Sonde bis zur Einlassöffnung des Analysators) muss weniger als 4 Sekunden betragen.
 - 4.1.3.1.6. Der beheizte Flammenionisations-Detektor (HFID) muss mit einem System mit konstanter Durchsatzmasse (Wärmetauscher) verwendet werden, um eine repräsentative Probe zu erhalten, wenn Schwankungen des Durchsatzvolumens durch das CVS nicht ausgeglichen werden.
 - 4.1.4. Analysegeräte
 - 4.1.4.1. Allgemeine Anforderungen für die Gasanalyse
 - 4.1.4.1.1. Die Analysatoren müssen einen Messbereich mit einer Genauigkeit haben, die für die Messung der Konzentrationen der Abgasverbindungen in den Proben erforderlich ist.
 - 4.1.4.1.2. Sofern nichts anderes bestimmt ist, dürfen Messfehler nicht mehr als $\pm 2\%$ (Eigenfehler des Analysators) betragen, wobei der Bezugswert der Kalibriergase unberücksichtigt bleibt.
 - 4.1.4.1.3. Die Analyse der Umgebungsluftprobe wird mit demselben Analysator mit dem gleichen Messbereich durchgeführt.
 - 4.1.4.1.4. Vor den Analysatoren darf keine Gastrocknungsanlage verwendet werden, wenn nicht nachgewiesen ist, dass sie sich in keiner Weise auf den Gehalt der Verbindungen des Gasstroms auswirkt.

4.1.4.2. Analyse von Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂)

Die Analysatoren gehören zum Typ nicht dispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR).

4.1.4.3. Analyse von Kohlenwasserstoffen (HC) für alle Kraftstoffarten außer Dieseldieselkraftstoff

Es ist ein Analysator mit Flammenionisationsdetektor (FID), kalibriert mit Propan, ausgedrückt als Kohlenstoff-Äquivalent (C₁), zu verwenden.

4.1.4.4. Analyse von Kohlenwasserstoffen (HC) für Dieseldieselkraftstoffe und wahlweise für andere Kraftstoffe

Es ist ein Analysator mit beheiztem Flammenionisationsdetektor (HFID), Ventilen, Rohrleitungen usw., beheizt auf 190 °C ±10 °C, kalibriert mit Propan, ausgedrückt als Kohlenstoff-Äquivalent (C₁), zu verwenden.

4.1.4.5. Analyse von Methan (CH₄)

Der Analysator muss entweder vom Typ Gaschromatograf kombiniert mit einem Flammenionisationsdetektor (FID) oder vom Typ Flammenionisationsdetektor (FID) kombiniert mit einem Nicht-Methan-Cutter (NMC-FID) sein, kalibriert mit Methan oder Propan, ausgedrückt als Kohlenstoff-Äquivalent (C₁).

4.1.4.6. Analyse von Stickoxiden (NO_x)

Es ist entweder ein Chemilumineszenz-Analysator (CLA) oder ein nichtdispersiver Ultraviolett-Resonanzabsorptionsanalysator (NDUV) zu verwenden.

4.1.4.7. (Reserviert)

4.1.4.8. (Reserviert)

4.1.4.9. (Reserviert)

4.1.4.10. (Reserviert)

4.1.4.11. Analyse von Wasserstoff (H₂) (falls zutreffend)

Der Analysator gehört zum Typ Sektorfeld-Massenspektrometrie, kalibriert mit Wasserstoff.

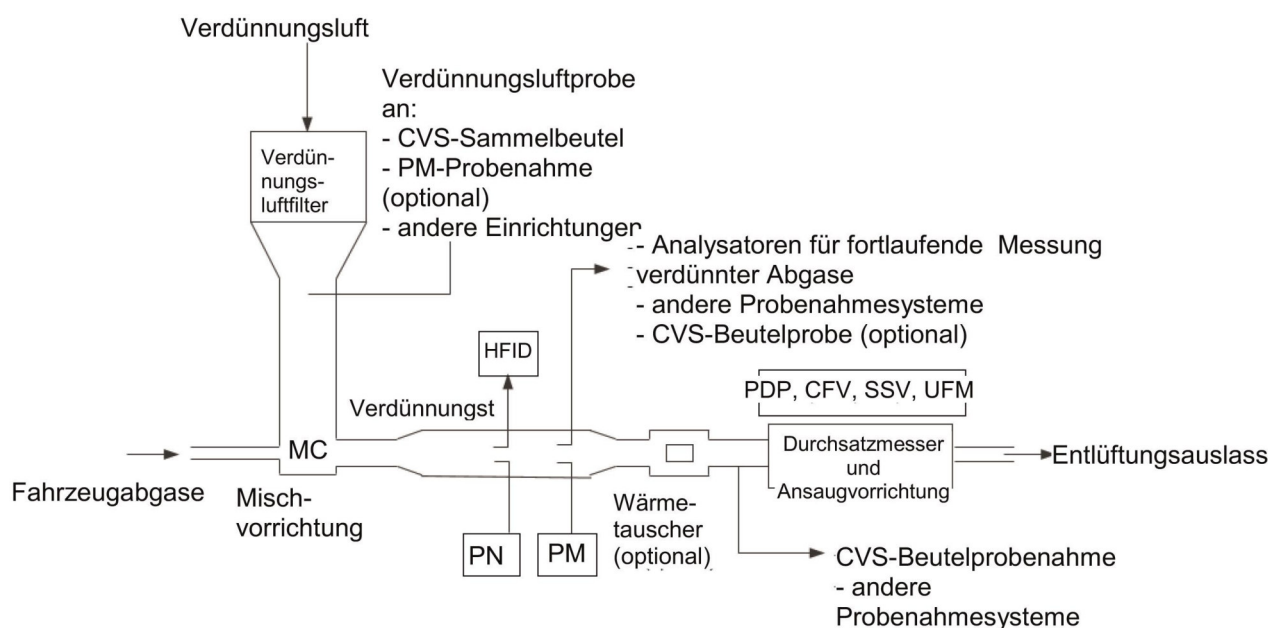
4.1.4.12. Analyse von Wasser (H₂O) (falls zutreffend)

Der Analysator gehört zum Typ nicht dispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR). Der NDIR wird entweder mit Wasserdampf oder mit Propylen (C₃H₆) kalibriert. Wenn der NDIR mit Wasserdampf kalibriert wird, ist sicherzustellen, dass sich während des Kalibrierungsvorgangs in den Röhren und Verbindungsstücken kein Kondenswasser bilden kann. Wenn der NDIR mit Propylen kalibriert wird, muss der Analysatorhersteller Anleitungen vorlegen, wie die Propylenkonzentration in die ihr entsprechende Wasserdampfkonzentration umzurechnen ist. Die Werte für die Umrechnung werden vom Analysatorhersteller in regelmäßigen Abständen, jedoch mindestens einmal pro Jahr, geprüft.

4.1.5. Empfohlene Systemmerkmale

4.1.5.1. In der Abbildung A5/9 ist das Probenahmesystem für gasförmige Emissionen schematisch dargestellt.

Abbildung A5/9

Schematische Darstellung des Vollstrom-Abgasverdünnungssystems

4.1.5.2. Beispiele für Systembestandteile sind untenstehend aufgeführt.

4.1.5.2.1. Zwei Entnahmesonden, mit denen kontinuierliche Proben der Verdünnungsluft und der verdünnten Abgase entnommen werden können.

4.1.5.2.2. Ein Filter zum Abscheiden von Feststoffteilchen aus den für die Analyse aufgefangenen Gasen.

4.1.5.2.3. Pumpen und Durchflussregler zur Sicherstellung eines konstanten, gleichmäßigen Durchsatzes der während der Prüfung entnommenen Proben des verdünnten Abgases und der Verdünnungsluft, die am Ende jeder Prüfung eine ausreichende Probenmenge für eine Analyse ermöglichen.

4.1.5.2.4. Schnellschaltventile zur Ableitung eines konstanten Probengasstroms in die Sammelbeutel oder in die Atmosphäre.

4.1.5.2.5. Gasdichte Schnellkupplungen zwischen den Schnellschaltventilen und den Sammelbeuteln. Die Kupplungen müssen auf der Beutelseite automatisch abschließen. Es können auch andere Verfahren zur Weiterleitung der Proben zum Analysator verwendet werden (z. B. Dreiwege-Absperrventile).

4.1.5.2.6. Beutel zum Auffangen der Proben des verdünnten Abgases und der Verdünnungsluft während der Prüfung.

4.1.5.2.7. Ein kritisch durchströmtes Probenahme-Venturi-Rohr für die Entnahme proportionaler Proben aus dem verdünnten Abgas (Nur bei CVS-Anlagen mit CFV).

4.1.5.3. Zusätzliche für die Kohlenwasserstoff-Probenahme erforderliche Komponenten bei Verwendung eines beheizten Flammenionisations-Detektors (HFID) wie in Abbildung A5/10 dargestellt.

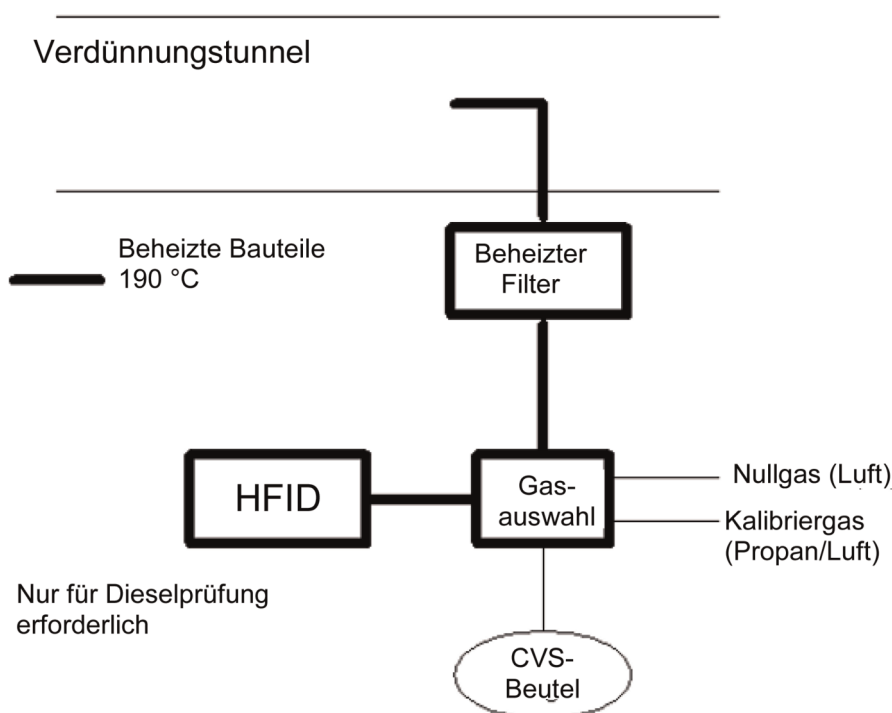
4.1.5.3.1. Beheizte Probenahmesonde im Verdünnungstunnel, auf derselben vertikalen Ebene wie die Partikel- und, falls zutreffend, Teilchen-Probenahmesonden.

4.1.5.3.2. Beheizter Filter, nach der Probenahmestelle und vor dem HFID.

- 4.1.5.3.3. Beheizte Auswahlventile zwischen Null-/Kalibriergaszufuhr und dem HFID
- 4.1.5.3.4. Registriergerät und integrierendes Gerät für die momentanen Kohlenwasserstoffkonzentrationen.
- 4.1.5.3.5. Beheizte Probenahmeleitungen und beheizte Bestandteile zwischen beheizter Probenahmesonde und HFID.

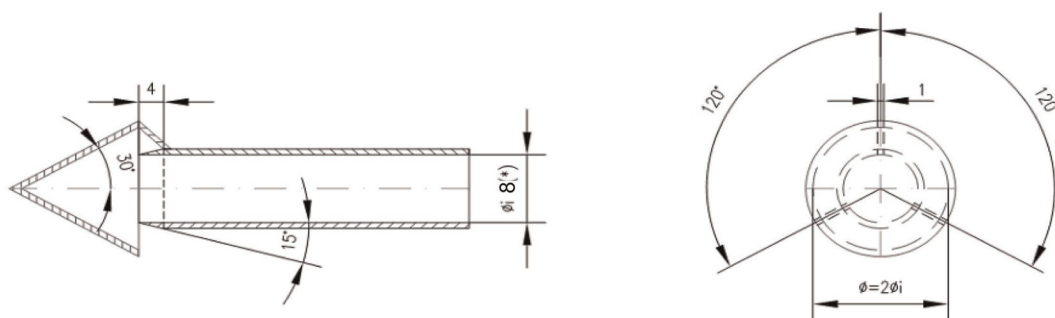
Abbildung A5/10

Bei Verwendung eines HFID für die Kohlenwasserstoff-Probenahme erforderliche Bestandteile



- 4.2. PM-Messeinrichtung
- 4.2.1. Spezifikation
 - 4.2.1.1. Beschreibung des Systems
 - 4.2.1.1.1. Die Partikelprobenahmeeinheit besteht aus einer Probenahmesonde (PSP) im Verdünnungstunnel, einem Verbindungsrohr für die Weiterleitung der Partikel (PTT), einem Filterhalter (FH), einer oder mehreren Pumpen, sowie Durchsatzregelungs- und -messeinrichtungen. Siehe Abbildungen A5/11, A5/12 und A5/13.
 - 4.2.1.1.2. Ein Partikelgrößenvorklassierer (PCF) (z. B. Zyklon- oder Trägheitsabschneider) kann verwendet werden. Es wird empfohlen, diesen gegebenenfalls vor dem Filterhalter anzubringen.

Abbildung A5/11

Alternativkonfiguration für die Probenahmesonde

(*) Mindestinnendurchmesser

Wandstärke: ~ 1 mm – Werkstoff: Nicht rostender Stahl

4.2.1.2. Allgemeine Anforderungen

4.2.1.2.1. Die Probenahmesonde für den Partikel-Probengasstrom muss im Verdünnungstunnel so angeordnet sein, dass dem homogenen Luft-Abgas-Gemisch ein repräsentativer Probengasstrom entnommen werden kann; sie ist gegebenenfalls vor einem Wärmetauscher anzubringen.

4.2.1.2.2. Der Durchsatz der Partikelprobe muss proportional zur Gesamtdurchsatzmenge des verdünnten Abgases im Verdünnungstunnel sein (Durchsatztoleranz für die Partikelprobe: $\pm 5\%$). Bei Inbetriebnahme des Systems ist die Proportionalität der Probenahme wie von der zuständigen Behörde verlangt zu überprüfen.

4.2.1.2.3. Die die Probe des verdünnten Abgases ist jeweils 20 cm vor und nach dem Partikelprobenahmefilter auf einer Temperatur zwischen 20 °C und 52 °C zu halten. Das Erwärmen oder Dämmen von Teilen des Partikelprobenahmesystems zu diesem Zweck ist zulässig.

Wird die 52 °C-Grenze während einer Prüfung ohne periodische Regenerierung überschritten, ist der CVS-Durchsatz zu erhöhen oder die Verdünnung zu verdoppeln (sofern der CVS-Durchsatz bereits ausreichend ist und um eine Kondensation in den CVS-Probenahmebeuteln oder dem Analysesystem zu verhindern).

4.2.1.2.4. Die Partikelprobe wird auf einem Einfachfilter aufgefangen, der in einem Halter in dem Strom des entnommenen verdünnten Abgases befestigt ist.

4.2.1.2.5. Alle mit dem Rohabgas oder dem verdünnten Abgas in Berührung kommenden Teile des Verdünnungssystems und des Probenahmesystems vom Auspuffrohr bis zum Filterhalter sind so auszulegen, dass sich möglichst wenig Partikel auf ihnen ablagern und die Partikel sich möglichst wenig verändern. Alle Teile müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die mit den Bestandteilen der Abgase nicht reagieren, und zur Vermeidung elektrostatischer Effekte geerdet sein.

4.2.1.2.6. Ist ein Ausgleich der Durchsatzschwankungen nicht möglich, dann sind ein Wärmetauscher und ein Temperaturregler gemäß Absatz 3.3.5.1 oder Absatz 3.3.6.4.2 dieses Anhangs zu verwenden, damit ein konstanter Durchsatz durch das System und damit die Proportionalität des Durchsatzes der Probe sichergestellt sind.

4.2.1.2.7. Die für die PM-Messung erforderlichen Temperaturen sind mit einer Genauigkeit von $\pm 1\text{ °C}$ und einer Ansprechzeit ($t_{90} - t_{10}$) von höchstens 15 Sekunden zu messen.

4.2.1.2.8. Der Probenstrom aus dem Verdünnungstunnel ist mit einer Genauigkeit von $\pm 2,5\%$ des Ablesewerts oder $\pm 1,5$ des Skalenendwerts zu messen, je nachdem, welcher Wert geringer ist.

Die obenstehend beschriebene Genauigkeit des Probenstroms aus dem CVS-Tunnel gilt auch bei doppelter Verdünnung. Daher müssen die Messung und Steuerung der Durchsatzmenge der sekundären Verdünnungsluft und des verdünnten Abgases durch den Filter eine größere Genauigkeit aufweisen.

4.2.1.2.9. Alle für die PM-Messung erforderlichen Datenkanäle sind mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz zu dokumentieren. Typischerweise würden diese Folgendes umfassen:

a) Temperatur des verdünnten Abgases am Partikelprobenahmefilter

b) Probendurchsatz

c) Durchsatz der sekundären Verdünnungsluft (nur bei sekundärer Verdünnung)

d) Temperatur der sekundären Verdünnungsluft (nur bei sekundärer Verdünnung)

4.2.1.2.10. Bei Doppelverdünnungssystemen wird die in Anhang B7 Absatz 3.3.2 definierte aus dem Verdünnungstunnel übermittelte Genauigkeit des verdünnten Abgases V_{ep} in der Gleichung nicht direkt gemessen, sondern mittels Differenzdurchsatzmessung ermittelt.

Die Genauigkeit der für die Messung und die Steuerung des durch die Partikelprobenahmefilter geleiteten doppelt verdünnten Abgases sowie für die Messung/Steuerung der sekundären Verdünnungsluft verwendeten Durchsatzmesser muss ausreichen, damit das Differenzvolumen V_{ep} den Anforderungen an die Genauigkeit und die proportionale Probenahme bei einfacher Verdünnung entspricht.

Die Bedingung, dass im CVS-Verdünnungstunnel, im Messsystem für den Durchsatz des verdünnten Abgases sowie in den Sammel- und Analysesystemen der CVS-Beutel keine Kondensation erfolgen darf, gilt auch beim Einsatz von Systemen mit doppelter Verdünnung.

4.2.1.2.11. Jeder in einem Partikelprobenahmesystem oder einem System mit doppelter Verdünnung verwendete Durchsatzmesser ist einer Linearitätsüberprüfung nach den Anforderungen des Instrumentenherstellers zu unterziehen.

Abbildung A5/12

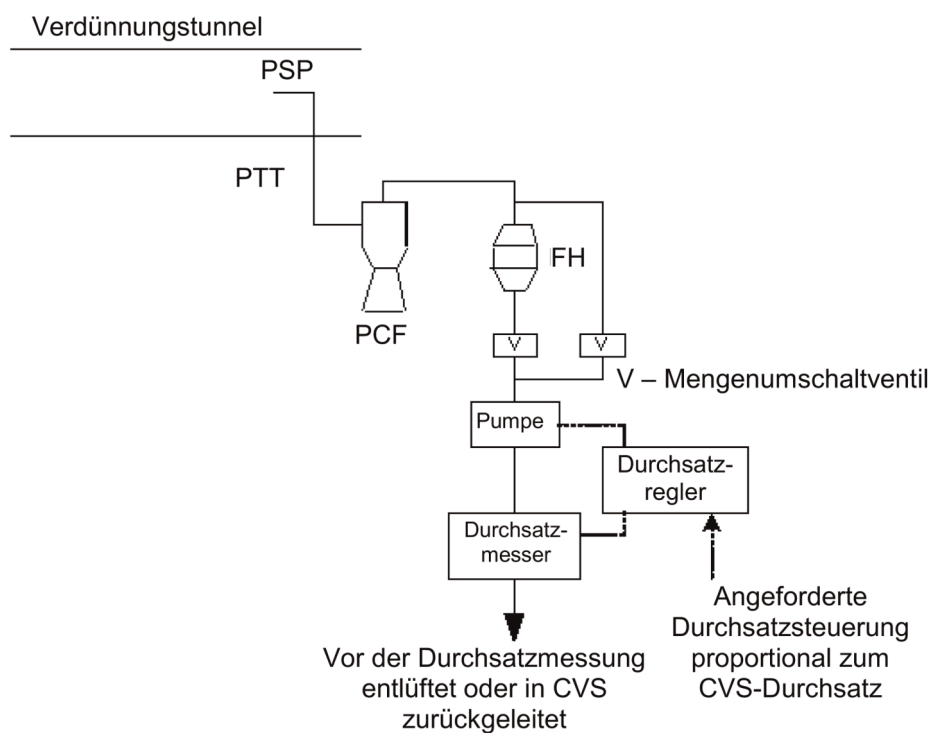
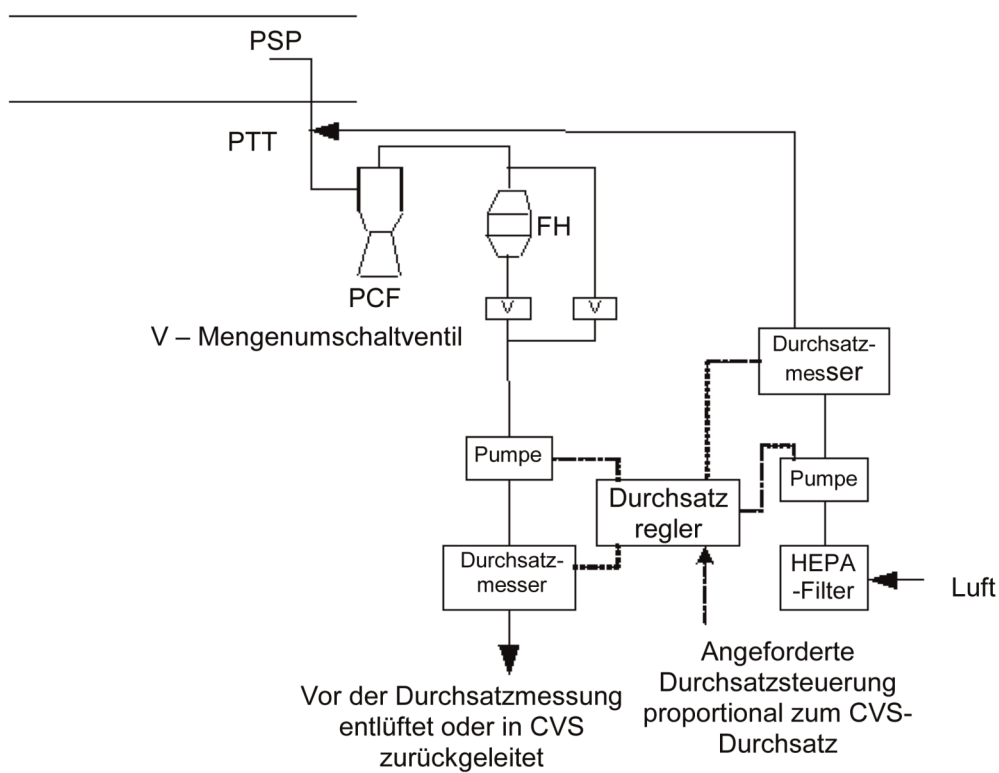
Partikelprobenahmesystem

Abbildung A5/13

Doppel-Verdünnungs-Partikelprobenahmesystem

4.2.1.3. Besondere Anforderungen

4.2.1.3.1. Probenahmesonde

4.2.1.3.1.1. Mit der Probenahmesonde muss die Größenklassierung der Partikel nach den Angaben in Absatz 4.2.1.3.1.4 dieses Anhangs durchgeführt werden können. Es wird empfohlen, dafür eine scharfkantige, offene Sonde, deren Spitze in die Strömungsrichtung zeigt, sowie einen Vorklassierer (Zyklonabscheider etc.) zu verwenden. Eine geeignete Probenahmesonde entsprechend der Darstellung in der Abbildung A5/11 kann alternativ verwendet werden, sofern damit die Vorklassierung nach den Angaben in Absatz 4.2.1.3.1.4 dieses Anhangs durchgeführt werden kann.

4.2.1.3.1.2. Die Probenahmesonde wird mindestens 10 Tunneldurchmesser stromabwärts von dem Punkt angebracht, an dem die Abgase in den Tunnel eintreten, und hat einen Mindestinnendurchmesser von 8 mm.

Wenn gleichzeitig mehr als eine Probe mit einer einzigen Probenahmesonde entnommen wird, ist der mit dieser Sonde entnommene Gasstrom in zwei identische Teilströme zu teilen, um verzerrte Ergebnisse bei der Probenahme zu vermeiden.

Wenn mehrere Sonden verwendet werden, muss jede Sonde scharfkantig sein, ein offenes Ende haben und mit der Spitze in die Strömungsrichtung zeigen. Die Sonden sind mit mindestens 5 cm Abstand voneinander gleichmäßig um die Längsmittelachse des Verdünnungstunnels herum anzuordnen.

4.2.1.3.1.3. Der Abstand von der Sondenspitze zum Filterhalter muss mindestens fünf Sondendurchmesser betragen, darf aber nicht größer als 2000 mm sein.

4.2.1.3.1.4. Der Vorklassierer (Abscheider, Impinger usw.) muss sich vor dem Filterhalter befinden. Der Partikeldurchmesser in Bezug auf den 50 %-Trennschnitt des Partikelvorklassierers muss bei dem Durchfluss, der für die Partikelmasse-Probenahme gewählt wurde, zwischen 2,5 µm und 10 µm betragen. Der Vorklassierer muss mindestens 99 % der Massenkonzentration an 1 µm großen Partikeln, die in den Vorklassierer hineinströmen, bei dem Durchfluss, der für die Partikelmasse-Probenahme gewählt wurde, durch den Auslass des Vorklassierers strömen lassen.

4.2.1.3.2. Partikelübertragungsrohr

Die Kurven des Partikelübertragungsrohrs müssen glatt sein und über den größtmöglichen Radius verfügen.

4.2.1.3.3. Zweite Verdünnung

4.2.1.3.3.1. Es besteht die Möglichkeit, die von der Probenahmeeinrichtung mit konstantem Volumen (constant volume sampler, CVS) zu Zwecken der Messung der Partikelmasse entnommene Probe in einem zweiten Schritt zu verdünnen, sofern die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

4.2.1.3.3.1.1. Die Sekundärverdünnungsluft muss durch ein Medium, mit dem mindestens 99,95 % der Partikel der Größe mit dem höchsten Durchlassgrad abgeschieden werden können, oder durch einen Hochleistungs-Partikelfilter (high efficiency particulate air filter, HEPA-Filter), der mindestens der Klasse H13 nach der Norm EN 1822:2009 entspricht, gefiltert werden. Die Verdünnungsluft kann auch durch Aktivkohlefilter gereinigt werden, bevor sie in den HEPA-Filter geleitet wird. Es wird empfohlen, vor dem HEPA-Filter und hinter dem Aktivkohlefilter (falls vorhanden) einen zusätzlichen Grobpartikelfilter zu verwenden.

4.2.1.3.3.1.2. Die Sekundärverdünnungsluft ist möglichst nahe zu dem Punkt, an dem das verdünnte Abgas aus dem Verdünnungstunnel austritt, in das Partikelübertragungsrohr einzuleiten.

4.2.1.3.3.1.3. Die Verweildauer ab der Einbringung der Sekundärverdünnungsluft in den Filter sollte mindestens 0,25 Sekunden betragen, darf 5 Sekunden jedoch nicht übersteigen.

4.2.1.3.3.1.4. Bei einer Rückführung der doppelt verdünnten Probe zur CVS ist der Punkt der Probenrückführung so zu wählen, dass die Entnahme weiterer Proben aus der CVS nicht beeinflusst wird.

4.2.1.3.4. Probenahmepumpe und Durchsatzmesser

4.2.1.3.4.1. Die Messeinrichtung für den Probegasdurchsatz besteht aus Pumpen, Gasströmungsreglern und Durchsatzmesseinrichtungen.

4.2.1.3.4.2. Die Temperatur des Probegasstroms darf im Durchsatzmesser nicht um mehr als $\pm 3\text{ °C}$ schwanken; dies gilt nicht:

- a) wenn der Probendurchsatzmesser über Echtzeit-Überwachung und Durchsatzregelung bei einer Frequenz von 1 Hz oder schneller verfügt;
- b) für Regenerierungsprüfungen an Fahrzeugen mit einem periodisch regenerierenden Abgasnachbehandlungssystem.

Wenn das Durchflussvolumen sich wegen einer zu hohen Filterbeladung unzulässig verändert, muss die Prüfung abgebrochen werden. Bei der Wiederholung muss ein geringerer Durchsatz eingestellt werden.

4.2.1.3.5. Filter und Filterhalter

4.2.1.3.5.1. Ein Ventil muss in Strömungsrichtung hinter dem Filter angeordnet sein. Das Ventil muss sich innerhalb einer Sekunde nach Beginn und Ende der Prüfung öffnen und schließen können.

4.2.1.3.5.2. Bei einer bestimmten Prüfung muss die Filteranströmgeschwindigkeit auf einen Anfangswert innerhalb des Bereichs von 20 cm/s bis 105 cm/s eingestellt werden. Zu Beginn der Prüfung muss die Filteranströmgeschwindigkeit zudem so eingestellt werden, dass 105 cm/s nicht überschritten werden, wenn das Verdünnungssystem so betrieben wird, dass der Probendurchsatz proportional zum Durchsatz durch die CVS ist.

4.2.1.3.5.3. Es müssen fluorkohlenstoffbeschichtete Glasfaserfilter oder Fluorkohlenstoff-Membranfilter verwendet werden.

Alle Filtertypen müssen für 0,3 μm DOP (Diöctylphthalat) 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.A. USA Test Method Standard des Department of Defense, MIL-STD-282 Methode 102.8: DOP-Rauchdurchlässigkeit des Aerosol-Filtereinsatzes
- b) U.S.A. USA Test Method Standard des Department of Defense, 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)

4.2.1.3.5.4. Der Filterhalter muss so konstruiert sein, dass der Gasstrom gleichmäßig über die gesamte Filterfläche verteilt wird. Der Filter muss rund um die Filterfläche mindestens 1,075 mm² groß sein.

4.2.2. Spezifikationen für Wägekammern (oder Wägeräume) und Analysenwaagen

4.2.2.1. Bedingungen in der Wägekammer (oder im Wägeraum)

- a) In der Wägekammer (oder im Wägeraum), in dem/der die Partikelprobenahmefilter konditioniert und gewogen werden, herrscht bei allen Filterkonditionierungen und Wägungen eine Temperatur von $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ($22\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, wenn möglich).
- b) Der Taupunkt liegt bei weniger als 10,5 °C und die relative Luftfeuchtigkeit beträgt 45 % $\pm$ 8 %.

- c) Begrenzte Abweichungen von der für die Wägekammer (oder den Wägeraum) vorgeschriebenen Temperatur und Feuchtigkeit sind zulässig, sofern sie nicht länger als 30 Minuten während einer Filterkonditionierung auftreten.
- d) Die Umgebungsluft der Wägekammer (oder des Wägeraums) muss möglichst frei von jeglichen Schmutzstoffen sein, die sich während der Stabilisierung der Partikelprobeentnahmefilter auf diesen absetzen könnten.
- e) Während der Wägung sind keine Abweichungen von den vorgeschriebenen Bedingungen zulässig.

4.2.2.2. Lineare Reaktion einer Analysenwaage

Die Analysenwaage, die verwendet wird, um das Gewicht eines Filters zu bestimmen, muss den Kriterien für die Überprüfung der Linearität gemäß Tabelle A5/1 unter Anwendung einer linearen Regression entsprechen. Die Waage muss demnach eine Genauigkeit von mindestens $\pm 2 \mu\text{g}$ und eine Auflösung von $1 \mu\text{g}$ (1 Stelle = $1 \mu\text{g}$) oder besser haben. Es sind mindestens vier Referenzgewichte mit gleichem Abstand voneinander zu überprüfen. Der Nullwert muss innerhalb $\pm 1 \mu\text{g}$ liegen.

Tabelle A5/1

Prüfkriterien für die Analysewaage

Messsystem	Achsenabschnitt a_0	Steigung a_1	Standard-abweichung vom Schätzwert (SEE)	Bestimmungs-koeffizient r^2
Partikelwaage	$\leq 1 \mu\text{g}$	0,99-1,01	max. $\leq 1 \%$	$\geq 0,998$

4.2.2.3. Ausschaltung der Auswirkungen statischer Elektrizität

Die Einflüsse statischer Elektrizität müssen ausgeschaltet werden. Dies kann erreicht werden, indem die Waage zum Erden auf eine antistatische Matte gestellt wird und die Partikelprobeentnahmefilter 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.

4.2.2.4. 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 unbekannt, sind die folgenden Dichten zu verwenden:

- a) fluorkohlenstoffbeschichtete PTFE-Glasfaserfilter: $2,300 \text{ kg/m}^3$;
- b) PTFE-Membranfilter: $2,144 \text{ kg/m}^3$
- c) PTFE-Membranfilter mit Polymethylpenten-Stützring: 920 kg/m^3

Bei zum Kalibrieren der Waage verwendeten Gewichten aus nichtrostendem Stahl ist eine Dichte von $8,000 \text{ kg/m}^3$ zu verwenden. Besteht das zum Kalibrieren der Waage verwendete Gewicht aus einem anderen Material, muss dessen Dichte bekannt sein und verwendet werden. Es ist die Internationale Empfehlung OIML R 111-1 Edition 2004(E) (oder gleichwertig) der International Organization of Legal Metrology zu Kalibrierengewichten zu beachten.

Zur Auftriebskorrektur ist die folgende Gleichung anzuwenden:

$$P_{ef} = P_{e_{uncorr}} \times \left(\frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right)$$

dabei ist:

P_{ef} korrigierte Partikelprobenmasse (in mg);

$P_{e_{uncorr}}$ nicht korrigierte Partikelprobenmasse (in mg);

ρ_a Luftdichte (in kg/m^3);

ρ_w Dichte des zum Kalibrieren der Waage verwendeten Gewichts (in kg/m^3);

ρ_f Dichte des Partikelprobenahmefilters (in kg/m^3).

Die Luftdichte ρ_a wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$\rho_a = \frac{p_b \times M_{\text{mix}}}{R \times T_a}$$

p_b atmosphärischer Gesamtdruck (in kPa);

T_a Lufttemperatur in der Waagenumgebung (in Kelvin (K));

M_{mix} Molmasse der Luft in der Waagenumgebung, $28,836 \text{ g mol}^{-1}$;

R molare Gaskonstante, $8,3144 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

4.3. Partikelzahl-Messeinrichtung

4.3.1. Spezifikation

4.3.1.1. Beschreibung des Systems

4.3.1.1.1. Das Partikelprobenahmesystem besteht aus einer Sonde oder Probenahmestelle, über die eine Probe aus einem homogenen Gemisch des Stroms in einem Verdünnungssystem entnommen wird, aus einem Entferner flüchtiger Partikel, der sich vor einem Partikelzähler befindet, sowie aus geeigneten Übertragungsrohren. Siehe Abbildung A5/14.

4.3.1.1.2. Es wird empfohlen, einen Partikelgrößenvorklassierer (Abscheider, Impinger usw.) vor der Einflussöffnung zum Entferner flüchtiger Partikel einzusetzen. Der Partikeldurchmesser in Bezug auf den 50 %-Trennschnitt des Partikelvorklassierers muss bei dem Durchfluss, der für die Partikelprobenahme gewählt wurde, zwischen $2,5 \mu\text{m}$ und $10 \mu\text{m}$ betragen. Der Partikelvorklassierer muss mindestens 99 % der Massenkonzentration an $1 \mu\text{m}$ großen Partikeln, die in den Partikelvorklassierer hineinströmen, bei dem Durchfluss, der für die Partikelprobenahme gewählt wurde, durch den Auslass des Partikelvorklassierers strömen lassen.

Eine Probenahmensonde, die die Funktion einer Einrichtung zur Größenklassifizierung erfüllt, wie z. B. in Anhang A5/11 dargestellt, kann alternativ zu einem Partikelgrößenvorklassierer verwendet werden.

4.3.1.2. Allgemeine Anforderungen

4.3.1.2.1. Die Partikelprobenahmestelle muss sich in einem Verdünnungssystem befinden. Bei Doppelverdünnungssystemen muss sich die Partikelprobenahmestelle innerhalb des Vorverdünnungssystems befinden.

4.3.1.2.1.1. Die Sondenspitze oder die Partikelprobenahmestelle sowie das Übertragungsrohr bilden zusammen das Partikelübertragungssystem. Die Probe wird durch das Partikelübertragungssystem aus dem Verdünnungstunnel zur Einflussöffnung des Entfernens flüchtiger Partikel geleitet. Das Partikelübertragungssystem muss folgende Voraussetzungen erfüllen:

a) Die Probenahmesonde wird mindestens 10 Tunneldurchmesser stromabwärts von dem Punkt angebracht, an dem die Abgase in den Verdünnungstunnel eintreten, und gegen den Abgasstrom in den Tunnel gerichtet, wobei sich ihre Achse an der Spitze parallel zu der des Verdünnungstunnels befindet.

b) Die Probenahmesonde muss sich vor der Konditioniereinrichtung (z. B. Wärmetauscher) befinden.

c) Die Probenahmesonde ist innerhalb des Verdünnungstunnels so anzubringen, dass die Probe aus einem homogenen Gemisch aus Verdünnung und Abgasen entnommen werden kann.

4.3.1.2.1.2. Das durch das Partikelübertragungssystem geleitete Gas muss folgende Voraussetzungen erfüllen:

a) Bei Vollstrom-Verdünnungssystemen muss die Reynolds-Zahl (Re) kleiner als 1,700 sein.

b) Bei Doppelverdünnungssystemen muss die Reynolds-Zahl (Re) im Partikelübertragungsrohr, d. h. hinter der Probenahmesonde oder der Probenahmestelle, kleiner als 1,700 sein.

c) Seine Verweildauer im Partikelübertragungssystem darf höchstens 3 Sekunden betragen.

4.3.1.2.1.3. Andere Probenahmeeinstellungen für das Partikelübertragungssystem sind zulässig, wenn ein gleichwertiger Durchsatz fester Partikel bei 30 nm nachgewiesen wird.

4.3.1.2.1.4. Das Auslassrohr, durch das die verdünnte Probe vom Entferner flüchtiger Partikel zum Einlass des Partikelzählers geleitet wird, muss folgende Eigenschaften besitzen:

a) Innendurchmesser ≥ 4 mm.

b) Die Verweildauer des Probengasstroms darf höchstens 0,8 Sekunden betragen.

4.3.1.2.1.5. Andere Probenahmeeinstellungen für das Auslassrohr sind zulässig, wenn ein gleichwertiger Partikeldurchsatz bei 30 nm nachgewiesen wird.

4.3.1.2.2. Der Entferner flüchtiger Partikel muss über Funktionen verfügen, die die Verdünnung der Probe und das Entfernen flüchtiger Partikel ermöglichen.

4.3.1.2.3. Alle mit dem Rohabgas oder dem verdünnten Abgas in Berührung kommenden Teile des Verdünnungssystems und des Probenahmesystems vom Auspuffrohr bis zum Partikelzähler müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, müssen zur Vermeidung elektrostatischer Effekte geerdet sein und sind so zu gestalten, dass sich möglichst wenig Partikel auf ihnen ablagern.

- 4.3.1.2.4. Das Partikelprobenahmesystem muss bewährte Verfahren im Bereich der Aerosolprobenahme berücksichtigen; dazu zählen die Vermeidung scharfer Knick- und abrupter Querschnittsänderungen, die Verwendung glatter Innenflächen und einer möglichst kurzen Probenahmeleitung. Querschnittsänderungen, die schrittweise erfolgen, sind zulässig.
- 4.3.1.3. Besondere Anforderungen
- 4.3.1.3.1. Die Partikelprobe darf vor dem Erreichen des Partikelzählers nicht durch eine Pumpe strömen.
- 4.3.1.3.2. Es wird empfohlen, einen Probenahmenvorklassierer zu verwenden.
- 4.3.1.3.3. Der Entferner flüchtiger Partikel muss:
- a) die Verdünnung der Probe in einer oder mehreren Stufen derart ermöglichen, dass eine Konzentration der Partikelzahl unterhalb der oberen Schwelle des Einzelpartikelzählmodus des Partikelzählers erreicht wird;
 - b) eine Gastemperatur am Einlass des Partikelzählers aufweisen, die weniger als die vom Hersteller des Partikelzählers angegebene maximal zulässige Temperatur am Einlass beträgt;
 - c) über eine erste Verdünnungsstufe verfügen, in der eine Hitzeverdünnung erfolgt, d. h., eine Probe wird auf eine Temperatur von $\geq 150\text{ °C}$ und $\leq 350\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ gebracht und mit einem Faktor von mindestens 10 verdünnt;
 - d) die Stufen der Hitzeverdünnung so kontrollieren, dass die Nennbetriebstemperaturen mit einer Abweichung von $\pm 10\text{ °C}$ konstant innerhalb des Bereiches von mindestens 150 °C bis höchstens 400 °C liegen;
 - e) mit einer Funktion versehen sein, die anzeigt, ob die Betriebstemperaturen der Hitzeverdünnungsstufen im vorgeschriebenen Bereich liegen;
 - f) einen zuverlässigen Durchsatz fester Partikel von mindestens 70 % für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 100 nm erreichen;
 - g) einen Minderungsfaktor der Partikelkonzentration $f_r(d_i)$ erreichen, der für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm und 50 nm höchstens 30 % bzw. 20 % höher und höchstens 5 % niedriger als der Minderungsfaktor für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 100 nm für den Entferner flüchtiger Partikel insgesamt ist.

Für jede Partikelgröße ist der Minderungsfaktor der Partikelkonzentration $f_r(d_i)$ folgendermaßen zu berechnen:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{\text{in}}(d_i)}{N_{\text{out}}(d_i)}$$

dabei ist:

$N_{\text{in}}(d_i)$ Konzentration (stromaufwärts) der Partikelzahl für Partikel mit dem Durchmesser d_i ;

$N_{\text{out}}(d_i)$ Konzentration (stromabwärts) der Partikelzahl für Partikel mit dem Durchmesser d_i ;

d_i elektrischer Mobilitätsdurchmesser der Partikel (30 nm, 50 nm oder 100 nm).

$N_{\text{in}}(d_i)$ und $N_{\text{out}}(d_i)$ sind zu denselben Bedingungen zu berichtigen.

Der Minderungsfaktor des arithmetischen Mittelwerts der Partikelkonzentration bei einem bestimmten Verdünnungswert $\bar{f}_r$ wird mithilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$\bar{f}_r = \frac{f_r(30 \text{ nm}) + f_r(50 \text{ nm}) + f_r(100 \text{ nm})}{3}$$

Es wird empfohlen, den Entferner flüchtiger Partikel als vollständiges Bauteil zu kalibrieren und zu validieren.

- h) nach guter technischer Praxis konstruiert sein, um zu gewährleisten, dass die Minderungsfaktoren der Partikelkonzentration während der gesamten Überprüfung stabil sind;
- i) durch Beheizen und eine Reduzierung der Teildrücke von Tetracontan bei einer Einlasskonzentration von $\geq 10,000 \text{ pro cm}^3$ eine Verdampfung von mehr als 99,0 % der Tetracontan-Partikel ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$) mit einem Durchmesser von 30 nm erreichen.

4.3.1.3.3.1. Der Durchsatz fester Partikel $P_r(d_i)$ mit der Partikelgröße d_i ist anhand folgender Gleichung zu berechnen:

$$P_r(d_i) = DF \cdot N_{\text{out}}(d_i) / N_{\text{in}}(d_i)$$

dabei ist:

$N_{\text{in}}(d_i)$ Konzentration (stromaufwärts) der Partikelzahl für Partikel mit dem Durchmesser d_i ;

$N_{\text{out}}(d_i)$ Konzentration (stromabwärts) der Partikelzahl für Partikel mit dem Durchmesser d_i ;

d_i elektrischer Mobilitätsdurchmesser der Partikel.

DF der entweder mit Spurengasen oder Durchflussmessungen bestimmte Verdünnungsfaktor zwischen den Messpunkten von $N_{\text{in}}(d_i)$ und $N_{\text{out}}(d_i)$.

4.3.1.3.4. Der Partikelzähler muss folgende Bedingungen erfüllen:

- a) Betrieb unter Vollstrombedingungen.
- b) Die Zählgenauigkeit auf der Grundlage einer verfolgbaren Norm liegt bei $\pm 10 \%$ im gesamten Bereich von 1 pro cm^3 bis zur oberen Schwelle des Einzelpartikelzählmodus des Partikelzählers. Betragen die Konzentrationen weniger als 100 pro cm^3 , so werden gegebenenfalls Durchschnittsmessungen über längere Probenahmezeiträume erforderlich, um die Genauigkeit des Partikelzählers mit einem hohen Maß an statistischer Verlässlichkeit nachweisen zu können.
- c) Die Auflösung beträgt mindestens $0,1 \text{ Partikel pro cm}^3$ bei Konzentrationen von weniger als 100 pro cm^3 .
- d) Betrieb nur im Einzelpartikelzählmodus und eine lineare Reaktion gegenüber der Konzentration der Partikelzahl innerhalb des spezifizierten Messbereichs des Geräts muss gegeben sein.
- e) Die Datenmeldefrequenz beträgt mindestens $0,5 \text{ Hz}$.
- f) Die t_{90} -Reaktionszeit über die gesamte gemessene Konzentrationsdauer hinweg beträgt weniger als 5 Sekunden.
- g) Anwendung einer Korrektur mit einem Kalibrierfaktor gemäß Absatz 5.7.1.3 dieses Anhangs.

- h) Die Effizienz der Zählfunktion für die jeweiligen Partikelgrößen muss den Angaben in Tabelle A5/2 entsprechen.
- i) Der Kalibrierfaktor des Partikelzählers aus der linearen Kalibrierung mit einem rückverfolgbaren Bezugswert ist für die Bestimmung der Effizienz der Zählfunktion des Partikelzählers anzuwenden. Die Zähleffizienz einschließlich des Kalibrierfaktors aus der linearen Kalibrierung mit einem rückverfolgbaren Bezugswert ist anzugeben.
- j) Wird für den Partikelzähler außer n-Butylalkohol oder Isopropylalkohol eine andere Betriebsflüssigkeit verwendet, so ist die Zähleffizienz des Partikelzählers mit Polyalphaolefin mit einer Viskosität von 4 cSt und rußähnlichen Partikeln nachzuweisen.

Tabelle A5/2

Effizienz der Zählfunktion des Partikelzählers

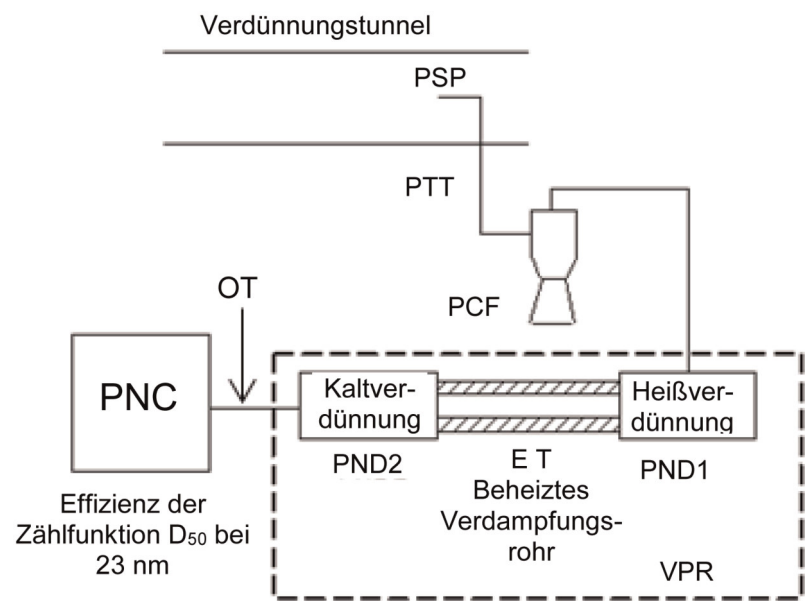
Nomineller Partikeldurchmesser in Bezug auf die elektrische Mobilität (nm)	Effizienz der Zählfunktion des Partikelzählers (%)
23	50 ± 12
41	> 90

- 4.3.1.3.5. Wird im Partikelzähler eine Betriebsflüssigkeit verwendet, so ist diese gemäß der vom Instrumentenhersteller angegebenen Häufigkeit zu wechseln.
- 4.3.1.3.6. Werden der Druck und/oder die Temperatur nicht auf einem bekannten konstanten Niveau an der Stelle gehalten, an der der Partikelzähler-Durchsatz kontrolliert wird, so sind diese am Einlass zum Partikelzähler zu messen, um die Messungen der Partikelkonzentration auf Standardbedingungen zu berichtigen. Die Standardbedingungen sind 101,325 kPa für den Druck und 0 °C für die Temperatur.
- 4.3.1.3.7. Die Summe aus der Verweildauer im Partikelübertragungssystem, im Entferner flüchtiger Partikel und im Auslassrohr sowie der t_{90} -Reaktionszeit des Partikelzählers darf höchstens 20 Sekunden betragen.
- 4.3.1.4. Empfohlene Systemmerkmale

Im folgenden Absatz wird das empfohlene Verfahren für die Messung der Partikelzahl beschrieben. Jedoch sind Systeme zulässig, die die in den Absätzen 4.3.1.2 und 4.3.1.3 dieses Anhangs genannten Leistungsspezifikationen erfüllen. Siehe Abbildung A5/14.

Abbildung A5/14

Empfohlenes Partikelprobenahmesystem



Das Verdampfungsröhr (Evaporation tube - ET) kann katalytisch aktiv sein, wobei die Wandtemperatur 350 °C (± 10 °C) beträgt.

5.
- Kalibrierungsintervalle und -verfahren
- 5.1.
- Kalibrierungsintervalle

Alle Instrumente in Tabelle A5/3 sind bei/nach längeren Wartungsintervallen zu kalibrieren.

Tabelle A5/3

Kalibrierungsintervalle für das Instrument

Prüfungen des Instruments	Intervall	Kriterium
Linearität (Kalibrierung) der Gasanalysatoren	Halbjährlich	$\pm 2\%$ des Ablesewerts
Mitteljustierung	Halbjährlich	$\pm 2\%$
CO NDIR: Interferenz CO ₂ /H ₂ O	Monatlich	-1 bis 3 ppm
Prüfung des NO _x -Konverters	Monatlich	> 95 %
Prüfung des CO ₄ -Cutters	Jährlich	98 % des Ethans
Ansprechen FID CH ₄	Jährlich	Siehe Absatz 5.4.3 dieses Anhangs.
FID-Luft-/Kraftstoffdurchsatz	Im Rahmen größerer Wartungsarbeiten	Gemäß Instrumentenhersteller.

Prüfungen des Instruments	Intervall	Kriterium
NO/NO ₂ NDUV: Interferenz H ₂ O, HC	Im Rahmen größerer Wartungsarbeiten	Gemäß Instrumentenhersteller.
Laser-Infrarotspektrometer (modulierte schmalbandige Infrarotanalysatoren mit hoher Auflösung): Empfindlichkeitsprüfung	Jährlich	Gemäß Instrumentenhersteller.
Quantenkaskaden-Laser (QKL)	Jährlich	Gemäß Instrumentenhersteller.
GC-Methode	Siehe Absatz 7.2 dieses Anhangs.	Siehe Absatz 7.2 dieses Anhangs.
LC-Methode	Jährlich	Gemäß Instrumentenhersteller.
Photoakustik	Jährlich	Gemäß Instrumentenhersteller.
FTIR: Nachprüfung der Linearität	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	Siehe Absatz 7.1 dieses Anhangs.
Mikrowaagenlinearität	Jährlich	Siehe Absatz 4.2.2.2 dieses Anhangs.
PNC (Partikelzähler) (falls zutreffend)	Siehe Absatz 5.7.1.1 dieses Anhangs.	Siehe Absatz 5.7.1.3 dieses Anhangs.
Entferner flüchtiger Partikel	Siehe Absatz 5.7.2.1 dieses Anhangs.	Siehe Absatz 5.7.2 dieses Anhangs.

Tabelle A5/4

Kalibrierungsintervalle für Probenahmeeinrichtungen mit konstantem Volumen (CVS)

CVS	Intervall	Kriterium
CVS-Durchsatz	Nach Überholung	± 2 %
Temperatursensor	Jährlich	± 1 °C
Drucksensor	Jährlich	± 0,4 kPa
Einspritzprüfung	Wöchentlich	± 2 %

Tabelle A5/5

Kalibrierungsintervalle für Umgebungsdaten

Klima	Intervall	Kriterium
Temperatur	Jährlich	± 1 °C
Feuchtigkeit	Jährlich	± 5 % relative Luftfeuchtigkeit
Umgebungsdruck	Jährlich	± 0,4 kPa
Kühlgebläse (Ventilator)	Nach Überholung	Gemäß Absatz 1.1.1 dieses Anhangs.

- 5.2. Verfahren zur Kalibrierung der Analysegeräte
- 5.2.1. Jedes Analysegerät ist gemäß den Angaben des Geräteherstellers bzw. gemäß den in Tabelle A5/3 angegebenen Intervallen zu kalibrieren.
- 5.2.2. Jeder bei normalem Betrieb verwendete Messbereich ist gemäß folgendem Verfahren zu linearisieren.
- 5.2.2.1. Die Linearisierungskurve des Analysegerätes wird mithilfe von mindestens fünf Kalibrierpunkten ermittelt, die in möglichst gleichen Abständen angeordnet sein sollen. Der Nennwert der Konzentration des Kalibriergases mit der höchsten Konzentration darf nicht weniger als 80 % des Skalenendwerts betragen.
- 5.2.2.2. Die zur Kalibrierung benötigte Gaskonzentration kann auch mithilfe eines Gasteilers, durch Zusatz von gereinigtem N₂ oder durch Zusatz von gereinigter synthetischer Luft gewonnen werden.
- 5.2.2.3. Die Linearisierungskurve wird nach der Fehlerquadratmethode berechnet. Falls der sich ergebende Grad des Polynoms größer als 3 ist, muss die Zahl der Kalibrierpunkte mindestens gleich diesem Grad plus 2 sein.
- 5.2.2.4. Die Linearisierungskurve darf höchstens um $\pm 2\%$ vom Nennwert jedes Kalibriergases abweichen.
- 5.2.2.5. Anhand der Linearisierungskurve und der Linearisierungspunkte kann festgestellt werden, ob die Kalibrierung richtig durchgeführt wurde. Die verschiedenen Kenndaten des Analysegeräts sind anzugeben, insbesondere:
- a) Analysegerät und Gasbestandteil
 - b) Messbereich
 - c) Datum der Linearisierung
- 5.2.2.6. Wird der zuständigen Behörde gegenüber nachgewiesen, dass sich mit anderen Methoden (z. B. Computer, elektronisch gesteuerter Bereichsumschalter) die gleiche Genauigkeit erreichen lässt, so dürfen auch diese benutzt werden.
- 5.3. Verfahren zur Überprüfung des Nullpunkts und der Kalibrierung des Analysatoren
- 5.3.1. Jeder bei normalem Betrieb verwendete Betriebsbereich ist vor jeder Analyse gemäß den Absätzen 5.3.1.1 und 5.3.1.2 dieses Anhangs zu überprüfen.
- 5.3.1.1. Die Kalibrierung wird unter Verwendung eines Nullgases und eines Kalibriergases entsprechend Anhang B6 Absatz 2.14.2.3 überprüft.
- 5.3.1.2. Nach der Prüfung werden ein Nullgas und dasselbe Kalibriergas zur erneuten Überprüfung gemäß Anhang B6 Absatz 2.14.2.4 verwendet.
- 5.4. Verfahren zur Überprüfung des Ansprechverhaltens des FID auf Kohlenwasserstoffe
- 5.4.1. Optimierung des Ansprechverhaltens des Detektors
- Der FID ist nach den Angaben des Geräteherstellers einzustellen. In dem am meisten verwendeten Betriebsbereich ist Propan in Luft zu verwenden.
- 5.4.2. Kalibrierung von HC-Analysatoren

5.4.2.1 Der Analysator ist unter Verwendung von Propan in Luft und gereinigter synthetischer Luft zu kalibrieren.

5.4.2.2 Eine Kalibrierkurve ist nach Absatz 5.2.2 dieses Anhangs zu erstellen.

5.4.3. Ansprechfaktoren verschiedener Kohlenwasserstoffe und empfohlene Grenzwerte

5.4.3.1. Der Ansprechfaktor R_f für einen bestimmten Kohlenwasserstoff ist das Verhältnis des FID C_1 -Ablesewerts zur Konzentration in der Gasflasche, ausgedrückt als ppm C_1 .

Die Konzentration des Prüfgases muss so hoch sein, dass ungefähr 80 % des Skalenendwerts im Messbereich angezeigt werden. Die Konzentration muss mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$, bezogen auf einen gravimetrischen Normwert, ausgedrückt als Volumen, bekannt sein. Außerdem muss die Gasflasche 24 Stunden lang bei einer Temperatur zwischen 20 °C und 30 °C vorkonditioniert werden.

5.4.3.2. Der Methanfaktor $R_{f_{CH_4}}$ ist bei Inbetriebnahme eines Analysators zu messen und zu bestimmen, sowie anschließend jährlich oder nach längeren Wartungsintervallen vorzunehmen, je nachdem, welcher Zeitpunkt früher eintritt.

Der Ansprechfaktor $R_{f_{C_3H_6}}$ für Propylen und der Ansprechfaktor $R_{f_{C_7H_8}}$ für Toluol ist bei der Inbetriebnahme des Analysators zu messen. Es wird empfohlen, beide Werte bei oder nach größeren Wartungsarbeiten zu messen, die Auswirkungen auf die Ansprechfaktoren haben können.

Die zu verwendenden Prüfgase und die empfohlenen Ansprechfaktoren sind:

Methan und gereinigte Luft: $0.95 < R_{f_{CH_4}} < 1.15$

oder $1.00 < R_f < 1.05$ bei Fahrzeugen, die mit Erdgas/Biomethan betrieben werden,

Propylen und gereinigte Luft: $0.85 < R_{f_{C_3H_6}} < 1.10$

Toluol und gereinigte Luft: $0.85 < R_{f_{C_7H_8}} < 1.10$

Die Faktoren beziehen sich auf einen R_f von 1,00 für Propan und gereinigte Luft.

5.5. Verfahren zur Prüfung der Wirksamkeit des NO_x -Konverters

5.5.1. Der Wirkungsgrad des Konverters, der zur Umwandlung von NO_2 in NO verwendet wird, ist gemäß den nachfolgenden Absätzen zu bestimmen (Abbildung A5/15):

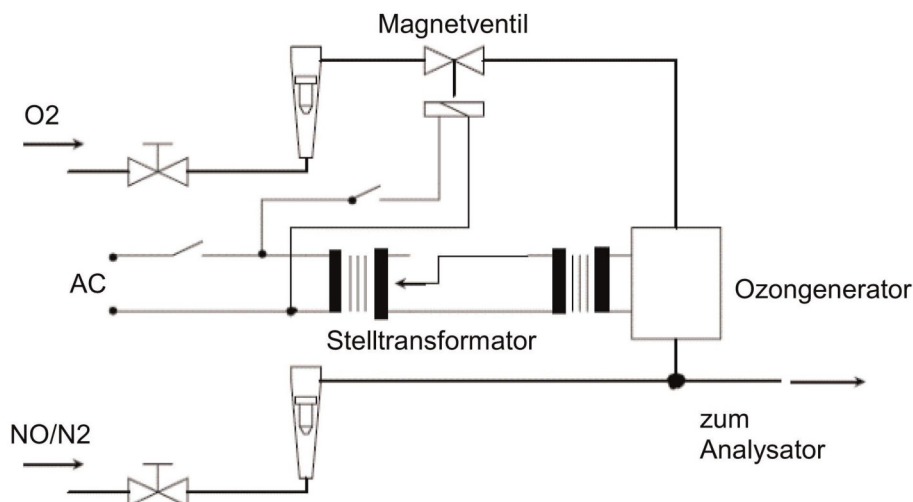
5.5.1.1. Der Analysator ist in dem am meisten verwendeten Messbereich nach den Angaben des Herstellers unter Verwendung von Null- und Kalibriergas (dessen NO -Gehalt ungefähr 80 % des Messbereichs entsprechen muss; die NO_2 -Konzentration des Gasgemischs muss weniger als 5 % der NO -Konzentration betragen) zu kalibrieren. Der NO_x -Analysator muss auf den NO -Betriebszustand eingestellt sein, sodass das Kalibriergas nicht durch den Konverter strömt. Die angezeigte Konzentration ist aufzuzeichnen.

5.5.1.2. Über ein T-Verbindungsstück wird dem durchströmenden Gas kontinuierlich Sauerstoff oder synthetische Luft zugesetzt, bis die angezeigte Konzentration ungefähr 10 % niedriger als die angezeigte Kalibrierkonzentration nach Absatz 5.5.1.1 dieses Anhangs ist. Die angezeigte Konzentration (c) ist aufzuzeichnen. Der Ozongenerator bleibt während des gesamten Vorgangs ausgeschaltet.

5.5.1.3. Anschließend wird der Ozongenerator eingeschaltet, um so viel Ozon zu erzeugen, dass die NO -Konzentration auf 20 % (Mindestwert 10 %) der Kalibrierkonzentration nach Absatz 5.5.1.1 dieses Anhangs zurückgeht. Die angezeigte Konzentration (d) ist aufzuzeichnen.

- 5.5.1.4. Der NO_x-Analysator wird dann auf den NO_x-Betriebszustand umgeschaltet, wodurch das Gasgemisch (bestehend aus NO, NO₂, O₂ und N₂) nun durch den Konverter strömt. Die angezeigte Konzentration (a) ist aufzuzeichnen.
- 5.5.1.5. Danach wird der Ozongenerator ausgeschaltet. Das Gasgemisch nach Absatz 5.5.1.2 dieses Anhangs strömt durch den Konverter in den Detektor. Die angezeigte Konzentration b ist aufzuzeichnen.

Abbildung A5/15

Konfiguration zur Prüfung der Wirksamkeit des NO_x-Konverters

- 5.5.1.6. Der Zustrom von Sauerstoff oder synthetischer Luft wird bei abgeschaltetem Ozongenerator abgesperrt. Der am Analysegerät angezeigte NO₂-Wert darf dann höchstens 5 % über dem in Absatz 5.5.1.1 dieses Anhangs angegebenen Wert liegen.
- 5.5.1.7. Der Wirkungsgrad des NO_x-Konverters (in %) wird unter Verwendung der in den Absätzen 5.5.1.2 bis einschließlich 5.5.1.5 dieses Anhangs bestimmten Konzentrationen a, b, c und d und mithilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$\text{Efficiency} = \left(1 + \frac{a - b}{c - d}\right) \times 100$$

Der Wirkungsgrad des Konverters darf nicht geringer als 95 % sein. Der Wirkungsgrad des Konverters wird gemäß den in Tabelle A5/3 festgelegten Intervallen geprüft.

5.6. Kalibrierung der Mikrowaage

Die Kalibrierung der für die Wägung von Partikelprobenahmefiltern verwendeten Mikrowaage muss auf eine nationale oder internationale Norm zurückführbar sein. Die Waage muss den Linearitätsanforderungen in Absatz 4.2.2.2 dieses Anhangs entsprechen. Die Linearitätsprüfung ist mindestens alle 12 Monate oder nach einer Instandsetzung bzw. Veränderung, die die Kalibrierung beeinflussen könnte, durchzuführen.

5.7. Kalibrierung und Validierung des Partikelprobenahmesystems

Beispiele für Methoden zur Kalibrierung/Validierung sind verfügbar unter: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpFCP.html>

5.7.1. Kalibrierung des Partikelzählers

- 5.7.1.1. Die zuständige Behörde 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 verfolgbaren 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. Siehe Abbildungen A5/16 und A5/17. Die Effizienz der Zählfunktion des Partikelzählers kann mittels eines Referenz-Partikelzählers oder mindestens zwei anderer Mess-Partikelzähler überprüft werden. Gibt der Partikelzähler Konzentrationen der Partikelzahl an, die mit einer Abweichung von $\pm 10\%$ dem arithmetischen Mittelwert der Konzentrationen des Bezugspartikelzählers oder einer Gruppe von zwei oder mehr Partikelzählern entsprechen, so wird der Partikelzähler als stabil betrachtet. Andernfalls ist eine Wartung des Partikelzählers erforderlich. Wird der Partikelzähler mittels zwei oder mehr anderer Partikelzähler überwacht, ist die Verwendung eines Bezugsfahrzeugs, das nacheinander in verschiedenen Prüfkammern mit jeweils eigenem Partikelzähler in Betrieb ist, zulässig.

Abbildung A5/16

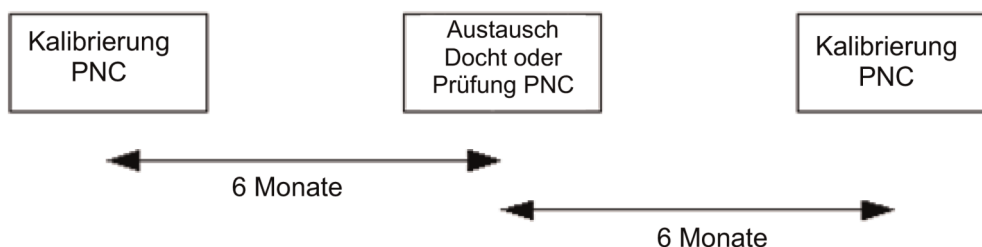
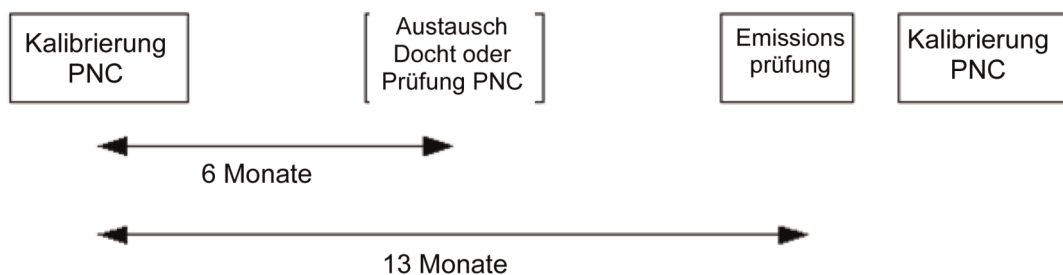
Übliche jährliche Abfolge bei der Partikelzähler-Kalibrierung

Abbildung A5/17

Erweiterte jährliche Abfolge bei der Partikelzähler-Kalibrierung (im Falle einer Verzögerung einer vollständigen Partikelzähler-Kalibrierung)

- 5.7.1.2. Der Partikelzähler ist nach jeder größeren Wartung erneut zu kalibrieren, und ein neues Kalibrierzertifikat ist auszustellen.
- 5.7.1.3. Die Kalibrierung muss nach ISO 27891:2015 erfolgen und auf eine nationale oder internationale Norm rückverfolgbar sein; das Ansprechverhalten des Partikelzählers während des Kalibriervorgangs ist zu vergleichen mit:
- a) der Reaktion eines kalibrierten Aerosol-Elektrometers, wenn gleichzeitig Probenahmen von elektrostatisch klassifizierten Kalibrierungspartikeln erfolgen; oder
 - b) der Reaktion eines zweiten, gemäß der oben beschriebenen Methode kalibrierten Vollstrom-Partikelzählers mit einer Zählereffizienz von mehr als 90 % für Partikel-Äquivalente mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 23 nm. Die Zählereffizienz des zweiten Vollstrom-Partikelzählers ist bei der Kalibrierung zu berücksichtigen.
- 5.7.1.3.1. Zur Erfüllung der Anforderungen gemäß Absatz 5.7.1.3 Buchstabe a und Buchstabe b muss die Kalibrierung derart erfolgen, dass mindestens sechs Standardkonzentrationen verwendet werden, die über den Messbereich des Partikelzählers verteilt sind. Diese Standardkonzentrationen müssen so gleichmäßig wie möglich zwischen der Standardkonzentration von 2000 Partikel pro cm^3 oder weniger und dem Höchstwert des Partikelzählerbereichs im Einzelpartikelzählmodus verteilt sein.

5.7.1.3.2. Um die Anforderungen gemäß Absatz 5.7.1.3 Buchstabe a und Buchstabe b zu erfüllen, muss unter den ausgewählten Punkten 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 ist die lineare Regression durch den Ausgangspunkt (Null-Konzentration auf beiden Instrumenten) zu lenken. Der Kalibrierfaktor muss zwischen 0,9 und 1,1 liegen. Jede mit dem zu kalibrierenden Partikelzähler gemessene Konzentration muss innerhalb von $\pm 5\%$ der gemessenen Bezugskonzentration multipliziert mit dem Gradienten liegen, mit Ausnahme des Nullpunkts.

5.7.1.4. Die Kalibrierung muss auch eine Überprüfung in Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen gemäß Absatz 4.3.1.3.4 Buchstabe h dieses Anhangs beinhalten, d. h. hinsichtlich der Zähl-effizienz des Partikelzählers bei Partikeln mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 23 nm. Eine Überprüfung der Effizienz der Zählfunktion in Bezug auf 41 nm-Partikel ist während der periodischen Kalibrierung nicht erforderlich.

5.7.2. Kalibrierung/Validierung des Entferners flüchtiger Partikel

5.7.2.1. Die Kalibrierung der Minderungsfaktoren der Partikelkonzentration 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 jeder größeren Wartung. Die Anforderung einer regelmäßigen Überprüfung des Minderungsfaktors der Partikelkonzentration für den Entferner flüchtiger Partikel ist auf die Überprüfung mit einer festen Einstellung beschränkt, die in der Regel für die Messung bei Fahrzeugen mit Partikelfiltern verwendet wird. Die zuständigen Behörde sorgt dafür, dass in den sechs Monaten vor den Emissionsprüfungen für den Entferner flüchtiger Partikel ein Kalibrier- oder Validierungszertifikat vorliegt. Verfügt der Entferner flüchtiger Partikel über Alarmvorrichtungen für die Temperaturüberwachung, so ist ein 13-monatiges Validierungsintervall zulässig.

Es wird empfohlen, den Entferner flüchtiger Partikel als vollständiges Bauteil zu kalibrieren und zu validieren.

Der Entferner flüchtiger Partikel muss für einen Minderungsfaktor der Partikelkonzentration mit festen Partikeln von einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm, 50 nm und 100 nm ausgelegt sein. Er muss ferner einen Minderungsfaktor der Partikelkonzentration $f_r(d_i)$ erreichen, der für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm und 50 nm höchstens 30 % bzw. 20 % höher und höchstens 5 % niedriger als der Minderungsfaktor für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 100 nm ist. Für die Validierung muss der Minderungsfaktor des arithmetischen Mittelwerts der Partikelkonzentration, berechnet für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm, 50 nm und 100 nm innerhalb von $\pm 10\%$ des Minderungsfaktors $\bar{f}_r$ des arithmetischen Mittelwerts der Partikelkonzentration liegen, der bei der letzten vollständigen Kalibrierung des Entferners flüchtiger Partikel ermittelt wurde.

5.7.2.2. Das Prüfaerosol muss für diese Messungen aus festen Partikeln mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm, 50 nm und 100 nm bestehen, und seine Mindestkonzentration muss am Einlass zum Entferner flüchtiger Partikel 5.000 Partikel pro cm^3 betragen. Optional kann ein polydisperses Aerosol mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von durchschnittlich 50 nm zur Validierung verwendet werden. Das Prüfaerosol muss sich in einem wärmostabilen Zustand bei Betriebstemperatur des Entferners flüchtiger Partikel befinden. Die Partikelkonzentrationen sind stromaufwärts vor und stromabwärts hinter den Bauteilen zu messen.

Für jede monodisperse Partikelgröße ist der Minderungsfaktor der Partikelkonzentration $f_r(d_i)$ folgendermaßen zu berechnen:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{\text{in}}(d_i)}{N_{\text{out}}(d_i)}$$

dabei ist:

$N_{\text{in}}(d_i)$ Konzentration (stromaufwärts) der Partikelzahl für Partikel mit dem Durchmesser d_i ;

$N_{\text{out}}(d_i)$ Konzentration (stromabwärts) der Partikelzahl für Partikel mit dem Durchmesser d_i ;

d_i elektrischer Mobilitätsdurchmesser der Partikel (30 nm, 50 nm oder 100 nm).

$N_{in}(d_i)$ und $N_{out}(d_i)$ sind zu denselben Bedingungen zu berichtigen.

Der Minderungsfaktor $\bar{f}_r$ des arithmetischen Mittelwerts der Partikelkonzentration bei einem bestimmten Verdünnungswert wird mithilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$\bar{f}_r = \frac{f_r(30 \text{ nm}) + f_r(50 \text{ nm}) + f_r(100 \text{ nm})}{3}$$

Wird polydisperses Aerosol mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 50 nm zur Validierung verwendet, wird der Minderungsfaktor $\bar{f}_v$ des arithmetischen Mittelwerts der Partikelkonzentration bei dem zur Validierung verwendeten Verdünnungswert mithilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$\bar{f}_v = \frac{N_{in}}{N_{out}}$$

dabei ist:

N_{in} Konzentration (stromaufwärts) der Partikelzahl;

N_{out} Konzentration (stromabwärts) der Partikelzahl.

5.7.2.3. Der Entferner flüchtiger Partikel muss in Bezug auf Tetracontanpartikel ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$) mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von mindestens 30 nm nachweislich mehr als 99,0 % dieser Partikel entfernen können, wobei die Konzentration am Einlass $\geq 10,000 \text{ pro cm}^3$ betragen muss; ferner sind der Mindestverdünnungswert und die vom Hersteller empfohlene Betriebstemperatur zu wählen.

5.7.2.4. Der Instrumentenhersteller muss jedoch den Wartungs- oder Austauschzeitraum festlegen, der gewährleistet, dass die Abscheideeffizienz des Entfernens flüchtiger Partikel nicht unter die technischen Anforderungen fällt. Werden solche Informationen nicht bereitgestellt, ist die Abscheideeffizienz in Bezug auf flüchtige Partikel für jedes Gerät jährlich zu überprüfen.

5.7.2.5. Der Instrumentenhersteller muss den Durchsatz fester Partikel $P_r(d_i)$ durch Prüfung einer Einheit für jedes Modell eines Partikelzählersystems nachweisen. Ein Modell eines Partikelzählersystems umfasst hier alle Partikelzählersysteme mit derselben Hardware, d. h. mit denselben geometrischen Eigenschaften, Leitungsmaterialien, Strömen und Temperaturprofilen im Aerosol-Pfad. $P_r(d_i)$ bei einer Partikelgröße von (d_i) ist unter Verwendung der Gleichung in Absatz 4.3.1.3.3.1 zu berechnen.

5.7.3. Verfahren zur Überprüfung des Partikelzählersystems

Einmal pro Monat muss die mit einem kalibrierten Durchflussmesser vorgenommene Messung des Stroms in den Partikelzähler einen Wert anzeigen, der innerhalb von 5 % des Nenndurchsatzes des Partikelzählers liegt. „Nenndurchsatz“ bezieht sich hier auf den Durchsatz, der in der letzten vom Instrumentenhersteller am Partikelzähler durchgeführten Kalibrierung angegeben wurde.

5.8. Genauigkeit der Mischvorrichtung

Wird zur Durchführung der Kalibrierung gemäß Absatz 5.2 dieses Anhangs ein Gasteiler verwendet, muss die Mischvorrichtung so genau sein, dass die Konzentrationen der Kalibriergasgemische mit einer Genauigkeit von $\pm 2 \%$ bestimmt werden können. Eine Kalibrierkurve ist anhand einer Mitteljustierungsprüfung nach Absatz 5.3 dieses Anhangs zu überprüfen. Ein Kalibriergas mit einer Konzentration von weniger als 50 % des Messbereichs des Analysators darf nicht um mehr als 2 % von seiner zertifizierten Konzentration abweichen.

6. Bezugsgase

Nur für Stufe 1B:

Sind Gase innerhalb der folgenden Toleranz des angegebenen Werts im Japan Calibration Service System (JCSS) nicht verfügbar, kann ein Gas mit einer weiteren, aber möglichst engen Toleranz im JCSS verwendet werden.

6.1. Reine Gase

6.1.1. Alle in ppm angegebenen Werte verstehen sich als Volumenanteil (vpm)

6.1.2. Folgende reine Gase müssen gegebenenfalls für die Kalibrierung und den Betrieb der Geräte verfügbar sein:

6.1.2.1. Stickstoff:

Reinheit: ≤ 1 ppm C_1 , ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2 , $\leq 0,1$ ppm NO, $\leq 0,1$ ppm N_2O , $\leq 0,1$ ppm NH_3 .

6.1.2.2. Synthetische Luft:

Reinheit: ≤ 1 ppm C_1 , ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2 , $\leq 0,1$ ppm NO, $\leq 0,1$ ppm NO_2 ; Sauerstoffgehalt zwischen 18 und 21 Volumenprozent

6.1.2.3. Sauerstoff:

Reinheit: $> 99,5$ Volumenprozent O_2

6.1.2.4. Wasserstoff (und helium- und stickstoffhaltige Mischung):

Reinheit: ≤ 1 ppm C_1 , ≤ 400 ppm CO_2 ; Wasserstoffgehalt zwischen 39 und 41 Volumenprozent

6.1.2.5. Kohlenmonoxid:

Mindestreinheit 99,5 %

6.1.2.6. Propan:

Mindestreinheit 99,5 %

6.2. Kalibriergase

Die tatsächliche Konzentration eines Kalibriergases muss dem angegebenen Wert auf ± 1 % genau oder wie nachstehend angegeben entsprechen und auf nationale und internationale Prüfnormen zurückführbar sein.

Es müssen Gasgemische mit folgender Zusammensetzung und den Spezifikationen für die gebräuchlichsten Gase entsprechend den Absätzen 6.1.2.1 oder 6.1.2.2 dieses Anhangs verfügbar sein:

- a) C_3H_8 in synthetischer Luft (siehe Absatz 6.1.2.2 dieses Anhangs);
 - b) CO in Stickstoff;
 - c) CO_2 in Stickstoff;
 - d) CH_4 in synthetischer Luft;
 - e) NO in Stickstoff (der NO_2 -Anteil in diesem Kalibriergas darf 5 % des NO -Gehalts nicht überschreiten).
-

ANHANG B6

Prüfverfahren Typ 1 und Prüfbedingungen

1. Beschreibung der Prüfungen
 - 1.1. Die Prüfung Typ 1 dient der Verifizierung der Emissionen gasförmiger Verbindungen, der Partikelmasse, der Partikelzahl, der CO₂-Emission, des Kraftstoffverbrauchs, des Stromverbrauchs und der elektrischen Reichweiten über den anzuwendenden WLTP-Prüfzyklus sowie der Genauigkeit der OBFCM-Einrichtung (sofern zutreffend).
 - 1.1.1. Die Prüfungen sind gemäß Absatz 2 dieses Anhangs bzw. Absatz 3 des Anhangs B8 für Elektrofahrzeuge, Hybridelektrofahrzeuge und mit Druckwasserstoff betriebene Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeuge durchzuführen. Die Probenahme und die Analyse von Abgasen, Partikelmasse und Partikelzahl erfolgen gemäß den beschriebenen Methoden.
 - 1.1.2. Wenn es sich bei dem zu verwendenden Bezugskraftstoff um Flüssiggas oder Erdgas/Biomethan handelt, gelten außerdem die folgenden Bestimmungen.
 - 1.1.2.1. Typgenehmigung für ein Stammfahrzeug hinsichtlich der Abgasemissionen
 - 1.1.2.1.1. Bei dem Stammfahrzeug muss die Fähigkeit zur Anpassung an jede handelsübliche Kraftstoffzusammensetzung nachgewiesen werden. Bei LPG schwankt die C3/C4-Zusammensetzung. Bei Erdgas/Biomethan werden im Allgemeinen zwei Arten von Kraftstoff angeboten, und zwar Kraftstoff mit hohem Heizwert (H-Gas) und Kraftstoff mit niedrigem Heizwert (L-Gas), wobei die Spanne in beiden Bereichen jeweils ziemlich groß ist; sie unterscheiden sich erheblich im Wobbe-Index. Diese Unterschiede werden bei den Bezugskraftstoffen deutlich.
 - 1.1.2.1.2. Bei Fahrzeugen mit Flüssiggasbetrieb oder Erdgas-/Biomethanbetrieb ist das Stammfahrzeug bei der Prüfung Typ 1 mit den beiden sehr unterschiedlichen Bezugskraftstoffen nach Anhang B3 zu prüfen. Wenn bei Erdgas/Biomethan das Umschalten von einem auf den anderen Kraftstoff in der Praxis mithilfe eines Schalters erfolgt, darf dieser Schalter während der Genehmigungsprüfung nicht benutzt werden. In diesem Fall kann der Vorkonditionierungszyklus nach Absatz 2.6 dieses Anhangs auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde ausgedehnt werden.
 - 1.1.2.1.3. Das Fahrzeug gilt als vorschriftsmäßig, wenn in den Prüfungen bei Verwendung der in Absatz 1.1.2.1.2 dieses Anhangs genannten Bezugskraftstoffe die Emissionsgrenzwerte eingehalten sind.
 - 1.1.2.1.4. Bei Fahrzeugen mit Flüssiggasbetrieb oder Erdgas-/Biomethanbetrieb ist das Verhältnis der Emissionsmessergebnisse „r“ für jeden Schadstoff wie folgt zu ermitteln:

Kraftstoffart(en)	Bezugskraftstoffe	Berechnung von „r“
Flüssiggas und Benzin oder nur Flüssiggas	Kraftstoff A	$r = \frac{B}{A}$
	Kraftstoff B	
Erdgas/Biomethan und Benzin oder nur Erdgas/Biomethan	Kraftstoff G ₂₀	$r = \frac{G_{25}}{G_{20}}$
	Kraftstoff G ₂₅	

- 1.1.2.2. Typgenehmigung für ein Fahrzeug der Fahrzeugfamilie hinsichtlich der Abgasemissionen:

Für die Typgenehmigung eines monovalenten Gasfahrzeugs und von bivalenten Gasfahrzeugen im Gasbetrieb, die mit Flüssiggas oder mit Erdgas/Biomethan betrieben werden und zu einer Fahrzeugfamilie gehören, wird eine Prüfung Typ 1 mit einem Gasbezugskraftstoff durchgeführt. Dabei kann jeder der Gasbezugskraftstoffe verwendet werden. Das Fahrzeug gilt als vorschriftsmäßig, wenn folgende Vorschriften eingehalten sind:

 - 1.1.2.2.1. Das Fahrzeug entspricht der Begriffsbestimmung für ein Fahrzeug der Fahrzeugfamilie nach Absatz 6.3.6.3 dieser Regelung;
 - 1.1.2.2.2. Wenn bei Flüssiggas der Bezugskraftstoff A oder bei Erdgas/Biomethan der Bezugskraftstoff G₂₀ als Prüfungskraftstoff verwendet wird, ist der erhaltene Emissionswert mit dem jeweils zutreffenden Faktor „r“ gemäß Absatz 1.1.2.1.4 dieses Anhangs zu multiplizieren (bei r > 1); bei r < 1 ist keine Korrektur erforderlich.
 - 1.1.2.2.3. Wenn bei Flüssiggas der Bezugskraftstoff B oder bei Erdgas/Biomethan der Bezugskraftstoff G₂₅ als Prüfungskraftstoff verwendet wird, ist der erhaltene Emissionswert durch den jeweils zutreffenden Faktor „r“ gemäß Absatz 1.1.2.1.4 dieses Anhangs zu dividieren (bei r < 1); bei r > 1 ist keine Korrektur erforderlich.

- 1.1.2.2.4. Auf Antrag des Herstellers kann die Prüfung Typ 1 mit beiden Bezugskraftstoffen durchgeführt werden, sodass keine Korrektur erforderlich ist.
- 1.1.2.2.5. Bei dem Fahrzeug müssen die für die jeweilige Klasse geltenden Emissionsgrenzwerte eingehalten sein; dies gilt sowohl für gemessene als auch für berechnete Emissionswerte.
- 1.1.2.2.6. Wenn an demselben Motor wiederholt Prüfungen durchgeführt werden, sind die mit dem Bezugskraftstoff G_{20} oder A und die mit dem Bezugskraftstoff G_{25} oder B erhaltenen Werte zunächst zu mitteln; dann ist aus diesen gemittelten Werten der Faktor „r“ zu berechnen.
- 1.1.2.2.7. Unbeschadet des Absatzes 6.4.1.2 dieses Anhangs ist es während der Prüfung Typ 1 zulässig, im Gasbetrieb Benzin ausschließlich oder gleichzeitig mit Gas zu verwenden, sofern der auf Gas entfallende Energieverbrauch mehr als 80 % der während der Prüfung insgesamt verbrauchten Energiemenge ausmacht. Dieser Prozentsatz wird nach dem Verfahren gemäß Anlage 3 dieses Anhangs berechnet.
- 1.2. Die Anzahl der Prüfungen wird entsprechend dem Flussdiagramm in Abbildung A6/1 bestimmt. Der Grenzwert ist der maximal zulässige Wert für die in Anhang I Tabelle 1 der Regelung festgelegten Grenzwertemissionen.
- 1.2.1. Das Flussdiagramm in Abbildung A6/1 gilt nur für den gesamten anwendbaren Prüfzyklus des weltweit harmonisierten Prüfverfahrens für leichte Nutzfahrzeuge (WLTP) und nicht für einzelne Phasen.
- 1.2.2. Die Prüfergebnisse sind die Werte nach Anwendung der in den Nachbearbeitungstabellen in Anhang B7 und Anhang B8 angegebenen anwendbaren Anpassungen.
- 1.2.3. Bestimmung der Gesamtzykluswerte
- 1.2.3.1. Werden während einer der Prüfungen die Grenzwertemissionen überschritten, ist das Fahrzeug abzulehnen.
- 1.2.3.2. Je nach Fahrzeugtyp erklärt der Hersteller den Gesamtzykluswert der CO_2 -Emission, des Stromverbrauchs, des Kraftstoffverbrauchs, der Kraftstoffeffizienz sowie der PER (pure electric range, vollelektrische Reichweite (E-Fahrzeug) und AER (all electric range, vollelektrische Reichweite (Hybrid) gemäß Tabelle A6/1 für anwendbar.
- 1.2.3.3. Für Stufe 1A:
- Der angegebene Wert des Stromverbrauchs für extern aufladbare Fahrzeuge mit Hybrid-Elektroantrieb (OVC-HEV) unter Entlade-Betriebsbedingungen darf nicht gemäß Abbildung A6/1 bestimmt werden. Er gilt als Typgenehmigungswert, wenn der angegebene CO_2 -Wert als Genehmigungswert akzeptiert wird. Andernfalls gilt der gemessene Stromverbrauchswert als Typgenehmigungswert. Der Nachweis einer Korrelation zwischen angegebener CO_2 -Emission und Stromverbrauch ist der zuständigen Behörde gegebenenfalls vorab vorzulegen.
- Für Stufe 1B
- Der angegebene Wert der Kraftstoffeffizienz für extern aufladbare Fahrzeuge mit Hybrid-Elektroantrieb (OVC-HEV) unter Entlade-Betriebsbedingungen darf nicht gemäß Abbildung A6/1 bestimmt werden. Er gilt als Typgenehmigungswert, wenn der angegebene Stromverbrauchswert als Genehmigungswert akzeptiert wird. Andernfalls gilt der gemessene Kraftstoffeffizienzwert als Typgenehmigungswert. Der Nachweis einer Korrelation zwischen der angegebenen Kraftstoffeffizienz und dem angegebenen Stromverbrauch ist der zuständigen Behörde gegebenenfalls vorab vorzulegen.
- 1.2.3.4. Sind nach der ersten Prüfung alle Kriterien in Zeile 1 der geltenden Tabelle A6/2 erfüllt, sind sämtliche vom Hersteller angegebenen Werte als Typgenehmigungswert zu akzeptieren. Ist auch nur eines der Kriterien in Zeile 1 der geltenden Tabelle A6/2 nicht erfüllt, muss dasselbe Fahrzeug einer zweiten Prüfung unterzogen werden.
- 1.2.3.5. Nach der zweiten Prüfung sind für die beiden Prüfungen die arithmetischen Mittelweltergebnisse zu berechnen. Werden mit diesen arithmetischen Mittelweltergebnissen alle Kriterien in Zeile 2 der geltenden Tabelle A6/2 erfüllt, sind sämtliche vom Hersteller angegebenen Werte als Typgenehmigungswerte zu akzeptieren. Ist auch nur eines der Kriterien in Zeile 2 der geltenden Tabelle A6/2 nicht erfüllt, muss dasselbe Fahrzeug einer dritten Prüfung unterzogen werden.
- 1.2.3.6. Nach der dritten Prüfung sind für die drei Prüfungen die arithmetischen Mittelweltergebnisse zu berechnen. Bei allen Parametern, die das entsprechende Kriterium in Zeile 3 der geltenden Tabelle A6/2 erfüllen, gilt der angegebene Wert als Typgenehmigungswert. Bei Parametern, die das entsprechende Kriterium in Zeile 3 der geltenden Tabelle A6/2 nicht erfüllen, gilt das arithmetische Mittelweltergebnis als Typgenehmigungswert.

1.2.3.7. Für den Fall, dass eines der Kriterien der geltenden Tabelle A6/2 nach der ersten oder zweiten Prüfung nicht erfüllt ist, können die Werte auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der zuständigen Behörde als höhere Werte für die Emissionen bzw. den Verbrauch oder als niedrigere Werte für die elektrischen Reichweiten neu angegeben werden, um die Anzahl der erforderlichen Prüfungen für die Typgenehmigung zu verringern.

1.2.3.8. Bestimmung der Abnahmewerte

1.2.3.8.1. Nur für Stufe 1A

Unbeschadet der Anforderung in Absatz 1.2.3.8.2 sind die folgenden Werte für dCO_{21} , dCO_{22} und dCO_{23} in Relation zu dem Kriterium für die Anzahl der Prüfungen in Tabelle A6/2 zu verwenden:

$$dCO_{21} = 0,990$$

$$dCO_{22} = 0,995$$

$$dCO_{23} = 1,000$$

1.2.3.8.2. Nur für Stufe 1A:

Besteht die Entladeprüfung Typ 1 für OVC-HEV aus zwei oder mehr anwendbaren WLTP-Prüfzyklen und liegt der dCO_{2x} -Wert unter 1,0, ist der dCO_{2x} -Wert durch 1,0 zu ersetzen.

1.2.3.9. Wird ein Prüfergebnis oder ein Durchschnitt der Prüfergebnisse als Typgenehmigungswert verwendet und bestätigt, ist dieser Wert für weitere Berechnungen als „angegebener Wert“ zu bezeichnen.

Tabelle A6/1

Geltende Regeln für die vom Hersteller angegebenen Werte (Gesamtzykluswerte) ^(a) (wie jeweils zutreffend)

Antriebsstrang		Nur Stufe 1A M_{CO_2} ^(b) (g/km)	Stufe 1A: FC (kg/ 100 km)	Stufe 1B: FE (km/l oder km/kg)	Stromverbrauch ^(c) (Wh/km)	Vollelektrische Reichweite (AER) (Hybrid)/Reich- weite im reinen Elektrobetrieb ^(c) (km)
Nach Anhang B6 überprüfte Fahr- zeuge (mit reinem Verbrennungsmo- tor)		M_{CO_2} Anhang B7 Absatz 3	FC Anhang B7 Absatz 1,4	FE Anhang B7 Absatz 1,4	-	-
NOVC-FCHV		-	FC_{CS} Anhang B8, Absatz 4.2.1.2.1	FE_{CS} Anhang B8, Absatz 4.2.1.2.1	-	-
OVC- FCHV	CD	-	FC_{CD}	keine Angabe	$EC_{AC,CD}$	AER (Hybrid)
	CS	-	FC_{CS}	keine Angabe	-	-
NOVC-HEV		$M_{CO_2,CS}$ Anhang B8 Absatz 4.1.1	-	FE_{CS} Anhang B8 Absatz 4.1.1.1	-	-
OVC- HEV	CD	$M_{CO_2,CD}$ An- hang B8 Ab- satz 4.1.2	-	FE_{CD} Anhang B8 Absatz 4.6.1	Für Stufe 1A: $EC_{AC,CD}$ An- hang B8 Ab- satz 4.3.1 Für Stufe 1B: EC Anhang B8 Ab- satz 4.6.2	AER (Hybrid) Anhang B8 Ab- satz 4.4.1.1
	CS	$M_{CO_2,CS}$ Anhang B8 Absatz 4.1.1	-	FE_{CS} Anhang B8 Absatz 4.1.1.1	-	-

Antriebsstrang	Nur Stufe 1A M_{CO_2} ^(b) (g/km)	Stufe 1A: FC (kg/ 100 km)	Stufe 1B; FE (km/l oder km/kg)	Stromverbrauch ^(c) (Wh/km)	Vollelektrische Reichweite (AER) (Hybrid)/Reich- weite im reinen Elektrobetrieb ^(c) (km)
PEV (Fahrzeug mit reinem Elektro- antrieb)	-	-	-	EC_{WLTC} An- hang B8 Ab- satz 4.3.4.2	PER_{WLTC} An- hang B8 Ab- satz 4.4.2

^(a) Der angegebene Wert ist der Wert, auf den gegebenenfalls die erforderlichen Korrekturen angewendet werden

^(b) Rundung auf 2 Dezimalstellen nach Absatz 6.1.8 dieser Regelung

^(c) Rundung auf eine Dezimalstelle nach Absatz 6.1.8 dieser Regelung

Abbildung A6/1

Flussdiagramm für die Anzahl der Prüfungen Typ 1 Erste Prüfung

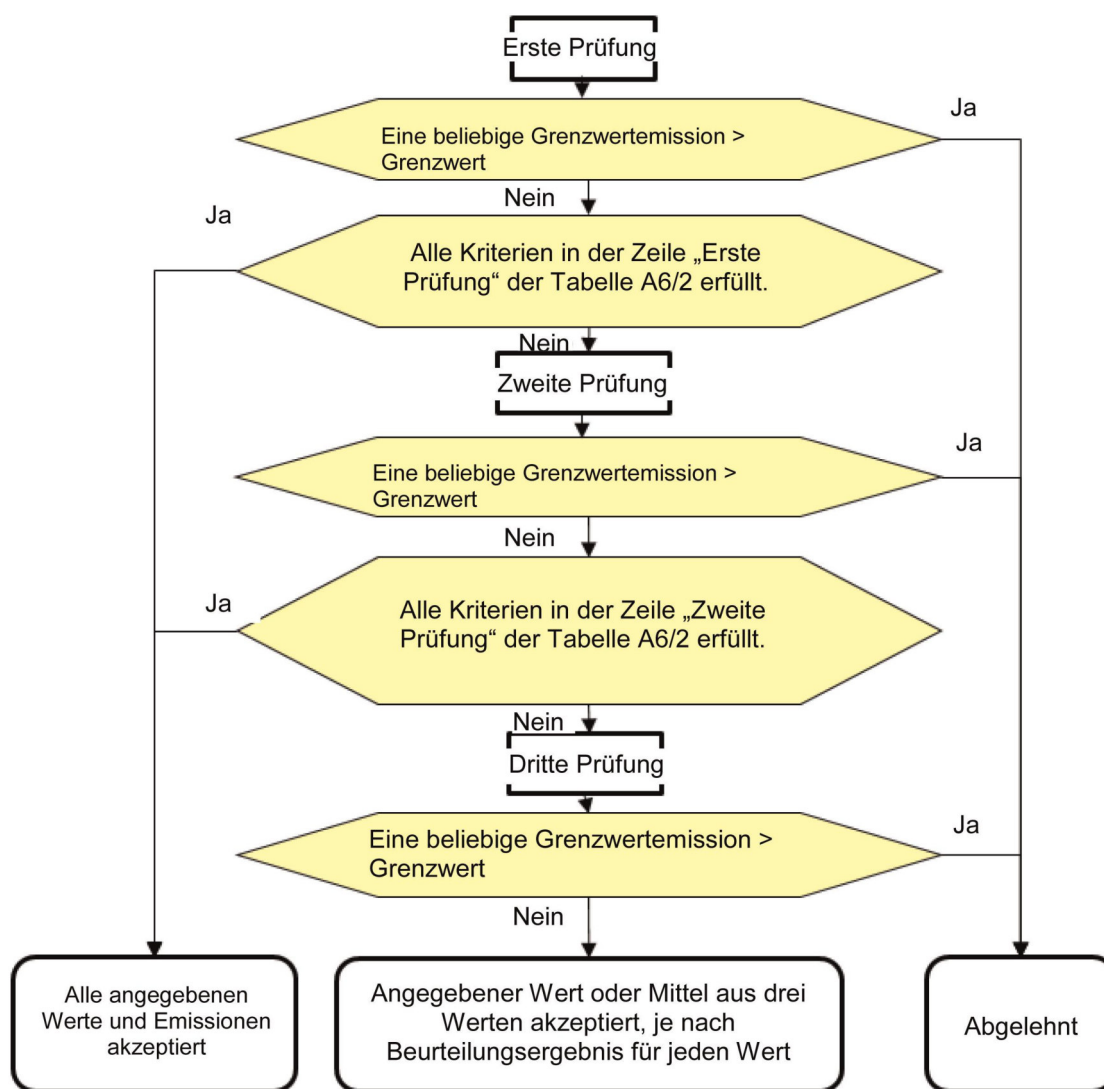


Tabelle A6/2

Kriterien für die Anzahl der Prüfungen

Bei reinen ICE-Fahrzeugen, NOVC-HEV und OVC-HEV Ladungserhaltungsprüfungen Typ 1.

	Prüfung	Beurteilungsparameter	Grenzwertemissionen	Für Stufe 1a: M_{CO_2}	Für Stufe 1B: FE
Zeile 1	Erste Prüfung	Ergebnisse der ersten Prüfung	$\leq$ Grenzwert $\times 0,9$	$\leq$ angegebener Wert $\times dCO_{2_1}^{(b)}$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$
Zeile 2	Zweite Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der ersten und zweiten Prüfung	$\leq$ Grenzwert $\times 1,0^{(a)}$	$\leq$ angegebener Wert $\times dCO_{2_2}^{(b)}$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$
Zeile 3	Dritte Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der drei Prüfungen	$\leq$ Grenzwert $\times 1,0^{(a)}$	$\leq$ angegebener Wert $\times dCO_{2_3}^{(b)}$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$

^(a) Bei jedem Prüfergebnis muss der Grenzwert eingehalten werden.

^(b) dCO_{2_1} , dCO_{2_2} , und dCO_{2_3} werden nach Absatz 1.2.3.8 dieses Anhangs bestimmt.

Bei OVC-HEV Entladeprüfungen Typ 1.

	Prüfung	Beurteilungsparameter	Grenzwertemissionen	Für Stufe 1A: $M_{CO_2,CD}$	Für Stufe 1B: EC	Für Stufe 1A: AER (Hybrid)
Zeile 1	Erste Prüfung	Ergebnisse der ersten Prüfung	$\leq$ Grenzwert $\times 0,9^{(a)}$	$\leq$ angegebener Wert $\times dCO_{2_1}^{(c)}$	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$
Zeile 2	Zweite Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der ersten und zweiten Prüfung	$\leq$ Grenzwert $\times 1,0^{(b)}$	$\leq$ angegebener Wert $\times dCO_{2_2}^{(c)}$	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$
Zeile 3	Dritte Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der drei Prüfungen	$\leq$ Grenzwert $\times 1,0^{(b)}$	$\leq$ angegebener Wert $\times dCO_{2_3}^{(c)}$	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$

^(a) Bei der Prüfung Typ 1 bei Entladung für OVC-HEV ist „0,9“ nur dann mit „1,0“ zu ersetzen, wenn die Prüfung zwei oder mehr anzuwendende WLTC-Zyklen umfasst.

^(b) Bei jedem Prüfergebnis muss der Grenzwert eingehalten werden.

^(c) dCO_{2_1} , dCO_{2_2} und dCO_{2_3} werden nach Absatz 1.2.3.8 dieses Anhangs bestimmt.

Für Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb (PEV)

	Prüfung	Beurteilungsparameter	Stromverbrauch	PER
Zeile 1	Erste Prüfung	Ergebnisse der ersten Prüfung	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$
Zeile 2	Zweite Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der ersten und zweiten Prüfung	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$

	Prüfung	Beurteilungsparameter	Stromverbrauch	PER
Zeile 3	Dritte Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der drei Prüfungen	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$

Nur für Stufe 1A

Bei OVC-FCHV Prüfung Typ 1 bei Entladung.

	Prüfung	Beurteilungsparameter	FC, CD	EC _{AC,CD}	AER (Hybrid)
Zeile 1	Erste Prüfung	Ergebnisse der ersten Prüfung	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$
Zeile 2	Zweite Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der ersten und zweiten Prüfung	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$
Zeile 3	Dritte Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der drei Prüfungen	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$

Bei NOVC-FCHV und OVC-FCHV im Zustand des Betriebs bei Ladungserhaltung (wie jeweils zutreffend)

	Prüfung	Beurteilungsparameter	Für Stufe 1A: FC _{CS}	Für Stufe 1B: FE _{CS}
Zeile 1	Erste Prüfung	Ergebnisse der ersten Prüfung	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$
Zeile 2	Zweite Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der ersten und zweiten Prüfung	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$
Zeile 3	Dritte Prüfung	Arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der drei Prüfungen	$\leq$ angegebener Wert $\times 1,0$	$\geq$ angegebener Wert $\times 1,0$

1.2.4. Bestimmung der phasenspezifischen Werte

1.2.4.1. Phasenspezifischer Wert für CO₂

- 1.2.4.1.1. Nachdem der angegebene Gesamtzykluswert für die CO₂-Emission akzeptiert wurde, wird der arithmetische Mittelwert der phasenspezifischen Werte der Prüfergebnisse in g/km mit dem Anpassungsfaktor CO₂_AF multipliziert, um die Differenz zwischen dem angegebenen Wert und den Prüfergebnissen auszugleichen. Der korrigierte Wert entspricht dem Typgenehmigungswert für CO₂.

$$\text{CO}_2\text{_AF} = \frac{\text{Declaredvalue}}{\text{Phasecombinedvalue}}$$

Dabei gilt:

$$\text{Phasecombinedvalue} = \frac{(\text{CO}_{2\text{aveL}} \times D_L) + (\text{CO}_{2\text{aveM}} \times D_M) + (\text{CO}_{2\text{aveH}} \times D_H) + (\text{CO}_{2\text{aveexH}} \times D_{\text{exH}})}{D_L + D_M + D_H + D_{\text{exH}}}$$

dabei ist:

$CO_{2_{aveL}}$ = arithmetischer Mittelwert des CO_2 -Emissionsergebnisses für das/die Prüfergebnis(se) der L-Phase (in g/km);

$CO_{2_{aveM}}$ = arithmetischer Mittelwert des CO_2 -Emissionsergebnisses für das/die Prüfergebnis(se) der M-Phase (in g/km);

$CO_{2_{aveH}}$ = arithmetischer Mittelwert des CO_2 -Emissionsergebnisses für das/die Prüfergebnis(se) der H-Phase (in g/km);

$CO_{2_{aveexH}}$ = arithmetischer Mittelwert des CO_2 -Emissionsergebnisses für das/die Prüfergebnis(se) der exH-Phase (in g/km);

D_L = theoretische Strecke der Phase L (in km);

D_M = theoretische Strecke der Phase M (in km);

D_H = theoretische Strecke der Phase H (in km);

D_{exH} = theoretische Strecke der Phase exH (in km).

- 1.2.4.1.2. Wird der angegebene Gesamtzykluswert der CO_2 -Emission nicht akzeptiert, ist der phasenspezifische CO_2 -Emissions-Typgenehmigungswert anhand des arithmetischen Mittelwerts aller Prüfergebnisse für die jeweilige Phase zu berechnen.

- 1.2.4.2. Phasenspezifische Werte für den Kraftstoffverbrauch

Der Kraftstoffverbrauchswert ist anhand der phasenspezifischen CO_2 -Emission unter Verwendung der Gleichung in Absatz 1.2.4.1 dieses Anhangs sowie des arithmetischen Emissionsmittelwerts zu berechnen.

2. (Prüfung Typ 1)

- 2.1. Überblick

- 2.1.1. Die Prüfung Typ 1 besteht aus der Vorbereitung des Rollenprüfstandes und verschiedenen Kraftstoff-, Abstell- und Betriebsbedingungen in vorgeschriebenen Abfolgen.

- 2.1.2. Die Prüfung Typ 1 umfasst den Betrieb des Fahrzeugs auf einem Rollenprüfstand im für die Interpolationsfamilie geltenden WLTC. Ein proportionaler Anteil der verdünnten Abgasemissionen wird laufend zur anschließenden Analyse aufgefangen, wobei eine Probenahmeeinrichtung mit konstantem Volumen (CVS) zu verwenden ist.

- 2.1.3. Die Hintergrundkonzentrationen sind für alle Verbindungen zu messen, für die Messungen der verdünnten Emissionsmasse durchgeführt werden. Bei Abgasprüfungen sind hierfür Proben der Verdünnungsluft zu nehmen und zu analysieren.

- 2.1.3.1. Messung der Hintergrund-Partikelmasse

- 2.1.3.1.1. Ersucht der Hersteller darum, dass die Hintergrundkonzentration der Partikelmasse in der Verdünnungsluft oder im Verdünnungstunnel von der Emissionsmessung abgezogen wird, werden die Hintergrundwerte gemäß den in den Absätzen 2.1.3.1.1.1 bis einschließlich 2.1.3.1.1.3 dieses Anhangs beschriebenen Verfahren bestimmt.

- 2.1.3.1.1.1. Die maximal zulässige Hintergrundkorrektur beträgt 1 mg/km oder die entsprechende Masse auf dem Filter bei Prüfdurchsatz.

- 2.1.3.1.1.2. Überschreitet die Hintergrundkonzentration diesen Wert, ist der Vorgabewert von 1 mg/km abzuziehen.

- 2.1.3.1.1.3. Führt der Abzug der Hintergrundkonzentration zu einem negativen Ergebnis, ist das Ergebnis für die Partikelmasse als null zu werten.

- 2.1.3.1.2. Die Partikelmasse der Verdünnungsluft kann bestimmt werden, indem gefilterte Verdünnungsluft durch den Partikelfilter geleitet wird. Diese ist an einer Stelle unmittelbar hinter den Verdünnungsluftfiltern zu entnehmen. Die Hintergrundwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sind als gleitender arithmetischer Durchschnitt von mindestens 14 Messungen mit mindestens einer Messung pro Woche zu bestimmen.

- 2.1.3.1.3. Die Hintergrundkonzentration der Partikelmasse im Verdünnungskanal kann bestimmt werden, indem gefilterte Verdünnungsluft durch den Partikelfilter geleitet wird. Diese ist an derselben Stelle zu entnehmen wie die Partikelprobe. Erfolgt für die Prüfung eine zweite Verdünnung, muss das Sekundärverdünnungssystem zu Zwecken der Hintergrund-Messung aktiv sein. Eine Messung kann am Tag der Prüfung durchgeführt werden, und zwar vor oder nach der Prüfung.

- 2.1.3.2. Bestimmung des Hintergrunds der Partikelzahl
 - 2.1.3.2.1. Beantragt der Hersteller eine Hintergrundkorrektur, sind diese Hintergrundwerte wie folgt zu bestimmen:
 - 2.1.3.2.1.1. Der Hintergrundwert kann entweder berechnet oder gemessen werden. Die maximal zulässige Hintergrundkorrektur steht in Zusammenhang mit der höchstzulässigen Leckrate der Partikelzahl-Messeinrichtung ($0,5$ Partikel pro cm^3), die von dem in der eigentlichen Prüfung verwendeten Minderungsfaktor der Partikelkonzentration (particle concentration reduction factor, PCRF) und dem CVS-Durchsatz skaliert wird.
 - 2.1.3.2.1.2. Die zuständige Behörde oder der Hersteller kann darum ersuchen, dass anstatt Hintergrundberechnungen tatsächliche Hintergrundmessungen vorgenommen werden.
 - 2.1.3.2.1.3. Führt der Abzug der Hintergrundkonzentration zu einem negativen Ergebnis, ist das Ergebnis für die Partikelzahl als null zu werten.
 - 2.1.3.2.2. Die Hintergrundkonzentration der Partikelzahl in der Verdünnungsluft ist mittels der Probenahme gefilterter Verdünnungsluft zu bestimmen. Diese ist an einer Stelle unmittelbar hinter den Verdünnungsluftfiltern in Richtung der Partikelzahl-Messeinrichtung zu entnehmen. Die Hintergrundwerte in Partikel pro cm^3 sind als gleitender arithmetischer Durchschnitt von mindestens 14 Messungen mit mindestens einer Messung pro Woche zu bestimmen.
 - 2.1.3.2.3. Die Hintergrundkonzentration der Partikelzahl im Verdünnungstunnel ist mittels der Probenahme gefilterter Verdünnungsluft zu bestimmen. Diese ist an derselben Stelle zu entnehmen wie die Partikelprobe. Erfolgt für die Prüfung eine zweite Verdünnung, muss das Sekundärverdünnungssystem zu Zwecken der Hintergrund-Messung aktiv sein. Eine Messung kann am Tag der Prüfung durchgeführt werden, und zwar vor oder nach der Prüfung und anhand des während der Prüfung verwendeten tatsächlichen PCRF und des CVS-Durchsatzes.
- 2.2. Messeinrichtungen in der Prüfkammer
 - 2.2.1. Zu analysierende Parameter
 - 2.2.1.1. Die folgenden Temperaturen sind auf $\pm 1,5$ °C genau zu messen:
 - a) Umgebungsluft in der Prüfkammer
 - b) Temperatur des Verdünnungs- und Probenahmesystems nach den in Anhang B5 festgelegten Vorgaben für Emissionsmesssysteme
 - 2.2.1.2. Der Luftdruck muss mit einer Präzision von $\pm 0,1$ kPa messbar sein.
 - 2.2.1.3. Die spezifische Luftfeuchtigkeit H muss mit einer Auflösung von ± 1 g $\text{H}_2\text{O}/\text{kg}$ Trockenluft messbar sein.
 - 2.2.2. Prü fzelle und Abkühlbereich
 - 2.2.2.1. Prü fzelle
 - 2.2.2.1.1. Die Prü fzelle muss einen Temperatur-Sollwert von 23 °C aufweisen. Die Toleranz vom eigentlichen Wert beträgt ± 5 °C. Die Lufttemperatur und -feuchtigkeit sind am Auslass des Kühlgebläses der Prü fzelle mit einer Mindestfrequenz von 0,1 Hz zu messen. Angaben zur Temperatur zu Beginn der Prüfung sind in Absatz 2.8.1 dieses Anhangs zu finden.
 - 2.2.2.1.2. Die spezifische Feuchtigkeit H der Luft in der Prüfkammer oder der Ansaugluft des Motors muss folgender Bedingung entsprechen:
$$5,5 \leq H \leq 12,2 \text{ (g H}_2\text{O/kg Trockenluft)}$$
 - 2.2.2.1.3. Die Feuchtigkeit ist fortlaufend mit einer Frequenz von mindestens 0,1 Hz zu messen.
 - 2.2.2.2. Abkühlbereich

Der Temperatursollwert des Abstellbereichs beträgt 23 °C. Die Toleranz vom eigentlichen Wert liegt bei ± 3 °C bei einem arithmetischen Mittelwert für eine Betriebszeit von fünf Minuten und zeigt keine systematische Abweichung vom Sollwert. Die Temperatur ist kontinuierlich mit einer Mindestfrequenz von 0,033 Hz (alle 30 Sekunden) zu messen.
- 2.3. Prü ffahrzeug
 - 2.3.1. Allgemeines

Das Prü ffahrzeug muss mit allen seinen Bauteilen der Produktionsserie entsprechen, andernfalls, wenn das Fahrzeug sich von der Produktionsserie unterscheidet (z. B. bei Prüfungen für den ungünstigsten Fall), ist eine vollständige Beschreibung zu protokollieren. Bei der Auswahl des Prü ffahrzeugs vereinbaren der Hersteller und die zuständige Behörde, welches Fahrzeugmodell repräsentativ für die Interpolationsfamilie ist.

Sind Fahrzeuge innerhalb einer Interpolationsfamilie mit unterschiedlichen Emissionsminderungsanlagen ausgestattet, die sich auf das Emissionsverhalten auswirken könnten, so muss der Hersteller entweder gegenüber der zuständigen Behörde nachweisen, dass das (die) ausgewählte(n) Prüffahrzeug(e) und seine (ihre) Ergebnisse aus der Prüfung Typ 1 für die Interpolationsfamilie repräsentativ sind, oder er muss die Erfüllung des Emissionskriteriums innerhalb der Interpolationsfamilie durch die Prüfung eines oder mehrerer Einzelfahrzeuge nachweisen, die sich in ihren Emissionsminderungsanlagen unterscheiden.

Für die Emissionsmessung ist der mit Prüffahrzeug H ermittelte Fahrwiderstand anzuwenden. Im Fall einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie ist für die Emissionsmessung der für Fahrzeug H gemäß Anhang B4 Absatz 5.1 berechnete Fahrwiderstand anzuwenden.

Wird auf Anfrage des Herstellers die Interpolationsmethode angewendet (siehe Anhang B7 Absatz 3.2.3.2), ist anhand des mit Prüffahrzeug L ermittelten Fahrwiderstands eine zusätzliche Emissionsmessung durchzuführen. Die Prüfungen bei Fahrzeug H und Fahrzeug L sollten mit demselben Prüffahrzeug und mit dem kürzesten n/v-Verhältnis (Toleranz von $\pm 1,5$) innerhalb der Interpolationsfamilie durchgeführt werden. Im Fall einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie ist mittels des für Fahrzeug L_M gemäß Anhang B4 Absatz 5.1 berechneten Fahrwiderstands eine zusätzliche Emissionsmessung durchzuführen.

Die Fahrwiderstandskoeffizienten und die Prüfmasse des Prüffahrzeugs L und H können verschiedenen Fahrwiderstandsmatrix-Familien entnommen werden. Sie dürfen auch verschiedenen Fahrwiderstandsfamilien entnommen werden, sofern der Unterschied zwischen diesen Fahrwiderstandsfamilien der zuständigen Behörde nachgewiesen und von ihr akzeptiert wurde und sich entweder aus der Anwendung von Anhang B4 Absatz 6.8 oder aus der Verwendung von Reifen aus verschiedenen Reifenkategorien ergibt, wobei die Vorschriften von Absatz 2.3.2 dieses Anhangs einzuhalten sind.

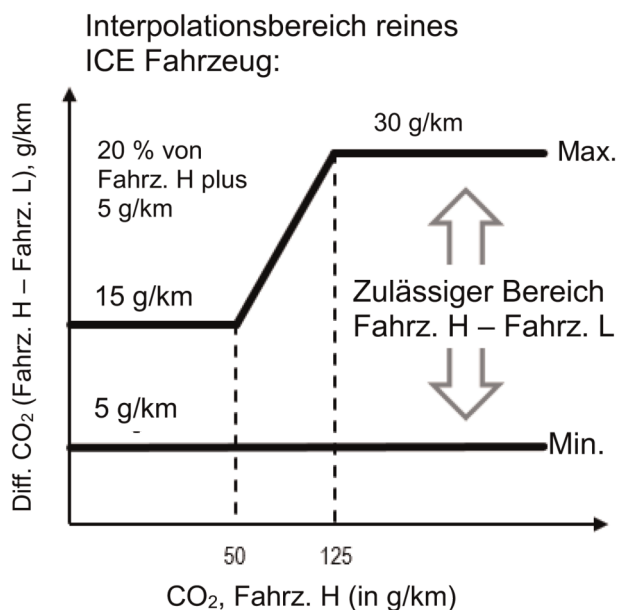
2.3.2. CO₂-Interpolationsbereich

2.3.2.1. Die Interpolationsmethode darf nur angewendet werden, wenn die CO₂-Differenz zwischen den Prüffahrzeugen L und H, die sich im anzuwendenden Zyklus aus Schritt 9 in Anhang B7 Tabelle A7/1 ergibt, zwischen mindestens 5 g/km und höchstens dem in Absatz 2.3.2.2 dieses Anhangs festgelegten Wert liegt.

2.3.2.2. Die maximal zulässige Differenz der CO₂-Emissionen zwischen den Prüffahrzeugen L und H über den sich aus Schritt 9 in Anhang B7 Tabelle A7/1 ergebenden anwendbaren Zyklus beträgt 20 % plus 5 g/km der CO₂-Emissionen von Fahrzeug H, mindestens jedoch 15 g/km und höchstens 30 g/km. Siehe Abbildung A6/2.

Abbildung A6/2

Interpolationsbereich für reine ICE-Fahrzeuge

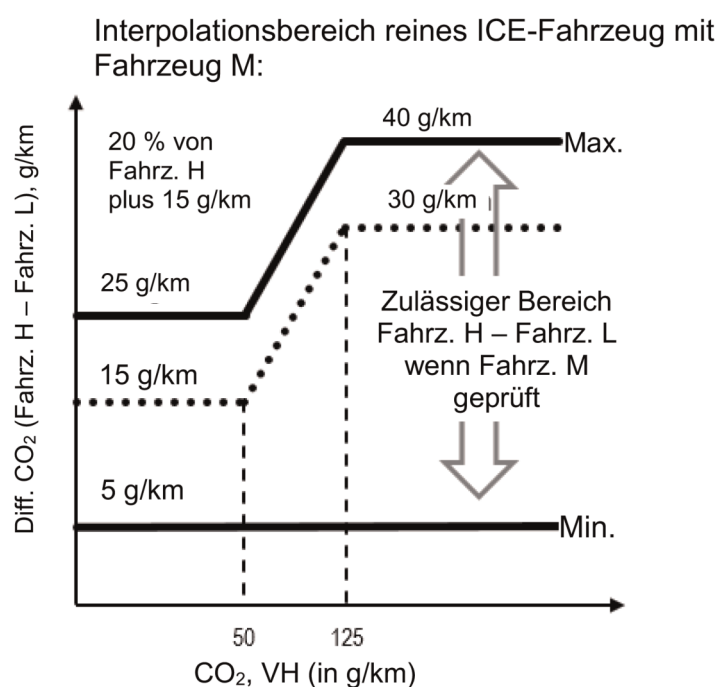


Diese Einschränkung gilt nicht für die Anwendung einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie oder wenn die Berechnung des Fahrwiderstands der Fahrzeuge L und H auf Basis des Standardfahrwiderstands erfolgt.

- 2.3.2.2.1. Der zulässige Interpolationsbereich nach Absatz 2.3.2.2 dieses Anhangs kann um 10 g/km CO₂ erhöht werden (siehe Abbildung A6/3), wenn ein Fahrzeug M innerhalb dieser Familie geprüft wird und die Bedingungen nach Absatz 2.3.2.4 dieses Anhangs erfüllt sind. Diese Überschreitung ist nur einmal innerhalb einer Interpolationsfamilie zulässig.

Abbildung A6/3

Interpolationsbereich reines ICE-Fahrzeug mit Fahrzeug M



- 2.3.2.3. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der zuständigen Behörde kann die Anwendung der Interpolationsmethode auf Werte von Einzelfahrzeugen innerhalb einer Familie erweitert werden, wenn die maximale Extrapolation eines einzelnen Fahrzeugs (Schritt 10 in Tabelle A7/1 des Anhangs B7) nicht mehr als 3 g/km über der CO₂-Emission von Fahrzeug H (Schritt 9 in Tabelle A7/1 des Anhangs B7) und/oder nicht mehr als 3 g/km unter der CO₂-Emission von Fahrzeug L (Schritt 9 in Tabelle A7/1 des Anhangs B7) liegt. Diese Extrapolation ist nur innerhalb der absoluten Grenzen des in Abschnitt 2.3.2.2 spezifizierten Interpolationsbereichs gültig.

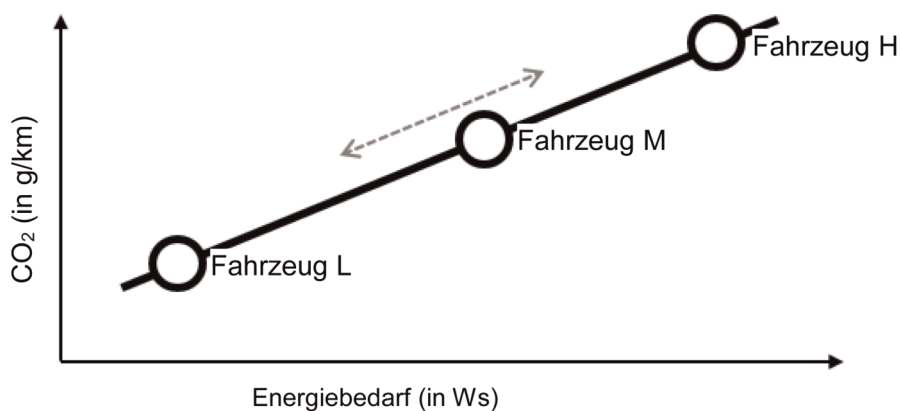
Für die Anwendung einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie oder bei Berechnung des Fahrwiderstands der Fahrzeuge L und H auf Basis des Standardfahrwiderstandes ist keine Extrapolation erlaubt.

- 2.3.2.4. Fahrzeug M

Fahrzeug M ist ein Fahrzeug innerhalb der Interpolationsfamilie zwischen den Fahrzeugen L und H mit einem Zyklusenergiebedarf, der dem Mittel der Fahrzeuge L und H möglichst nahe kommt.

Die Grenzwerte der Auswahl von Fahrzeug M (siehe Abbildung A6/4) sind so bemessen, dass weder die Differenz der CO₂-Emissionswerte zwischen den Fahrzeugen H und M noch die Differenz der CO₂-Emissionswerte zwischen den Fahrzeugen M und L größer ist als der zulässige CO₂-Bereich gemäß Absatz 2.3.2.2 dieses Anhangs. Die festgelegten Fahrwiderstandskoeffizienten und die festgelegte Prüfmasse sind aufzuzeichnen.

Abbildung A6/4

Schwellenwerte für die Auswahl von Fahrzeug M**Für Stufe 1A**

Die Linearität der korrigierten gemessenen und gemittelten CO₂-Emission für das Fahrzeug M, $M_{CO_2,c,6,M}$ gemäß Anhang B7 Tabelle A7/1 Schritt 6 ist anhand der linearen interpolierten CO₂-Emission zwischen den Fahrzeugen L und H über den anzuwendenden Zyklus zu überprüfen, indem die korrigierte und gemittelte CO₂-Emission $M_{CO_2,c,6,H}$ des Fahrzeugs H und $M_{CO_2,c,6,L}$ des Fahrzeugs L für die Interpolation der linearen Emission CO₂ gemäß Anhang B7 Tabelle A7/1 Schritt 6 verwendet wird.

Für Stufe 1B

Eine zusätzliche Mittelung der Prüfungen mit dem CO₂-Output von Schritt 4a ist erforderlich (nicht in Tabelle A7/1 beschrieben). Die Linearität der korrigierten gemessenen und gemittelten CO₂-Emission für das Fahrzeug M, $M_{CO_2,c,4a,M}$ gemäß Anhang B7 Tabelle A7/1 Schritt 4a ist anhand der linearen interpolierten CO₂-Emission zwischen den Fahrzeugen L und H über den anzuwendenden Zyklus zu überprüfen, indem die korrigierte und gemittelte CO₂-Emission $M_{CO_2,c,4a,H}$ des Fahrzeugs H und $M_{CO_2,c,4a,L}$ des Fahrzeugs L für die Interpolation der linearen Emission CO₂ gemäß Anhang B7 Tabelle A7/1 Schritt 4a verwendet wird.

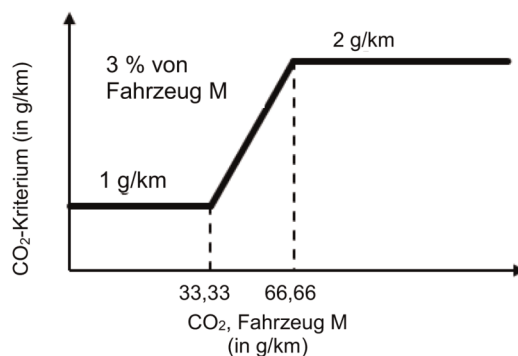
Für Stufe 1A und Stufe 1B

Das Linearitätskriterium für Fahrzeug M (siehe Abbildung A6/5) gilt als erfüllt, wenn die CO₂-Emission des Fahrzeugs M über den anzuwendenden WLTC-Zyklus abzüglich der durch Interpolation abgeleiteten CO₂-Emission weniger als 2 g/km oder 3 % des interpolierten Werts beträgt, je nachdem, welcher Wert niedriger ist, mindestens jedoch 1 g/km.

Abbildung A6/5

Linearitätskriterium für Fahrzeug M

Toleranz, Fahrzeug M Messung ggü. Berechnung:



Ist das Linearitätskriterium erfüllt, werden die CO₂-Werte der einzelnen Fahrzeuge zwischen den Fahrzeugen L und H interpoliert.

Wenn das Linearitätskriterium nicht erfüllt ist, so ist die Interpolationsfamilie in zwei Unterfamilien zu teilen, und zwar in Fahrzeuge mit einem Zyklusenergiebedarf, der zwischen dem der Fahrzeuge L und M liegt, und in Fahrzeuge mit einem Zyklusenergiebedarf, der zwischen dem der Fahrzeuge M und H liegt. In diesem Fall sind die endgültigen CO₂-Emissionen von Fahrzeug M nach demselben Verfahren wie für die Fahrzeuge L oder H zu bestimmen (siehe Schritt 9 in Tabelle A7/1 in Anhang B7).

Für Fahrzeuge mit einem Zyklusenergiebedarf, der zwischen dem der Fahrzeuge L und M liegt, ist jeder Parameter von Fahrzeug H, der für die Anwendung der Interpolationsmethode auf einzelne Werte erforderlich ist, durch den entsprechenden Parameter des Fahrzeugs M zu ersetzen.

Für Fahrzeuge mit einem Zyklusenergiebedarf, der zwischen dem der Fahrzeuge M und H liegt, ist jeder Parameter von Fahrzeug L, der für die Anwendung der Interpolationsmethode von einzelnen Werten erforderlich ist, durch den entsprechenden Parameter des Fahrzeugs M zu ersetzen.

2.3.3. Einfahren

Das Fahrzeug ist in gutem technischen Zustand vorzuführen. Es muss eingefahren sein und vor der Prüfung zwischen 3 000 km und 15 000 km zurückgelegt haben. Motor und Kraftübertragungsstrang müssen nach den Empfehlungen des Herstellers eingefahren sein.

2.4. Einstellungen

2.4.1. Die Einstellung und Überprüfung des Prüfstandes erfolgt gemäß Anhang B4.

2.4.2. Betrieb des Rollenprüfstands

2.4.2.1. Hilfseinrichtungen sind während des Prüfstandbetriebs auszuschalten oder zu deaktivieren, es sei denn, ihr Betrieb ist aufgrund von Rechtsvorschriften erforderlich (z. B. Tagfahrleuchten).

2.4.2.1.1. Nur für Stufe 1A

Ist das Fahrzeug mit einer Ausrollfunktion ausgestattet, muss diese Funktion während der Prüfung auf dem Rollenprüfstand entweder durch einen Schalter oder durch den Prüfstandsbetriebsmodus des Fahrzeugs deaktiviert werden, außer bei Prüfungen, bei denen die Ausrollfunktion ausdrücklich durch das Prüfverfahren vorgeschrieben ist.

2.4.2.2. Der Prüfstandsbetriebsmodus des Fahrzeugs ist gegebenenfalls gemäß den Anweisungen des Herstellers zu aktivieren (z. B. durch die Betätigung der Lenkradtasten in einer bestimmten Reihenfolge, anhand des Werkstattprüfers des Herstellers oder durch die Entfernung einer Sicherung).

Für Stufe 1A

Der Hersteller legt der zuständigen Behörde ein Verzeichnis der deaktivierten Geräte und/oder der Funktionsweise und eine Begründung für die Deaktivierung vor. Der Prüfstandsbetriebsmodus ist durch die zuständige Behörde zu genehmigen und die Verwendung des Prüfstandsbetriebsmodus ist zu protokollieren.

Für Stufe 1B

Der Hersteller stellt der Genehmigungsbehörde ein Verzeichnis der deaktivierten Geräte zusammen mit einer Begründung für die Deaktivierung zur Verfügung. Der Prüfstandsbetriebsmodus ist durch die zuständige Behörde zu genehmigen und die Verwendung des Prüfstandsbetriebsmodus ist zu protokollieren.

2.4.2.3. Für Stufe 1A

Der Prüfstandsbetriebsmodus des Fahrzeugs darf die Funktion eines beliebigen Teils (mit Ausnahme der Ausrollfunktion), das das Emissionsverhalten und den Kraftstoffverbrauch unter den Prüfbedingungen beeinflusst, nicht aktivieren, verändern, verzögern oder deaktivieren. Jedes Gerät, das den Betrieb auf einem Rollenprüfstand beeinflusst, muss so eingestellt sein, dass ein ordnungsgemäßer Betrieb sichergestellt wird.

Für Stufe 1B

Der Prüfstandsbetriebsmodus des Fahrzeugs darf die Funktion eines beliebigen Teils, das das Emissionsverhalten und den Kraftstoffverbrauch unter den Prüfbedingungen beeinflusst, nicht aktivieren, verändern, verzögern oder deaktivieren. Jedes Gerät, das den Betrieb auf einem Rollenprüfstand beeinflusst, muss so eingestellt sein, dass ein ordnungsgemäßer Betrieb sichergestellt wird.

2.4.2.4. Verteilung der Prüfstandstypen auf die Prüffahrzeuge

2.4.2.4.1. Hat das Prüffahrzeug zwei Antriebsachsen und wird es unter WLTP-Bedingungen teilweise oder dauerhaft mit zwei Achsen angetrieben oder erfolgt während des anwendbaren Zyklus eine Rückgewinnung von Energie, dann ist das Fahrzeug auf einem Rollenprüfstand im 4WD-Betrieb gemäß den Spezifikationen in Anhang B5 Absätze 2.2 und 2.3 zu prüfen.

2.4.2.4.2. Wird das Prüffahrzeug nur mit einer Antriebsachse geprüft, dann ist es auf einem Rollenprüfstand im 2WD-Betrieb gemäß den Spezifikationen in Anhang B5 Absatz 2.2 zu prüfen.

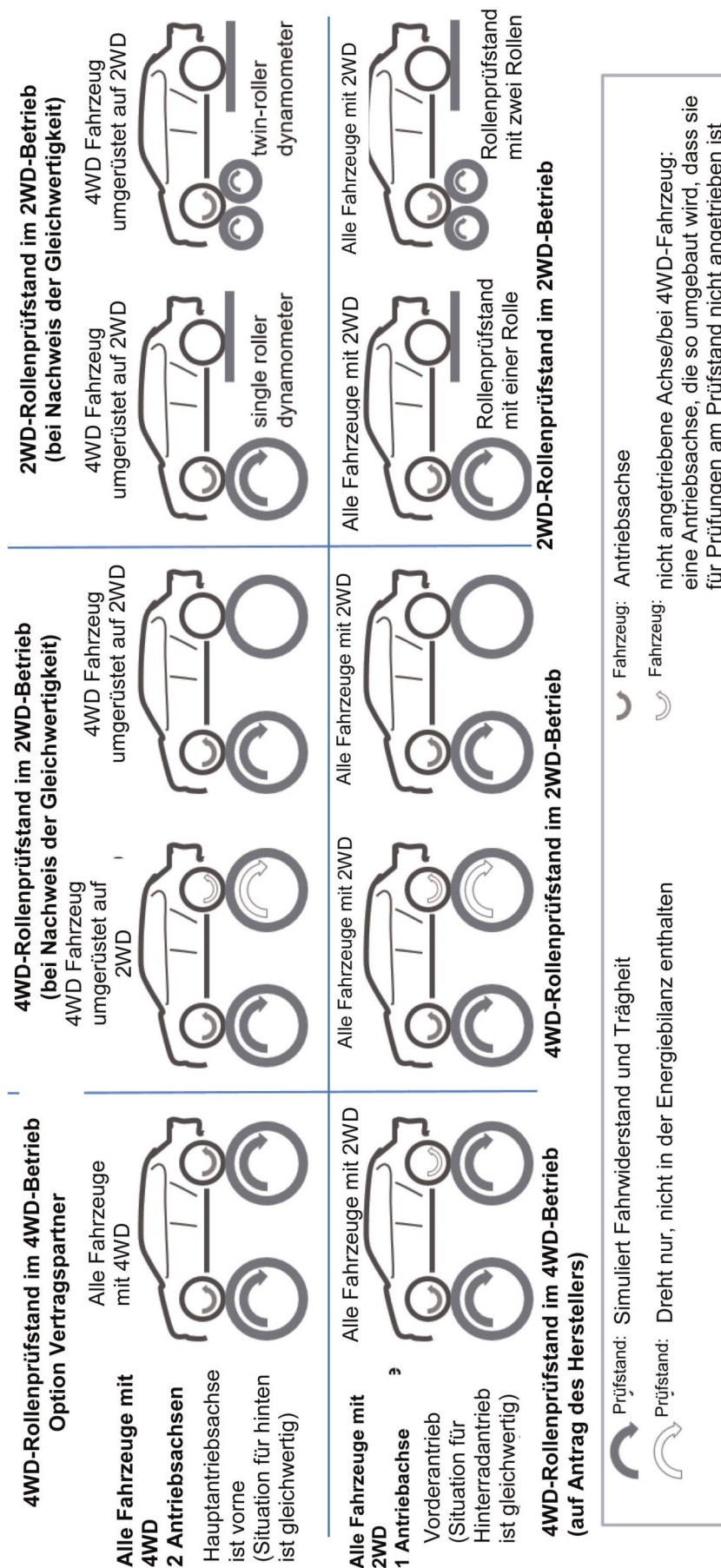
Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde kann ein Fahrzeug mit einer Antriebsachse auf einem 4WD-Rollenprüfstand im 4WD-Betrieb geprüft werden.

2.4.2.4.3. Wird das Prüffahrzeug mit zwei Achsen betrieben, die in vom Fahrer wählbaren Betriebsarten angetrieben werden, jedoch nicht für den normalen Alltagsbetrieb, sondern nur für besondere Zwecke bestimmt sind, beispielsweise „Bergmodus“ oder „Wartungsmodus“, oder wenn die Betriebsart mit zwei Antriebsachsen nur bei Geländebetrieb aktiviert wird, dann ist das Fahrzeug auf einem Rollenprüfstand im 2WD-Betrieb gemäß den Spezifikationen in Anhang 5 Absatz 2.2 zu prüfen.

Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde kann das Fahrzeug auf einem 4WD-Rollenprüfstand im 4WD-Betrieb geprüft werden.

2.4.2.4.4. Wird das Prüffahrzeug auf einem 4WD-Rollenprüfstand im 2WD-Betrieb geprüft, dürfen sich die Räder während der Prüfung auf der nicht angetriebenen Achse drehen, vorausgesetzt, der Prüfstandsbetriebsmodus des Fahrzeugs und der Ausrollmodus des Fahrzeugs sind für diese Betriebsart geeignet.

Abbildung A6/5a
Mögliche Prüfanordnungen für 2WD- und 4WD-Rollenprüfstände



- 2.4.2.5. Nachweis der Gleichwertigkeit zwischen einem Prüfstand im 2WD-Betrieb und einem Prüfstand im 4WD-Betrieb
- 2.4.2.5.1. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde kann ein Fahrzeug, das auf einem Prüfstand im 4WD-Betrieb zu prüfen ist, wahlweise auf einem Rollenprüfstand im 2WD-Betrieb geprüft werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:
- a) das Prüffahrzeug wurde auf eine einzige Antriebsachse umgerüstet;
 - b) der Hersteller weist der Genehmigungsbehörde gegenüber nach, dass die CO₂-Emission, der Kraftstoffverbrauch und/oder der Stromverbrauch des umgerüsteten Fahrzeugs gleich hoch oder höher als bei nicht umgerüsteten Fahrzeugen ist, die auf einem Rollenprüfstand im 4WD-Betrieb geprüft werden;
 - c) es ist ein sicherer Betrieb für die Prüfung gewährleistet (z. B. durch die Entfernung einer Sicherung oder den Ausbau einer Antriebswelle), und es wird eine Anweisung zusammen mit dem Prüfstandsbetriebsmodus bereitgestellt;
 - d) die Umrüstung erfolgt nur an dem auf dem Rollenprüfstand geprüften Fahrzeug, das Verfahren zur Bestimmung des Fahrwiderstands erfolgt am nicht umgerüsteten Prüffahrzeug.
- 2.4.2.5.2. Dieser Nachweis der Gleichwertigkeit gilt für alle Fahrzeuge in der selben Fahrwiderstandsfamilie. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde kann dieser Nachweis der Gleichwertigkeit auf andere Fahrwiderstandsfamilien ausgeweitet werden, sofern nachgewiesen ist, dass ein Fahrzeug aus der ungünstigsten Fahrwiderstandsfamilie ausgewählt wurde.
- 2.4.2.6. Die Angaben darüber, ob ein Fahrzeug auf einem 2WD-Rollenprüfstand oder einem 4WD-Rollenprüfstand geprüft wurde und ob es auf einem Rollenprüfstand im 2WD-Betrieb oder im 4WD-Betrieb geprüft wurde, sind in alle einschlägigen Prüfberichte aufzunehmen. Wurde das Fahrzeug auf einem 4WD-Prüfstand geprüft, wobei sich dieser im 2WD-Betrieb befand, muss diese Angabe auch die Information enthalten, ob sich die Räder auf der nicht angetriebenen Achse drehen.
- 2.4.3. Die Auspuffanlage des Fahrzeugs darf keine Lecks aufweisen, die zu einer Verringerung der Menge der gesammelten Gase führen können.
- 2.4.4. Die Einstellung des Antriebsstrangs und der Betätigungseinrichtungen des Fahrzeugs muss den Angaben des Herstellers für die Serienproduktion entsprechen.
- 2.4.5. Es sind Reifen zu verwenden, die gemäß den Angaben des Fahrzeugherstellers zur Originalausstattung des Fahrzeugs gehören. Der Reifendruck kann gegenüber dem in Absatz 4.2.2.3 des Anhangs B4 festgelegten Druck um bis zu 50 % erhöht werden. Für die Einstellung des Prüfstands und in allen nachfolgenden Prüfungen ist derselbe Reifendruck anzuwenden. Der verwendete Reifendruck ist aufzuzeichnen.
- 2.4.6. Bezugskraftstoff
- Für die Prüfung sind die geeigneten Bezugskraftstoffe gemäß Anhang B3 zu verwenden.
- 2.4.7. Vorbereitung des Prüffahrzeugs
- 2.4.7.1. Das Fahrzeug muss während der Prüfung etwa horizontal stehen, damit eine anomale Kraftstoffverteilung vermieden wird.
- 2.4.7.2. Der Hersteller muss gegebenenfalls zusätzliche Verbindungsstücke und Adapter zur Verfügung stellen, soweit diese erforderlich sind, um eine Ablassmöglichkeit an dem in Einbaulage tiefstmöglichen Punkt des/der Tanks zu schaffen und das Auffangen des Auspuffgases zur Probenahme zu gewährleisten.
- 2.4.7.3. Für eine Partikelprobenahme während einer Prüfung, bei der sich das Regenerierungssystem in einem stabilen Beladungszustand befindet (d. h. es erfolgt keine Regenerierung), wird empfohlen, dass das Fahrzeug mehr als ein Drittel der Fahrstrecke zwischen den vorgesehenen Regenerierungsvorgängen zurückgelegt hat oder an dem periodisch arbeitenden Regenerierungssystem ein entsprechender Beladungsvorgang außerhalb des Fahrzeugs erfolgt ist.
- 2.5. Vorversuchszyklen
- Vorversuchszyklen können auf Anfrage des Herstellers durchgeführt werden, um zu überprüfen, ob die Geschwindigkeitskurve innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen liegt.
- 2.6. Vorkonditionierung des Prüffahrzeugs
- 2.6.1. Vorbereitung des Fahrzeugs

2.6.1.1. Befüllen des Kraftstoffbehälters

Die Kraftstofftanks sind mit dem angegebenen Prüfkraftstoff zu füllen. Wenn der in den Kraftstofftanks vorhandene Kraftstoff den Vorschriften von Absatz 2.4.6 dieses Anhangs nicht entspricht, ist der vorhandene Kraftstoff vor dem Befüllen abzulassen. Die Anlage zur Begrenzung der Verdunstungsemissionen darf nicht übermäßig gespült oder beladen werden.

2.6.1.2. Aufladen der wiederaufladbaren Energiespeichersysteme (REESS)

Vor dem Vorkonditionierungsprüfzyklus sind die REESS vollständig zu laden. Auf Anfrage des Herstellers kann die Aufladung vor der Vorkonditionierung ausgelassen werden. Die wiederaufladbaren Energiespeichersysteme dürfen vor der amtlichen Prüfung nicht erneut aufgeladen werden.

2.6.1.3. Reifendruck

Der Reifendruck der Antriebsräder muss gemäß Absatz 2.4.5 dieses Anhangs eingestellt werden.

2.6.1.4. Fahrzeuge, die mit gasförmigen Kraftstoffen betrieben werden

Bei Fahrzeugen mit Fremdzündungsmotor, die mit Flüssiggas oder Erdgas/Biomethan betrieben werden oder so ausgerüstet sind, dass sie entweder mit Benzin oder mit Flüssiggas oder Erdgas/Biomethan betrieben werden können, muss das Fahrzeug zwischen der Prüfung mit dem ersten und der Prüfung mit dem zweiten gasförmigen Bezugskraftstoff erneut vorkonditioniert werden (vor der Prüfung mit dem zweiten Bezugskraftstoff).

2.6.2. Prüfwerte

2.6.2.1. Temperatur

Während der Vorkonditionierung muss die Temperatur des Prüfraums den Vorgaben für Prüfungen Typ 1 (Absatz 2.2.2.1.1 dieses Anhangs) entsprechen.

2.6.2.2. Messung der Hintergrund-Partikelmasse

Bei einer Prüfeinrichtung, bei der die Ergebnisse einer Prüfung an einem Fahrzeug mit niedrigem Partikelaustritt durch Emissionsrückstände von einer vorangegangenen Prüfung an einem Fahrzeug mit hohem Partikelaustritt verfälscht werden könnten, wird empfohlen, zur Vorkonditionierung der Probenahmeeinrichtung einen 20-minütigen Fahrzyklus unter stationären Bedingungen bei 120 km/h mit einem Fahrzeug mit niedrigem Partikelaustritt zu fahren. Falls erforderlich, ist eine längere Laufzeit und/oder eine Laufzeit bei höherer Geschwindigkeit für die Vorkonditionierung der Probenahmeeinrichtung zulässig. Gegebenenfalls sind Hintergrund-Messungen im Verdünnungskanal nach der Vorkonditionierung des Kanals und vor einer anschließenden Fahrzeugprüfung vorzunehmen.

2.6.3. Verfahren

2.6.3.1. Das Prüffahrzeug wird (entweder fahrend oder schiebend) auf einen Rollenprüfstand gebracht und während der anzuwendenden WLTC-Zyklen betrieben. Das Fahrzeug muss nicht kalt sein und kann zur Einstellung der Bremslast des Rollenprüfstands verwendet werden.

2.6.3.2. Der Fahrwiderstand des Rollenprüfstands ist gemäß den Absätzen 7 und 8 des Anhangs B4 einzustellen. Wird für die Prüfung ein Rollenprüfstand im 2WD-Betrieb verwendet, dann erfolgt die Einstellung des Fahrwiderstands auf einem Rollenprüfstand im 2WD-Betrieb. Wird für die Prüfung ein Rollenprüfstand im 4WD-Betrieb verwendet, erfolgt die Einstellung des Fahrwiderstands auf einem Rollenprüfstand im 4WD-Betrieb.

2.6.4. Fahrzeugbetrieb

2.6.4.1. Das Einschalten des Antriebs hat unter Anwendung der gemäß der Herstelleranweisung für diesen Zweck bereitgestellten Einrichtungen zu erfolgen.

Sofern nicht anders spezifiziert, ist ein nicht im Fahrzeug ausgelöster Betriebsmoduswechsel während der Prüfung nicht zulässig.

2.6.4.1.1. Kann der Anlassvorgang nicht erfolgreich ausgelöst werden (kann der Motor z. B. nicht wie erwartet angelassen werden oder gibt das Fahrzeug eine entsprechende Fehlermeldung aus), ist die Prüfung ungültig. Die Vorkonditionierungsprüfungen müssen in diesem Fall wiederholt und eine neue Prüfung gefahren werden.

- 2.6.4.1.2. Wird als Kraftstoff Flüssiggas oder Erdgas/Biomethan verwendet, dann darf der Motor mit Benzin angelassen werden, bevor nach einer vorher festgelegten Zeitdauer, die der Fahrzeugführer nicht verändern kann, automatisch auf Flüssiggas oder Erdgas/Biomethan umgeschaltet wird. Diese Zeitdauer darf 60 Sekunden nicht überschreiten.
- Es ist ferner zulässig, im Gasbetrieb Benzin ausschließlich oder gleichzeitig mit Gas zu verwenden, sofern der auf Gas entfallende Energieverbrauch mehr als 80 % der während der Prüfung Typ 1 insgesamt verbrauchten Energiemenge ausmacht. Dieser Prozentsatz wird nach dem Verfahren gemäß Anlage 3 dieses Anhangs berechnet.
- 2.6.4.2. Der Fahrzyklus beginnt mit dem Auslösen des Anlassvorgangs.
- 2.6.4.3. Zu Vorkonditionierung ist der anwendbare WLTC-Zyklus zu fahren.
- Auf Anfrage des Herstellers oder der zuständigen Behörde können zusätzliche WLTC-Zyklen durchgeführt werden, um das Fahrzeug und sein Steuerungssystem in einen stabilisierten Zustand zu bringen.
- Das Ausmaß einer solchen zusätzlichen Vorkonditionierung ist in allen einschlägigen Prüfberichten zu berücksichtigen.
- 2.6.4.4. Beschleunigungen
- Die Betätigungseinrichtung zur Beschleunigung des Fahrzeugs ist so zu betätigen, dass die entsprechenden Geschwindigkeitswerte erreicht werden.
- Das Fahrzeug muss reibungslos und unter Beachtung der repräsentativen Schaltgeschwindigkeiten und Verfahren betrieben werden.
- Bei handgeschalteten Getrieben ist die Beschleunigungseinrichtung nach jedem Schaltvorgang zu lösen. Ferner ist der Schaltvorgang in möglichst kurzer Zeit auszuführen.
- Erreicht das Fahrzeug nicht die Werte gemäß der Geschwindigkeitskurve, muss es mit der maximalen verfügbaren Leistung betrieben werden, bis das Fahrzeug die entsprechende Zielgeschwindigkeit erneut erreicht.
- 2.6.4.5. Verzögerung Während Verzögerungen des Zyklus muss der Fahrer die Betätigungseinrichtung zur Beschleunigung deaktivieren.
- Während Verzögerungen des Zyklus muss der Fahrer die Betätigungseinrichtung zur Beschleunigung deaktivieren. Die Kupplung darf jedoch bis zu dem in Anhang B2 Absatz 3.3 oder Absatz 4 Buchstabe f festgelegten Zeitpunkt nicht manuell ausgerückt werden.
- Verzögert das Fahrzeug schneller als von der Geschwindigkeitskurve vorgeschrieben, muss die Betätigungseinrichtung zur Beschleunigung so betätigt werden, dass die Übereinstimmung mit der vorgeschriebenen Geschwindigkeit wiederhergestellt wird.
- Verzögert das Fahrzeug zu langsam, um der vorgesehenen Verzögerung zu entsprechen, müssen die Bremsen betätigt werden, damit die Übereinstimmung mit der vorgeschriebenen Geschwindigkeit wiederhergestellt wird.
- 2.6.4.6. Bremsung
- Befindet sich das Fahrzeug im Stillstand bzw. im Leerlauf, müssen die Bremsen mit entsprechender Kraft betätigt werden, um zu verhindern, dass sich die Antriebsräder drehen.
- 2.6.5. Verwendung des Getriebes
- 2.6.5.1. Handschaltgetriebe
- 2.6.5.1.1. Es sind die Vorgaben für Gangschaltungen in Anhang B2 zu beachten. Nach Anhang B8 geprüfte Fahrzeuge sind gemäß Absatz 1.5 dieses Anhangs zu fahren.
- 2.6.5.1.2. Der Gangwechsel sollte innerhalb von $\pm 1,0$ Sekunden des vorgeschriebenen Schaltpunkts ausgeführt werden.
- 2.6.5.1.3. Die Kupplung ist innerhalb von $\pm 1,0$ Sekunde des vorgeschriebenen Kupplungsbetriebspunkts zu betätigen.
- 2.6.5.2. Automatikgetriebe
- 2.6.5.2.1. Nachdem der Wählhebel in die erste Stellung eingelegt worden ist, darf er während der gesamten Prüfung nicht mehr betätigt werden. Der Wählhebel ist eine Sekunde vor Beginn der ersten Beschleunigung in die erste Stellung einzulegen.
- 2.6.5.2.2. Fahrzeuge mit einem Automatikgetriebe mit manueller Betriebsart dürfen nicht in der manuellen Betriebsart geprüft werden.

2.6.6. Vom Fahrer wählbare Betriebsarten

- 2.6.6.1. Fahrzeuge mit einer primären Betriebsart sind in dieser Betriebsart zu prüfen. Auf Antrag des Herstellers kann das Fahrzeug alternativ in der in Bezug auf die CO₂-Emissionen ungünstigsten Position des Modus „Vom Fahrer wählbare Betriebsart“ geprüft werden.

Der Hersteller muss der zuständigen Behörde gegenüber nachweisen, dass eine Betriebsart vorhanden ist, die die Anforderungen in Absatz 3.5.9 dieser Regelung erfüllt. Mit Zustimmung der zuständigen Behörde kann die primäre Betriebsart als die einzige Betriebsart zur Bestimmung der Grenzwertemissionen, der CO₂-Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs verwendet werden.

- 2.6.6.2. Verfügt das Fahrzeug über keine primäre Betriebsart, da es über zwei oder mehrere konfigurierbare Startbetriebsarten verfügt, ist das Fahrzeug in der im Hinblick auf die Grenzwertemissionen, CO₂-Emissionen und den Kraftstoffverbrauch innerhalb dieser konfigurierbaren Startbetriebsarten günstigsten und ungünstigsten Betriebsart zu prüfen.

- 2.6.6.3. Verfügt das Fahrzeug über keine primäre Betriebsart oder findet die beantragte primäre Betriebsart nicht die Zustimmung der zuständigen Behörde, oder gibt es keine zwei oder mehr konfigurierbaren Startbetriebsarten, ist das Fahrzeug in der im Hinblick auf die Grenzwertemissionen, CO₂-Emissionen und den Kraftstoffverbrauch günstigsten und ungünstigsten Betriebsart zu prüfen. Die günstigste bzw. ungünstigste Betriebsart ist anhand des Nachweises über die CO₂-Emissionen und den Kraftstoffverbrauch in allen Betriebsarten zu ermitteln. Die CO₂-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch sind das arithmetische Mittel der Prüfergebnisse in beiden Betriebsarten. Die Prüfergebnisse für beide Betriebsarten sind aufzuzeichnen.

Auf Antrag des Herstellers kann das Fahrzeug alternativ in der in Bezug auf die CO₂-Emissionen ungünstigsten vom Fahrer wählbaren Betriebsart geprüft werden.

- 2.6.6.4. Auf der Grundlage technischer Unterlagen, die vom Hersteller bereitgestellt werden, und der Zustimmung der zuständigen Behörde sind die speziellen vom Fahrer wählbaren Betriebsarten für sehr spezielle begrenzte Zwecke außer Acht zu lassen (z. B. Wartungsmodus, Kriechmodus). Alle verbleibenden wählbaren Betriebsarten, die für das Vorwärtsfahren verwendet werden, sind zu berücksichtigen und die Schwellenwerte der Grenzwertemissionen müssen in allen diesen Betriebsarten eingehalten werden.

- 2.6.6.5. Die Absätze 2.6.6.1 bis einschließlich 2.6.6.4 dieses Anhangs gelten für alle Fahrzeugsysteme mit vom Fahrer wählbaren Betriebsarten, einschließlich jener, die nicht ausschließlich mit der Kraftübertragung im Zusammenhang stehen.

2.6.7. Ungültigerklärung der Prüfung Typ 1 und Abschluss des Zyklus

Bei einem unerwarteten Motorstillstand ist die Vorkonditionierung bzw. die Prüfung Typ 1 für ungültig zu erklären.

Nach Abschluss des Zyklus ist der Motor abzuschalten. Das Fahrzeug darf erst zu Beginn derjenigen Prüfung, für die es vorkonditioniert wurde, wieder gestartet werden.

2.6.8. Erforderliche Daten, Qualitätskontrolle

2.6.8.1. Geschwindigkeitsmessung

Zur Beurteilung der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit wird die Geschwindigkeit als Funktion der Zeit während der Vorkonditionierung gemessen oder mithilfe des Datenerfassungssystems bei einer Frequenz von mindestens 1 Hz aufgezeichnet.

2.6.8.2. Zurückgelegte Fahrstrecke

Die vom Fahrzeug tatsächlich zurückgelegte Fahrstrecke ist in allen einschlägigen Prüfblättern für jede WLTC-Phase zu berücksichtigen.

2.6.8.3. Toleranzen in der Geschwindigkeitskurve

Bei Fahrzeugen, bei denen die für den anwendbaren WLTC-Zyklus vorgeschriebenen Beschleunigungs- und Höchstgeschwindigkeitswerte nicht erreicht werden, muss das Gaspedal voll durchgetreten bleiben, bis die Werte der vorgeschriebenen Fahrkurve erneut erreicht sind. Verletzungen der Geschwindigkeitskurve unter diesen Umständen dürfen eine Prüfung nicht ungültig machen. Abweichungen vom Fahrzyklus sind aufzuzeichnen.

- 2.6.8.3.1. Sofern in den entsprechenden Abschnitten nichts anderes angegeben ist, sind die folgenden Toleranzen zwischen der tatsächlichen Fahrzeuggeschwindigkeit und der vorgeschriebenen Geschwindigkeit der anwendbaren Prüfzyklen auf der Grundlage der Fahrereignisse zulässig:

2.6.8.3.1.1. Toleranz (1)

- a) Oberer Grenzwert: 2,0 km/h über dem höchsten Punkt der Kurve innerhalb $\pm 5,0$ Sekunden der gegebenen Zeitspanne;
- b) Unterer Grenzwert: 2,0 km/h unter dem niedrigsten Punkt der Kurve innerhalb $\pm 5,0$ Sekunden der gegebenen Zeitspanne.

2.6.8.3.1.2. Toleranz (2)

- a) Oberer Grenzwert: 2,0 km/h über dem höchsten Punkt der Kurve innerhalb $\pm 1,0$ Sekunden der gegebenen Zeitspanne;
- b) Unterer Grenzwert: 2,0 km/h unter dem niedrigsten Punkt der Kurve innerhalb $\pm 1,0$ Sekunden der gegebenen Zeitspanne.
- i) Schwankungen der Fahrzeuggeschwindigkeit über die Toleranzen hinaus sind zulässig, wenn diese in keinem Fall länger als eine Sekunde dauern.
- ii) Je Prüfzyklus darf es nicht mehr als zehn solcher Abweichungen geben.

2.6.8.3.1.3. Toleranz (3)

IWR	Für Stufe 1A und 1B	innerhalb einer Spanne von - 2,0 bis + 4,0 %
RMSSE	Für Stufe 1A	Unter 1,3 km/h
	Für Stufe 1B	Unter 0,8 km/h

2.6.8.3.1.4. Toleranz (4)

IWR	Für Stufe 1A und 1B	innerhalb einer Spanne von - 2,0 bis + 4,0 %
RMSSE	Für Stufe 1A	Unter 1,3 km/h
	Für Stufe 1B	vom Hersteller angegebene Kriterien, jedoch nicht mehr als 1,3 km/h

2.6.8.3.1.5. Der IWR-Fahrtkurvenindex (Bewertung hinsichtlich Trägheitsarbeit) und der RMSSE-Fahrtkurvenindex (mittlerer quadratischer Geschwindigkeitsfehler) sind gemäß Anhang B7 Absatz 7 zu berechnen.

2.6.8.3.2. Die Fahrzeugbetriebsereignisse und die für diese Ereignisse zulässigen Toleranzen lauten wie folgt:

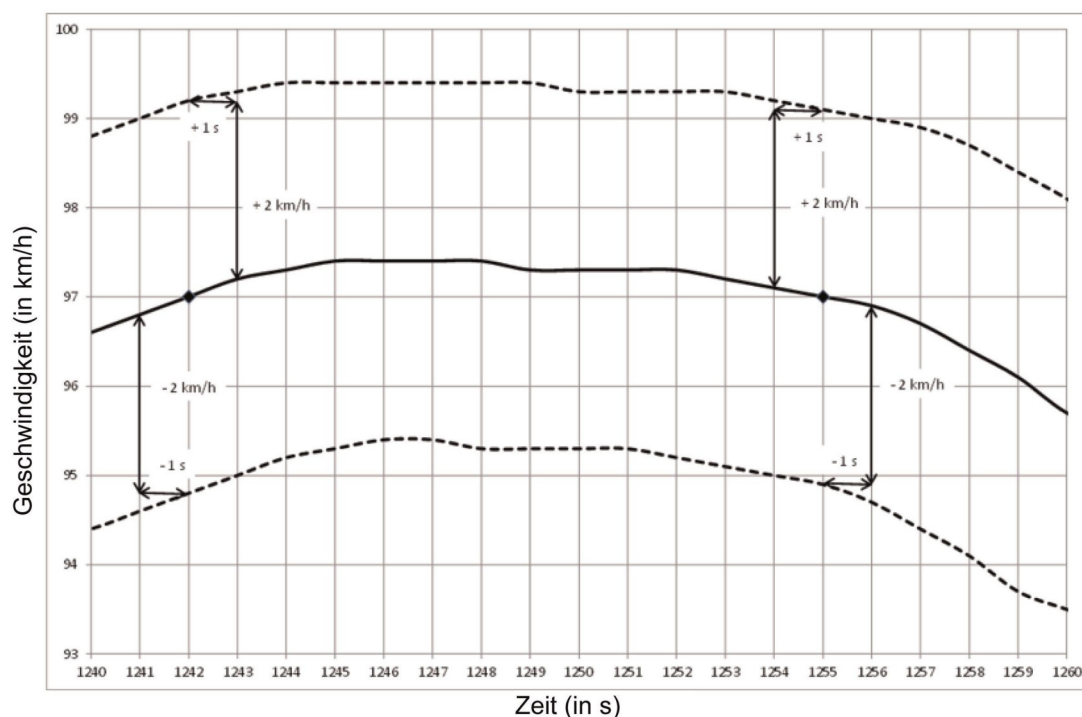
Fahrzeugbetrieb	Aufwärmzyklus für die Einstellung des Rollenprüfstands	Vorkonditionierung	Prüfung der Leistungskennwerte nach Vorkonditionierung
Anhang B6 und B8; Prüfungen Typ 1	Toleranz (1)	Toleranz (2)	Toleranz (2) (*) und Toleranz (3)
Anhang C3: Prüfung Typ 4	Toleranz (1)	Toleranz (2)	Toleranz (2) (*)
Anhang C5 Anlage 1: Nachweisprüfungen für das OBD-System	Toleranz (1)	Toleranz (2)	Toleranz (2) (*)
COP-Prüfung	Toleranz (1)	Toleranz (2)	Toleranz (2) (*) und Toleranz (4)
Einfahr-Faktor für COP	Toleranz (1)	Toleranz (2)	Toleranz (2) (*) und Toleranz (3)

(*) Die Toleranzen dürfen dem Fahrer nicht gezeigt werden.

Liegt die Geschwindigkeitskurve bei einem der Tests außerhalb des entsprechenden Validitätsbereichs, so sind diese einzelnen Tests ungültig.

Abbildung A6/6

Toleranzen in der Geschwindigkeitskurve



2.6.8.4. Messung der Stromstärke des Generators (Gleichspannung/Gleichspannungswandler)

Während der Prüfung Typ 1 ist die Stromstärke des Generators gemäß dem Verfahren und den Anforderungen nach Anhang B6 Anlage 2 Absatz 2 zu messen. Bei OVC-HEV und NOVC-HEV ist die Stromstärke des Gleichspannung/Gleichspannungswandlers gemäß dem Verfahren und den Anforderungen nach Anhang B8 Anlage 3 Absatz 2 zu messen. Die in jeder Prüfung gemessenen Daten (1 Hz integrierte Frequenz) sind auf Ersuchen einer regionalen Behörde von der Typgenehmigungsbehörde bereitzustellen.

2.6.8.5. Aufzeichnung und Speicherung von OBFCM-Daten

Während der Prüfung Typ 1 sind die folgenden, in Anlage 5 dieser Regelung genannten Parameter vom Prüflabor aufzuzeichnen und zu speichern (1 Hz Messfrequenz) und sie sind auf Ersuchen einer regionalen Behörde von der Typgenehmigungsbehörde bereitzustellen.

- a) Kraftstoffdurchsatz des Motors (in Gramm/Sekunde)
- b) Kraftstoffdurchsatz des Motors (in Liter/Stunde)
- c) Kraftstoffdurchsatz des Fahrzeugs (in Gramm/Sekunde).

2.7. Abkühlung

2.7.1. Nach der Vorkonditionierung und vor der Prüfung ist das Prüffahrzeug in einem Bereich abzustellen, in dem die in Absatz 2.2.2.2 dieses Anhangs festgelegten Umgebungsbedingungen herrschen.

2.7.2. Das Fahrzeug muss mindestens 6 Stunden und höchstens 36 Stunden lang mit offener oder geschlossener Motorabdeckung abgekühlt werden. Falls nicht durch spezifische Bestimmungen für einen bestimmten Fahrzeugtyp ausgeschlossen, kann das Fahrzeug auf die Solltemperatur abgekühlt werden. Wird die Abkühlung durch Ventilatoren beschleunigt, dann müssen die Ventilatoren so aufgestellt werden, dass die Kraftübertragung, der Motor und das Abgasnachbehandlungssystem am stärksten und einheitlich gekühlt werden.

2.8. Überprüfung der Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs (Prüfung Typ 1)

- 2.8.1. Die Temperatur des Prüfraums zu Beginn der Prüfung muss innerhalb ± 3 °C bezogen auf den Sollwert von 23 °C liegen. Die Temperatur des Motoröls und, falls vorhanden, des Kühlmittels entspricht mit einer Toleranz von ± 2 °C dem Sollwert von 23 °C.
- 2.8.2. Das Prüffahrzeug ist auf den Rollenprüfstand zu schieben.
- 2.8.2.1. Die Antriebsräder des Fahrzeugs sind ohne Anlassen des Motors auf den Prüfstand zu bringen.
- 2.8.2.2. Der jeweilige Reifendruck der Antriebsräder muss gemäß den Bestimmungen in Absatz 2.4.5 dieses Anhangs eingestellt werden.
- 2.8.2.3. Die Motorraumabdeckung muss geschlossen sein.
- 2.8.2.4. Unmittelbar nach Anlassen des Motors ist ein Abgasverbindungsrohr am (an den) Auspuffrohr(en) des Fahrzeugs anzubringen.
- 2.8.2.5. Das Prüffahrzeug ist nach Anhang B4 Absätze 7.3.3 bis 7.3.3.1.4 auf dem Rollenprüfstand zu platzieren.
- 2.8.3. Anlassen des Antriebsstrangs und Fahrt
- 2.8.3.1. Das Einschalten des Antriebs hat unter Anwendung der gemäß der Herstelleranweisung für diesen Zweck bereitgestellten Einrichtungen zu erfolgen.
- 2.8.3.2. Das Fahrzeug ist gemäß den Angaben in den Absätzen 2.6.4 bis einschließlich 2.6.8 dieses Anhangs im anzuwendenden WLTC-Zyklus wie in Anhang B1 beschrieben zu fahren.
- 2.8.4. Für jede Phase des WLTC-Zyklus ist nach Anlage 2 dieses Anhangs eine Messung der RCB-Daten vorzunehmen.
- 2.8.5. Die tatsächliche Fahrzeuggeschwindigkeit wird bei einer Frequenz von 10 Hz gemessen. Zudem sind die in Anhang B7 Absatz 7 beschriebenen Fahrkurvenindizes zu berechnen und zu dokumentieren.
- 2.8.6. Dieser Absatz gilt nur für Stufe 1A
- Die tatsächliche bei einer Frequenz von 10 Hz gemessene Fahrzeuggeschwindigkeit und die tatsächliche Zeit sind für die Korrekturen der CO₂-Ergebnisse in Abhängigkeit von der Sollgeschwindigkeit und der Entfernung gemäß Anhang B6b heranzuziehen. Beträgt der Wert des mittleren quadratischen Geschwindigkeitsfehlers (RMSSE) weniger als 0,8 km/h, kann dieses Berichtsverfahren auf Antrag des Herstellers ausgelassen werden.
- 2.9. Gasprobenahme
- Gasproben sind in Beuteln zu sammeln; die Verbindungen sind am Ende der Prüfung bzw. einer Prüfphase zu analysieren. Die Analyse kann auch fortlaufend erfolgen und in den Zyklus integriert werden.
- 2.9.1. Im Vorfeld zu jeder Prüfung sind die folgenden Schritte zu unternehmen.
- 2.9.1.1. Die luftleer gemachten und gespülten Probenahmebeutel sind mit den Probenahmesystemen für verdünntes Abgas und Verdünnungsluft zu verbinden.
- 2.9.1.2. Die Messgeräte sind gemäß den Anweisungen des Geräteherstellers einzuschalten.
- 2.9.1.3. Der CVS-Wärmetauscher (falls installiert) muss auf die in Anhang B5 Absatz 3.3.5.1 festgelegte Prüfbetriebstemperatur unter Berücksichtigung der Toleranz vorgewärmt bzw. vorgekühlt werden.
- 2.9.1.4. Bauteile wie Probenahmeleitungen, Filter, Kühler und Pumpen sind wie gefordert auf eine stabile Betriebstemperatur zu erwärmen bzw. zu kühlen.
- 2.9.1.5. Der CVS-Durchsatz ist gemäß Anhang B5 Absatz 3.3.4 und der Probendurchsatz auf ein angemessenes Niveau einzustellen.
- 2.9.1.6. Alle elektronischen Integrationsgeräte sind auf null einzustellen. Vor Beginn einer Zyklusphase können sie erneut auf null eingestellt werden.
- 2.9.1.7. Bei allen kontinuierlichen Gasanalysatoren sind die entsprechenden Messbereiche auszuwählen. Diese dürfen während einer Prüfung nur dann verändert werden, wenn dies über eine Änderung der Kalibrierung, in der die digitale Auflösung des Geräts angewendet wird, erfolgt. Die Verstärkung der analogen Operationsverstärker eines Analysators darf während einer Prüfung nicht verändert werden.

- 2.9.1.8. Alle kontinuierlichen Gasanalysatoren sind auf null einzustellen und anhand von Gasen, die die Anforderungen aus Anhang B5 Absatz 6 erfüllen, zu kalibrieren.
- 2.10. Probenahme zur Bestimmung der Partikelmasse
- 2.10.1. Vor jeder Prüfung sind die in den Absätzen 2.10.1.1 bis einschließlich 2.10.1.2.2 dieses Anhangs beschriebenen Schritte zu ergreifen.
- 2.10.1.1. Auswahl der Filter
- Während des gesamten anwendbaren WLTC-Zyklus ist ein einzelner Partikelprobenahmefilter ohne Nachfilter zu verwenden. Um regionale Zyklusvariationen zu kompensieren, kann für die ersten drei Phasen ein Einfachfilter und für die vierte Phase ein separater Filter verwendet werden.
- 2.10.1.2. Vorbereitung der Filter
- 2.10.1.2.1. Wenigstens eine Stunde vor der Prüfung ist der Filter in einer Petrischale, die gegen Staubkontamination geschützt ist und einen Luftaustausch ermöglicht, zur Stabilisierung in eine Wägekammer (bzw. einen Wägeraum) zu bringen.
- Nach der Stabilisierungsphase ist jeder Filter zu wiegen und das Gewicht aufzuzeichnen. Dann ist der Filter in einer verschlossenen Petrischale oder einem abgedichteten Filterhalter bis zur Verwendung aufzubewahren. Der Filter ist binnen acht Stunden nach seiner Entnahme aus der Wägekammer (bzw. dem Wägeraum) zu verwenden.
- Der Filter ist binnen einer Stunde nach der Prüfung wieder in den Stabilisierungsraum zu bringen und vor dem Wiegen mindestens 1 Stunde lang zu konditionieren.
- 2.10.1.2.2. Der Partikelprobenahmefilter ist vorsichtig in den Filterhalter einzusetzen. Der Filter darf nur mit einer Pinzette oder einer Zange gehandhabt werden. Eine grobe Handhabung des Filters resultiert in einer fehlerhaften Gewichtsbestimmung. Der Filterhalter ist in eine Probenahmeleitung einzusetzen, in der kein Durchfluss vorhanden ist.
- 2.10.1.2.3. Es wird empfohlen, die Mikrowaage zu Beginn jedes Wägedurchgangs, innerhalb von 24 Stunden nach der Wägung der Probe, mit einem Referenzgewicht von ungefähr 100 mg zu überprüfen. Dieses Gewicht ist dreimal zu wiegen und das arithmetische Durchschnittsergebnis ist aufzuzeichnen. Wenn das arithmetische Durchschnittsergebnis der Wägungen nicht um mehr als $\pm 5 \mu\text{g}$ von dem beim vorhergehenden Wägedurchgang ermittelten Ergebnis abweicht, sind die Ergebnisse des Wägedurchgangs und die Waage als zuverlässig anzusehen.
- 2.11. Probenahme der Partikelzahl
- 2.11.1. Vor jeder Prüfung sind die in den Absätzen 2.11.1.1 bis einschließlich 2.11.1.2 dieses Anhangs beschriebenen Schritte durchzuführen:
- 2.11.1.1. Das Verdünnungssystem und die Einrichtung zur Messung der Partikelzahl sind einzuschalten und für die Probenahme vorzubereiten.
- 2.11.1.2. Das einwandfreie Funktionieren des Partikelzählers und der Teile des Entferners flüchtiger Partikel, der zu dem Partikel-Probenahmesystem gehört, ist nach den in den Absätzen 2.11.1.2.1 bis einschließlich 2.11.1.2.4 dieses Anhangs aufgeführten Verfahren zu bestätigen.
- 2.11.1.2.1. Eine Dichtigkeitsprüfung anhand eines Filters mit geeigneter Leistungsstärke, der an die Einlassöffnung des gesamten Partikel-Probenahmesystems (Entferner flüchtiger Partikel und Partikelzähler) angebracht wird, muss eine gemessene Konzentration von weniger als 0,5 Partikeln pro cm^3 ergeben.
- 2.11.1.2.2. Täglich wird der Partikelzähler einer Nullzählung anhand eines Filters mit geeigneter Leistungsstärke, der an der Einlassöffnung des Partikelzählers angebracht wird, unterzogen. Diese Nullzählung muss eine Konzentration von $\leq 0,2$ Partikeln pro cm^3 ergeben. Nach dem Entfernen des Filters muss der Partikelzähler einen Anstieg der gemessenen Konzentration anzeigen und auf $\leq 0,2$ Partikel pro cm^3 zurückgehen, wenn der Filter erneuert wurde. Der Partikelzähler darf keine Fehlermeldung anzeigen.
- 2.11.1.2.3. Es muss gewährleistet sein, dass das Messsystem anzeigt, dass das Verdampfungsrohr, wenn vorhanden, seine vorgeschriebene Betriebstemperatur erreicht hat.
- 2.11.1.2.4. Es muss gewährleistet sein, dass das Messsystem anzeigt, dass der Partikelzahlverdünner PND_1 seine vorgeschriebene Betriebstemperatur erreicht hat.
- 2.12. Probenahme während der Prüfung
- 2.12.1. Das Verdünnungssystem, die Probenahmepumpen und das System zur Datenerhebung sind einzuschalten.

- 2.12.2. Das Partikelmasse- und Partikelzahl-Probenahmesystem sind einzuschalten.
- 2.12.3. Die Partikelzahl ist kontinuierlich zu messen. Die arithmetische Durchschnittskonzentration ist durch Integration der Analysatorsignale während jeder Phase zu bestimmen.
- 2.12.4. Die Probenahme beginnt vor oder mit dem Auslösen des Anlassvorgangs und endet nach Abschluss des letzten Zyklus.
- 2.12.5. Probenahmeumschaltung
 - 2.12.5.1. Gasförmige Emissionen

Die Probenahme aus dem verdünnten Abgas und der Verdünnungsluft ist gegebenenfalls am Ende jeder Phase des anwendbaren, zu fahrenden WLTC-Zyklus von einem Paar Sammelbeutel auf darauffolgende Beutelpaare umzuschalten.
 - 2.12.5.2. Partikelmasse

Es gelten die Anforderungen des Absatzes 2.10.1.1 dieses Anhangs.
- 2.12.6. Die auf dem Prüfstand zurückgelegte Fahrstrecke ist für jede Phase aufzuzeichnen.
- 2.13. Beendigung der Prüfung
 - 2.13.1. Der Motor ist unmittelbar nach Abschluss des letzten Teils der Prüfung abzuschalten.
 - 2.13.2. Die Probenahmeeinrichtung mit konstantem Volumen (CVS) und die Hauptdurchsatzpumpe sind auszuschalten. Außerdem ist der Abgasschlauch vom Auspuff des Fahrzeugs zu trennen.
 - 2.13.3. Das Fahrzeug kann vom Prüfstand genommen werden.
- 2.14. Verfahren nach der Prüfung
 - 2.14.1. Überprüfung des Gasanalysators

Die Anzeigewerte für das Null- und das Kalibriergas der bei der kontinuierlichen Messung verwendeten Analysatoren sind zu überprüfen. Die Prüfergebnisse sind gültig, wenn die Differenz zwischen den vor und nach der Prüfung erreichten Messergebnissen weniger als 2 % des Werts für das Kalibriergas beträgt.
 - 2.14.2. Analyse der Sammelbeutel
 - 2.14.2.1. Die Analyse der in dem Beutel enthaltenen Abgase und der Verdünnungsluft ist so bald wie möglich vorzunehmen. Abgase sind in jedem Fall spätestens 30 Minuten nach Ende der Zyklusphase zu analysieren.

Die Reaktionszeit der Gasverbindungen in den Beuteln ist zu berücksichtigen.
 - 2.14.2.2. Sobald dies vor der Analyse praktisch möglich ist, wird die Analysatoranzeige auf der Skala, die für den jeweiligen Schadstoff verwendet wird, mit dem entsprechenden Nullgas in Nullstellung gebracht.
 - 2.14.2.3. Die Kalibrierkurven der Analysatoren werden mit Justiergasen eingestellt, die Nennkonzentrationen zwischen 70 % und 100 % des Skalenendwerts für die jeweilige Skala aufweisen.
 - 2.14.2.4. Anschließend wird die Nullstellung der Analysatoren erneut überprüft: Weicht ein Ablesewert um mehr als 2 % des Skalenendwerts von dem Wert ab, der bei der unter Absatz 2.14.2.2. dieses Anhangs vorgeschriebenen Einstellung erreicht wurde, ist der Vorgang für den entsprechenden Analysator zu wiederholen.
 - 2.14.2.5. Anschließend sind die Proben zu analysieren.
 - 2.14.2.6. Nach der Analyse werden Nullpunkt und Kalibrierpunkt mit den gleichen Gasen überprüft. Weichen diese Werte nicht um mehr als 2 % von denen der Kalibriergase ab, ist die Analyse als gültig anzusehen.
 - 2.14.2.7. Die Durchsätze durch die Analysatoren und die Drücke der einzelnen Gase müssen die gleichen sein wie bei der Kalibrierung der Analysatoren.
 - 2.14.2.8. Der Gehalt der jeweiligen gemessenen Verbindungen ist nach Stabilisierung des Messgeräts aufzuzeichnen.
 - 2.14.2.9. Gegebenenfalls ist die Masse und Anzahl sämtlicher Emissionen gemäß Anhang B7 zu berechnen.

2.14.2.10. Die Kalibrierungen und Prüfungen erfolgen entweder:

- a) vor und nach jeder Beutelpaaranalyse oder oder
- b) vor und nach der vollständigen Prüfung.

Im Fall von b sind die Kalibrierungen und Prüfungen für alle Analysatoren und alle während der Prüfung verwendeten Messbereiche vorzunehmen.

In beiden Fällen a und b ist derselbe Messbereich des Analysators für die entsprechende Umgebungsluft und die Abgasbeutel zu verwenden.

2.14.3. Wägung des Partikelprobenahmefilters

2.14.3.1. Der Partikelprobenahmefilter muss spätestens eine Stunde nach Abschluss der Prüfung in die Wägekammer (bzw. den Wägeraum) zurückgebracht werden. Er ist wenigstens 1 Stunde lang in einer Petrischale, die gegen Staubkontamination geschützt ist und einen Luftaustausch ermöglicht, zu konditionieren und zu wägen. Das Bruttogewicht der Filter ist aufzuzeichnen.

2.14.3.2. Mindestens zwei unbenutzte Bezugsfilter sind innerhalb von acht Stunden nach dem Wägen der Probenahmefilter, möglichst aber zur gleichen Zeit wie diese, zu wägen. Die Bezugsfilter müssen dieselbe Größe haben und aus demselben Material bestehen wie die Probenahmefilter.

2.14.3.3. Wenn sich das individuelle Gewicht eines Bezugsfilters zwischen den Wägungen des Probenahmefilters um mehr als $\pm 5 \mu\text{g}$ verändert, sind der Probenahmefilter und die Bezugsfilter in der Wägekammer (bzw. dem Wägeraum) erneut zu konditionieren und anschließend erneut zu wägen.

2.14.3.4. Der Vergleich der Bezugsfilterwägungen erfolgt zwischen den spezifischen Gewichten und dem fortlaufenden arithmetischen Durchschnitt der spezifischen Gewichte dieses Bezugsfilters. Der fortlaufende arithmetische Durchschnitt wird aus den spezifischen Gewichten berechnet, die in dem Zeitraum festgestellt wurden, nachdem die Bezugsfilter in die Wägekammer (bzw. in den Wägeraum) gebracht wurden. Der durchschnittliche Zeitraum beträgt mindestens einen Tag, jedoch nicht mehr als 15 Tage.

2.14.3.5. Mehrfache Konditionierungen und erneute Wägungen der Probenahme- und Bezugsfilter sind zulässig nach der Messung der Gase in der Emissionsprüfung, bis ein Zeitraum von 80 Stunden abgelaufen ist. Erfüllen vor oder am 80-Stundenzeitpunkt mehr als die Hälfte der Bezugsfilter das Kriterium von $\pm 5 \mu\text{g}$, dann ist die Wägung des Probenahmefilters gültig. Werden am 80-Stunden-Zeitpunkt zwei Bezugsfilter verwendet und ein Filter erfüllt nicht das Kriterium von $\pm 5 \mu\text{g}$, dann ist die Wägung des Probenahmefilters unter der Bedingung gültig, dass die absoluten Differenzen zwischen spezifischen und fortlaufenden Mittelwerten der beiden Bezugsfilter höchstens $10 \mu\text{g}$ betragen.

2.14.3.6. Erfüllen weniger als die Hälfte der Bezugsfilter das Kriterium von $\pm 5 \mu\text{g}$, dann ist der Probenahmefilter zu verwerfen und die Emissionsprüfung ist zu wiederholen. Alle Bezugsfilter müssen ausgesondert und innerhalb von 48 Stunden ersetzt werden. In allen anderen Fällen sind die Bezugsfilter mindestens alle 30 Tage so auszutauschen, dass kein Probenahmefilter ohne Vergleich mit einem Bezugsfilter, der mindestens einen Tag in der Wägekammer (bzw. im Wägeraum) war, gewogen wird.

2.14.3.7. Werden die in Absatz 4.2.2.1 des Anhangs B5 enthaltenen Kriterien für die Wägekammer (bzw. den Wägeraum) nicht erfüllt, während die Wägungen der Bezugsfilter die oben genannten Kriterien erfüllen, kann der Fahrzeughersteller die Gewichte der Probenahmefilter akzeptieren oder die Prüfungen für ungültig erklären, die Wägekammer (bzw. den Wägeraum) reparieren und die Prüfung erneut durchführen.

Anhang B6 – Anlage 1

Verfahren für die Emissionsprüfung für alle mit Systemen mit periodischer Regenerierung ausgestatteten Fahrzeuge

1. Allgemeines

- 1.1. In dieser Anlage werden die speziellen Vorschriften für die Prüfung eines mit Systemen mit periodischer Regenerierung ausgestatteten Fahrzeugs nach Absatz 3.8.1 dieser Regelung festgelegt.
- 1.2. Während der Zyklen, in denen eine Regenerierung erfolgt, brauchen die Emissionsnormen nicht beachtet zu werden. Erfolgt eine periodische Regenerierung mindestens einmal während einer Prüfung Typ 1, nachdem sie bereits mindestens einmal während des Zyklus zur Vorbereitung des Fahrzeugs erfolgt ist, oder beträgt die zurückgelegte Entfernung zwischen zwei aufeinanderfolgenden periodischen Regenerierungsvorgängen mehr als 4 000 km wiederholt gefahrener Prüfungen vom Typ 1, ist kein spezielles Prüfverfahren erforderlich. In diesem Fall findet diese Anlage keine Anwendung und ein Ki-Faktor von 1,0 ist zu verwenden.
- 1.3. Diese Anlage gilt nicht für PN-Emissionen.
- 1.4. Auf Antrag des Herstellers und mit Genehmigung der zuständigen Behörde muss das spezielle Prüfverfahren für Systeme mit periodischer Regenerierung bei einer Regenerierungseinrichtung nicht angewendet werden, wenn der Hersteller Daten vorlegt, nach denen die Emissionsgrenzwerte für die betreffende Fahrzeugklasse während der Zyklen, in denen eine Regenerierung erfolgt, unter den in Absatz 6.3.10 dieser Regelung angegebenen Emissionsgrenzwerten bleiben. In diesem Fall ist ein fester Ki-Wert von 1,05 für CO₂ und den Kraftstoffverbrauch zu verwenden.

2. Prüfverfahren

Das Prüffahrzeug muss über die Möglichkeit verfügen, den Regenerierungsvorgang zu verhindern oder zu ermöglichen, allerdings darf dies keine Auswirkungen auf die ursprüngliche Motoreinstellung haben. Die Verhinderung des Regenerierungsvorgangs ist nur zulässig während der Beladung des Regenerierungssystems und während der Vorkonditionierungszyklen. Bei der Messung der Emissionen während der Regenerationsphase ist es nicht zulässig. Die Emissionsprüfung ist mit dem unveränderten Steuergerät des Erstausrüsters durchzuführen. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der zuständigen Behörde darf bei der K_i -Bestimmung ein „technisches Steuergerät“ verwendet werden, das keine Auswirkungen auf die Original-Motorkalibrierungen hat.

- 2.1. Messungen der Abgasemissionen zwischen zwei WLTC-Zyklen, in denen es zu Regenerierungsvorgängen kommt.
 - 2.1.1. Der arithmetische Durchschnittswert der Emissionen zwischen Regenerierungsvorgängen und während der Beladung der Regenerierungseinrichtung ist aus dem arithmetischen Mittel mehrerer Prüfungen Typ 1, die (bei mehr als zwei Zyklen) in annähernd gleichem zeitlichem Abstand durchgeführt wurden, zu berechnen. Alternativ kann der Hersteller Daten vorlegen, mit denen er nachweist, dass die Emissionen bei den WLTC-Zyklen zwischen den Regenerationsphasen annähernd konstant (Veränderung max. $\pm 15\%$) bleiben. In diesem Fall können die während der Prüfung Typ 1 gemessenen Emissionswerte verwendet werden. In allen anderen Fällen müssen Emissionsmessungen für mindestens zwei Zyklen des Typs 1 durchgeführt werden: eine unmittelbar nach der Regenerierung (vor der erneuten Beladung) und eine so kurz wie möglich vor einer Regenerationsphase. Alle Emissionsmessungen sind nach diesem Anhang durchzuführen, und alle Berechnungen sind gemäß Absatz 3 dieser Anlage vorzunehmen.
 - 2.1.2. Der Beladungsvorgang und die Bestimmung des Faktors K_i erfolgen während des Fahrzyklus der Prüfung Typ 1 auf einem Rollenprüfstand oder unter Anwendung eines entsprechenden Prüfzyklus auf einem Motorprüfstand. Diese Zyklen dürfen ohne Unterbrechung durchgeführt werden (d. h. ohne dass der Motor zwischen den Zyklen abgeschaltet werden muss). Nach einer beliebigen Anzahl von Zyklen darf das Fahrzeug vom Rollenprüfstand gefahren werden, und die Prüfung kann später fortgesetzt werden.

Für Fahrzeuge der Klassen 2 und 3 kann auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der zuständigen Behörde der K_i entweder mit oder ohne die Höchstwertphase ermittelt werden.

Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der zuständigen Behörde kann der Hersteller ein alternatives Verfahren für den Nachweis der Gleichwertigkeit entwickeln, z. B. unter Rückgriff auf Filtertemperatur, Ladungswert und gefahrene Strecke. Diese Prüfungen können auf dem Motorprüfstand oder auf dem Rollenprüfstand durchgeführt werden.

- 2.1.3. Die Anzahl der D-Zyklen zwischen zwei WLTC-Zyklen, in denen es zu Regenerierungsvorgängen kommt, die Anzahl der Zyklen, in denen Emissionsmessungen n durchgeführt werden, und die Messung der Emissionsmasse M'_{sij} jeder einzelnen Verbindung i in jedem Zyklus j sind aufzuzeichnen.
- 2.2. Messung der Emissionen während der Regenerierungsvorgänge
- 2.2.1. Die Vorbereitung des Fahrzeugs für die Emissionsprüfung während einer Regenerationsphase darf, falls erforderlich, nach Absatz 2.6 dieses Anhangs durch Vorkonditionierungszyklen oder, je nach dem gemäß Absatz 2.1.2 dieser Anlage gewählten Beladungsverfahren, durch entsprechende Prüfzyklen auf dem Motorprüfstand erfolgen.
- 2.2.2. Die Prüf- und Fahrzeugbedingungen für die Prüfung Typ 1 dieser Regelung müssen erfüllt sein, bevor die erste gültige Emissionsprüfung durchgeführt wird.
- 2.2.3. Während der Vorbereitung des Fahrzeugs darf keine Regenerierung erfolgen. Dies kann mithilfe eines der nachstehenden Verfahren erreicht werden:
- Für die Vorkonditionierungszyklen darf eine Attrappe eines zu regenerierenden Systems oder ein Teilsystem eingebaut werden.
 - Es kann jedes andere Verfahren angewendet werden, auf das sich der Hersteller und die zuständige Behörde geeinigt haben.
- 2.2.4. Eine Abgasemissionsprüfung mit einem Kaltstart einschließlich eines Regenerierungsvorgangs ist gemäß dem anzuwendenden WLTC-Zyklus durchzuführen
- 2.2.5. Wenn für den Regenerierungsvorgang mehr als ein WLTC-Zyklus erforderlich ist, muss jeder Zyklus abgeschlossen werden. Die Verwendung eines einzigen Partikelprobenahmefilters für mehrere, für den Abschluss der Regenerierung erforderliche Zyklen ist zulässig.
- Sind mehrere WLTC-Zyklen erforderlich, ist der folgende WLTC-Zyklus (sind die folgenden WLTC-Zyklen), ohne dass der Motor abgeschaltet wird, unmittelbar im Anschluss an den vorhergehenden durchzuführen, bis die vollständige Regenerierung erfolgt ist. Überschreitet die für mehrere Zyklen erforderliche Anzahl der Behälter für die Emissionen gasförmiger Verbindungen die Anzahl verfügbarer Behälter, muss die für die Vorbereitung einer erneuten Prüfung erforderliche Zeit so kurz wie möglich sein. Während dieser Zeit darf der Motor nicht abgestellt sein.
- 2.2.6. Die Emissionswerte während der Regenerierung M_{ri} für jede einzelne Verbindung i sind nach Absatz 3 dieser Anlage zu berechnen. Die Anzahl der anwendbaren Prüfzyklen d gemessen während einer vollständigen Regenerierung ist aufzuzeichnen.
3. Berechnungen
- 3.1. Berechnungen der Abgas- und CO_2 -Emissionen sowie des Kraftstoffverbrauchs eines einzelnen Regenerierungssystems

$$M_{si} = \frac{\sum_{j=1}^n M'_{sij}}{n} \text{ für } n \geq 1$$

$$M_{si} = \frac{\sum_{j=1}^d M'_{rij}}{n} \text{ für } d \geq 1$$

$$M_{pi} = \frac{M_{si} \times D + M_{ri} \times d}{D + d}$$

Dabei ist für jede untersuchte Verbindung i :

M'_{sij} die Emissionsmasse der Verbindung i im Prüfzyklus j ohne Regenerierung (in g/km);

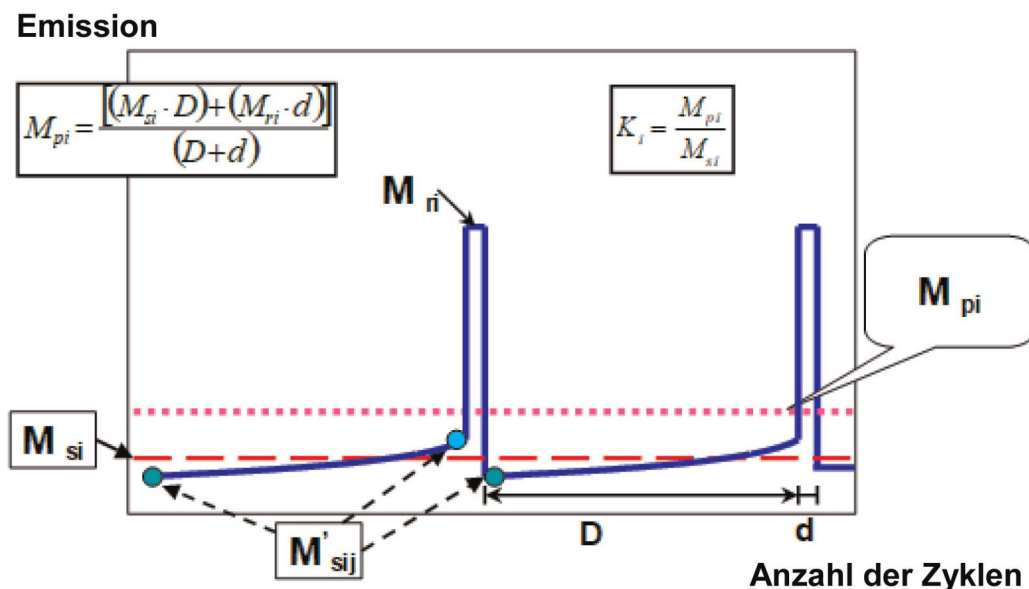
M'_{rij} die Emissionsmasse der Verbindung i im Prüfzyklus j während der Regenerierung (in g/km) (falls $d > 1$, wird der erste WLTC-Zyklus nach einem Kaltstart durchgeführt, die folgenden Zyklen werden nach einem Warmstart durchgeführt);

- M_{si} die mittlere Emissionsmasse der Verbindung i ohne Regenerierung (in g/km);
- M_{ri} die mittlere Emissionsmasse der Verbindung i während der Regenerierung (in g/km);
- M_{pi} die mittlere Emissionsmasse der Verbindung i (in g/km);
- n die Anzahl der Prüfzyklen, zwischen zwei Zyklen mit Regenerationsphasen, in denen Emissionsmessungen von WLTC-Zyklen Typ 1 vorgenommen werden, ≥ 1 ;
- d die Anzahl der für die Regenerierung erforderlichen, vollständigen anzuwendenden Prüfzyklen;
- D die Anzahl der vollständigen anzuwendenden Prüfzyklen zwischen zwei Zyklen, in denen es zu Regenerierungsvorgängen kommt.

Die Berechnung von M_{pi} wird grafisch in Abbildung A6 Anl. 1/1 dargestellt.

Abbildung A6 Anl. 1/1

Größen, die bei der Emissionsprüfung während der Zyklen, in denen eine Regenerierung erfolgt, und dazwischen gemessen werden (Beispielschema – die Emissionen in Abschnitt D können ansteigen oder abnehmen)



3.1.1. Berechnung des Regenerationsfaktors K_i für jede untersuchte Verbindung i

Der Hersteller hat die Möglichkeit, für jede Verbindung selbstständig entweder zusätzliche Ausgleichs- oder Multiplikationsfaktoren zu bestimmen.

K_i Faktor: $K_i = \frac{M_{pi}}{M_{si}}$

K_i Ausgleich: $K_i = M_{pi} - M_{si}$

Die Ergebnisse für M_{si} , M_{pi} und K_i sowie der vom Hersteller gewählte Faktortyp sind festzuhalten. Der K_i -Wert ist in alle einschlägigen Prüfberichte aufzunehmen. Die M_{si} -, M_{pi} - und K_i -Werte sind in alle einschlägigen Prüfblätter aufzunehmen.

K_i kann nach Abschluss einer einzigen Regenerierungsfolge bestimmt werden und Messungen vor, während und nach den Regenerierungsvorgängen umfassen (siehe Abbildung A6 Anl. 1/1).

3.2. Berechnungen der Abgas- und CO₂-Emissionen sowie des Kraftstoffverbrauchs mehrerer Systeme mit periodischer Regenerierung

Folgende Werte sind zu berechnen für einen Fahrzyklus Typ 1 für Grenzwertemissionen und für jede Einzelphase für CO₂-Emissionen. Die für diese Berechnung verwendeten CO₂-Emissionen sind dem Ergebnis von Schritt 3 gemäß Anhang B7 Tabelle A7/1 und Anhang B8 Tabelle A8/5 zu entnehmen.

$$M_{sik} = \frac{\sum_{j=1}^{n_k} M'_{sik,j}}{n_k} \text{ für } n_j \geq 1$$

$$M_{rik} = \frac{\sum_{j=1}^{d_k} M'_{rik,j}}{d_k} \text{ für } d \geq 1$$

$$M_{si} = \frac{\sum_{k=1}^x M_{sik} \times D_k}{\sum_{k=1}^x D_k}$$

$$M_{ri} = \frac{\sum_{k=1}^x M_{rik} \times d_k}{\sum_{k=1}^x d_k}$$

$$M_{pi} = \frac{M_{si} \times \sum_{k=1}^x D_k + M_{ri} \times \sum_{k=1}^x d_k}{\sum_{k=1}^x (D_k + d_k)}$$

$$M_{pi} = \frac{\sum_{k=1}^x (M_{sik} \times D_k + M_{rik} \times d_k)}{\sum_{k=1}^x (D_k + d_k)}$$

$$K_i \text{ Faktor : } K_i = \frac{M_{pi}}{M_{si}}$$

$$K_i \text{ Ausgleich : } K_i = M_{pi} - M_{si}$$

dabei ist:

M_{si} die mittlere Emissionsmasse der Verbindung i bei allen Vorgängen k ohne Regenerierung (in g/km);

M_{ri} die mittlere Emissionsmasse der Verbindung i bei allen Vorgängen k während der Regenerierung (in g/km);

M_{pi} die mittlere Emissionsmasse der Verbindung i bei allen Vorgängen k (in g/km);

M_{sik} die mittlere Emissionsmasse der Verbindung i bei Vorgang k ohne Regenerierung (in g/km);

M_{rik} die mittlere Emissionsmasse der Verbindung i bei Vorgang k während der Regenerierung (in g/km);

$M'_{sik,j}$ die mittlere Emissionsmasse der Verbindung i bei Vorgang k ohne Regenerierung, gemessen an Punkt j, dabei ist $1 \leq j \leq n_k$ (in g/km);

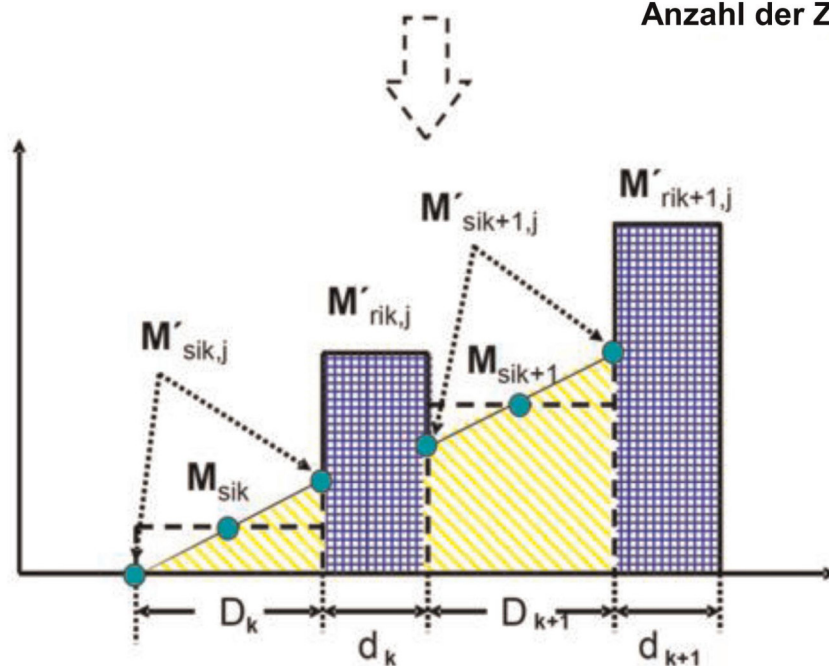
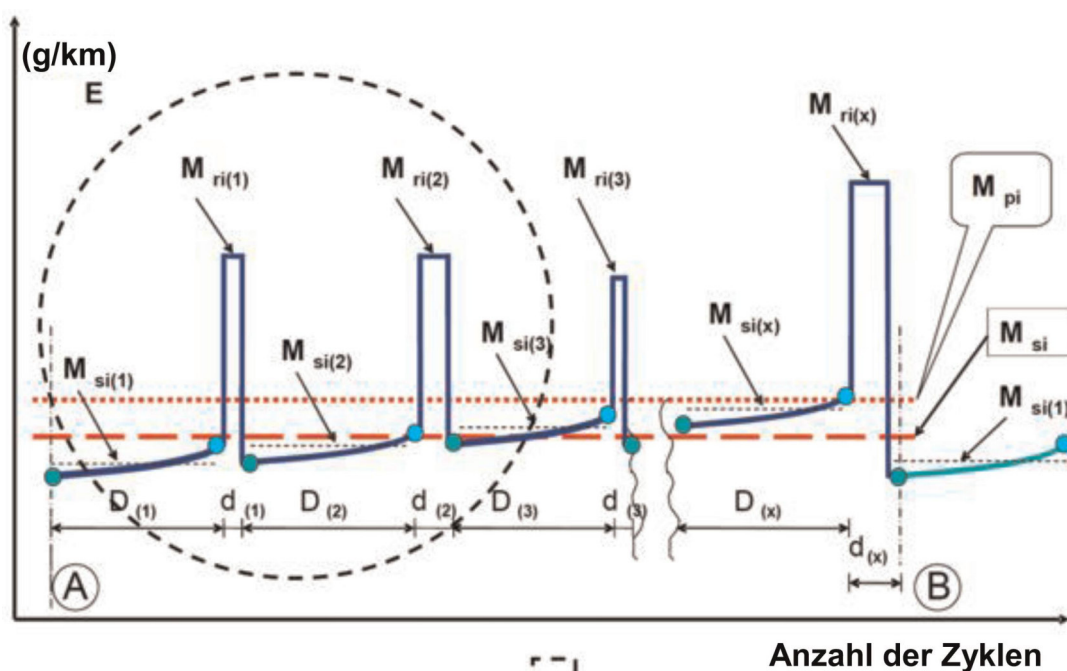
$M'_{rik,j}$ die Emissionsmasse der Verbindung i bei Vorgang k während der Regenerierung (falls $j > 1$, wird der erste Zyklus der Prüfung Typ 1 nach einem Kaltstart durchgeführt, die folgenden Zyklen werden nach einem Warmstart durchgeführt) gemessen im Prüfzyklus j, dabei ist $1 \leq j \leq d_k$ (in g/km);

- n_k die Anzahl vollständiger Prüfzyklen des Vorgangs k , zwischen zwei Zyklen, in denen Regenerationsphasen auftreten, in denen Emissionsmessungen (WLTC-Zyklen Typ 1 oder entsprechende Prüfzyklen auf dem Motorprüfstand) durchgeführt werden, ≥ 1 ;
- d_k die Anzahl der für eine vollständige Regenerierung erforderlichen, vollständigen anzuwendenden Prüfzyklen des Vorgangs k ;
- D_k die Anzahl der vollständigen anzuwendenden Prüfzyklen des Vorgangs k zwischen zwei Zyklen, in denen es zu Regenerierungsvorgängen kommt;
- x die Anzahl der vollständigen Regenerierungsvorgänge.

Die Berechnung von M_{pi} wird grafisch in Abbildung A6 Anl. 1/2 dargestellt.

Abbildung A6 Anl. 2/1

Größen, die bei der Emissionsprüfung während der Zyklen, in denen eine Regenerierung erfolgt, und dazwischen gemessen werden (Beispielschema)



Der Faktor K_i kann für mehrere Systeme mit periodischer Regenerierung erst nach einer bestimmten Anzahl von Regenerierungen für jedes System berechnet werden.

Nach Anwendung des gesamten Verfahrens (A bis B, siehe Abbildung A6 Anl. 1/2) sollten die ursprünglichen Ausgangsbedingungen A wieder erreicht werden.

- 3.3. Die Ki-Faktoren und der Ki-Ausgleich sind auf vier Dezimalstellen zu runden. Für den Ki-Ausgleich basiert die Rundung auf der physikalischen Einheit des Emissionsnormwerts.

*Anhang B6 – Anlage 2***Prüfverfahren für die Überwachung des wiederaufladbaren Speichersystems für elektrische Energie (REESS)****1. Allgemeines**

Bei der Prüfung von NOVC-HEV, OVC-HEV, NOVC-FCHV und OVC-FCHV (wie jeweils zutreffend) gelten die Bestimmungen von Anhang B8 Anlage 2 und 3.

In dieser Anlage werden die speziellen Vorschriften für die Korrektur der Prüfergebnisse für die CO₂-Emission als Funktion der Energiebilanz ΔE_{REESS} für alle REESS festgelegt.

Die korrigierten Werte der CO₂-Emission müssen einer Energiebilanz von Null ($\Delta E_{\text{REESS}} = 0$) entsprechen; sie werden mithilfe eines Berichtigungskoeffizienten korrigiert, der entsprechend den nachstehenden Angaben bestimmt wird.

2. Messausrüstung und Geräte**2.1. Strommessung**

Die Erschöpfung des REESS wird als negativer Strom definiert.

- 2.1.1. Der Strom des REESS ist während der Prüfung mittels eines Stromwandlers in Klemmausführung oder geschlossener Ausführung zu messen. Das Strommesssystem muss den Anforderungen gemäß Tabelle A8/1 entsprechen. Der Stromwandler muss für die Stromspitzen beim Starten des Motors und die Temperaturbedingungen am Messpunkt geeignet sein.

Für eine genaue Messung ist es erforderlich, die Nullpunkteinstellung und die Entmagnetisierung vor der Durchführung der Prüfung gemäß den Anweisungen des Instrumentenherstellers vorzunehmen.

- 2.1.2. An alle REESS werden Stromwandler an einem direkt an das REESS angeschlossenen Kabel angebracht, die den gesamten Strom der REESS erfassen müssen.

Bei abgeschirmten Drähten sind in Absprache mit der zuständigen Behörde geeignete Methoden anzuwenden.

Damit der REESS-Strom mittels externer Messausrüstung leicht gemessen werden kann, sollten die Hersteller geeignete, sichere und gut zugängliche Anschlusspunkte im Fahrzeug vorsehen. Ist dies nicht machbar, muss der Hersteller die zuständige Behörde bei einem auf die oben beschriebene Weise gestalteten Anschluss eines Stromwandlers an die mit dem REESS verbundenen Kabel unterstützen.

- 2.1.3. Die während der Dauer der Prüfung gemessenen Stromwerte sind bei einer Mindestfrequenz von 20 Hz zu integrieren, wodurch sich der Messwert Q, ausgedrückt in Amperestunden (Ah), ergibt. Die Integration kann innerhalb des Strommesssystems erfolgen.

2.2. Bordeigene Fahrzeugdaten

- 2.2.1. Alternativ kann der REESS-Strom unter Verwendung fahrzeugeigener Daten bestimmt werden. Für die Verwendung dieses Messverfahrens müssen folgende Prüffahrzeugdaten verfügbar sein:

a) integrierter Ladebilanzwert seit dem letzten Anlassen in Ah;

b) integrierter bordeigener Ladebilanzwert, berechnet bei einer Mindestfrequenz von 5 Hz;

c) Ladebilanzwert über den OBD-Anschluss gemäß der Beschreibung in SAE J1962.

- 2.2.2. Der Hersteller muss der zuständigen Behörde die Richtigkeit der bordeigenen Daten zu Auf- und Entladung des REESS nachweisen.

Als Nachweis der Richtigkeit bordeigener Daten zu Auf- und Entladung des REESS kann der Hersteller eine Fahrzeugfamilie für die Zwecke der REESS-Überwachung einrichten. Die Richtigkeit dieser Daten ist anhand eines repräsentativen Fahrzeugs nachzuweisen.

Es gelten folgende Kriterien für die Einstufung in eine Fahrzeugfamilie:

- a) identische Verbrennungsvorgänge (Fremdzündung, Selbstzündung, Zweitakt, Viertakt);
- b) identische Lade- und/oder Rückgewinnungsstrategie (Software-Modul für REESS-Daten);
- c) Verfügbarkeit bordeigener Daten;
- d) identische Ladebilanz, gemessen vom REESS-Datenmodul;
- e) identische bordeigene Ladebilanzsimulation.

- 2.2.3. Jedes REESS, das keinen Einfluss auf die CO₂-Emission hat, ist von der Überwachung auszunehmen.

3. Korrekturverfahren auf der Grundlage der Veränderung der elektrischen Energie der REESS

- 3.1. Die Messung des REESS-Stroms beginnt zur gleichen Zeit wie die Prüfung und endet unmittelbar nachdem mit dem Fahrzeug der vollständige Fahrzyklus durchgeführt wurde.

- 3.2. Die im Stromzufuhrsystem gemessene Ladebilanz Q ist als Maß für die Differenz des REESS-Energiezustands zwischen dem Ende und dem Anfang des Zyklus zu bestimmen. Die Ladebilanz ist für den gesamten gefahrenen WLTC zu bestimmen.

- 3.3. Während der Durchführung der zu fahrenden Zyklusphasen sind die Werte für Q_{phase} getrennt aufzuzeichnen.

- 3.4. Korrektur der CO₂-Emission im Verlauf des gesamten Zyklus

- 3.4.1. (Reserviert)

- 3.4.2. Die Korrektur ist vorzunehmen wenn ΔE_{REESS} negativ ist (was einer Entladung des REESS entspricht).

Auf Antrag des Herstellers kann auf die Korrektur verzichtet werden, und es können unkorrigierte Werte verwendet werden, wenn:

- a) ΔE_{REESS} positiv ist (was einer Entladung des REESS entspricht);
- b) der Hersteller der zuständigen Behörde durch Messungen nachweisen kann, dass kein Zusammenhang zwischen ΔE_{REESS} und CO₂ -Emissionsmasse bzw. zwischen ΔE_{REESS} und dem Kraftstoffverbrauch besteht.

Tabelle A6 Anl. 2/1

Energiegehalt des Kraftstoffs (wie jeweils zutreffend)

Kraft-stoff	Benzin (E0)	Benzin (E10)	Ethanol (E85)	Dieselmkraft-stoff (B0)	Dieselmkraft-stoff (B7)	LPG	CNG
Heizwert	8,92 kWh/l	8,64 kWh/l	6,41 kWh/l	9,85 kWh/l	9,79 kWh/l	12,86 × ρ kWh/l	11,39 kWh/m ³

ρ = Prüfkraftstoffdichte bei 15 °C (kg/l)

4. Anwendung der Korrekturfunktion

- 4.1. Für die Anwendung der Korrekturfunktion muss die Veränderung der elektrischen Energie $\Delta E_{\text{REESS},j}$ aller REESS während der Phase j anhand der gemessenen Stromwerte und der Nennspannung berechnet werden:

$$\Delta E_{\text{REESS},j} = \sum_{i=1}^n \Delta E_{\text{REESS},j,i}$$

dabei ist:

$\Delta E_{\text{REESS},j,i}$ die Veränderung der elektrischen Energie des REESS i während des betrachteten Zeitraums j (in Wh);

und

$$\Delta E_{\text{REESS},j,i} = \frac{1}{3600} \times U_{\text{REESS}} \times \int_{t_0}^{t_{\text{end}}} I(t)_{j,i} dt$$

dabei ist:

U_{REESS} die gemäß IEC 60050-482 bestimmte REESS-Nennspannung (in V);

$I(t)_{j,i}$ die elektrische Stromstärke des REESS i während des betrachteten Zeitraums j gemäß Absatz 2 dieser Anlage (in A);

t_0 die Zeit am Anfang des betrachteten Zeitraums j (in s);

t_{end} die Zeit am Ende des betrachteten Zeitraums j (in s);

i die Kennziffer des betrachteten REESS;

n die Gesamtzahl der REESS;

j die Kennziffer des betrachteten Zeitraums, wobei ein Zeitraum jede anwendbare Zyklusphase, eine Kombination von Zyklusphasen und der anwendbare Gesamtzyklus ist;

$\frac{1}{3600}$ der Faktor für die Umrechnung von Js in Wh.

- 4.2. Für die Korrektur der CO₂-Emission in g/km sind die für den Verbrennungsvorgang spezifischen Willans-Faktoren aus Tabelle A6 Anl. 2/3 zu verwenden.

- 4.3. Die Korrektur ist für den gesamten Zyklus und seine Phasen separat durchzuführen und anzuwenden sowie aufzuzeichnen.

- 4.4. Für diese spezifische Berechnung ist ein fester Wirkungsgrad des Generators für das Stromzufuhrsystem anzuwenden:

$$\eta_{\text{alternator}} = 0.67 \text{ forelectricpowersupplysystemREESSalternators}$$

- 4.5. Die resultierende Differenz der CO₂-Emission für den betrachteten Zeitraum i, die von dem Ladungszustand des Generators zur REESS-Aufladung abhängig ist, ist nach der folgenden Formel zu berechnen:

$$\Delta M_{\text{CO}_2,j} = 0.0036 \times \Delta E_{\text{REESS},j} \times \frac{1}{\eta_{\text{alternator}}} \times \text{Willans}_{\text{factor}} \times \frac{1}{d_j}$$

dabei ist:

$\Delta M_{\text{CO}_2,j}$ die resultierende Differenz der CO₂-Emissionsmasse für den Zeitraum j (in g/km);

$\Delta E_{\text{REESS},j}$ die Veränderung der elektrischen Energie des REESS im betrachteten Zeitraum j, berechnet gemäß Absatz 4.1 dieser Anlage (in Wh);

d_j die gefahrene Strecke während des betrachteten Zeitraums j (in km);

j die Kennziffer des betrachteten Zeitraums, wobei ein Zeitraum jede anwendbare Zyklusphase, eine Kombination von Zyklusphasen und der anwendbare Gesamtzyklus ist;

0.0036 der Faktor zur Umrechnung von Wh in MJ;

$\eta_{\text{alternator}}$ der Wirkungsgrad des Generators gemäß Absatz 4.4 dieser Anlage;

$\text{Willans}_{\text{factor}}$ der für den Verbrennungsvorgang spezifische Willans-Faktor gemäß Tabelle A6 Anl. 2/3 (in gCO₂/MJ).

- 4.5.1. Die CO₂-Werte für jede einzelne Phase und den Gesamtzyklus sind wie folgt zu korrigieren:

Für Stufe 1A;

$$M_{\text{CO}_2,p,3} = M_{\text{CO}_2,p,2b} - \Delta M_{\text{CO}_2,j}$$

$$M_{\text{CO}_2,c,3} = M_{\text{CO}_2,c,2b} - \Delta M_{\text{CO}_2,j}$$

Für Stufe 1B

$$M_{\text{CO}_2,p,3} = (M_{\text{CO}_2,p,1} - \Delta M_{\text{CO}_2,j})$$

$$M_{\text{CO}_2,c,3} = (M_{\text{CO}_2,c,2} - \Delta M_{\text{CO}_2,j})$$

dabei ist:

$\Delta M_{\text{CO}_2,j}$ das Ergebnis gemäß Absatz 4.5 dieser Anlage für einen Zeitraum j (in g/km).

- 4.6. Für die Korrektur der CO₂-Emissionen in g/km sind die Willans-Faktoren aus Tabelle A6, Anl. 2/3 zu verwenden.

Tabelle A6.App2/3

Willans-Faktoren (wie jeweils anwendbar)

			Ansaugung	Aufladung
Fremdzündungsmotor	Benzin (E0)	l/MJ	0,0733	0,0778
		gCO ₂ /MJ	175	186
	Benzin (E10)	l/MJ	0,0756	0,0803
		gCO ₂ /MJ	174	184
	CNG-Motor (G20)	m ³ /MJ	0,0719	0,0764
		gCO ₂ /MJ	129	137
	LPG	l/MJ	0,0950	0,101
		gCO ₂ /MJ	155	164
Selbstzündungsmotor	E85	l/MJ	0,102	0,108
		gCO ₂ /MJ	169	179
	Dieselkraftstoff (B0)	l/MJ	0,0611	0,0611
		gCO ₂ /MJ	161	161
	Dieselkraftstoff (B7)	l/MJ	0,0611	0,0611
		gCO ₂ /MJ	161	161

Anhang B6 – Anlage 3

Berechnung des Gas-Energie-Verhältnisses für gasförmige Kraftstoffe (Flüssiggas und Erdgas/Biomethan)

1. Messung der Masse des während des Prüfzyklus des Typs 1 verbrauchten gasförmigen Kraftstoffs

Die Messung der Masse des während des Zyklus verbrauchten Gases erfolgt mit einem Kraftstoffmesssystem, das in der Lage ist, das Gewicht des Speicherbehälters während der Prüfung wie folgt zu messen:

a) mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ der Differenz zwischen den zu Beginn und am Ende der Prüfung abgelesenen Werten.

b) Es sind Vorkehrungen gegen Messfehler zu treffen.

Diese Vorkehrungen umfassen wenigstens den sorgfältigen Einbau des Geräts gemäß den Empfehlungen des Messgeräteherstellers und mit bewährten Verfahren.

c) Andere Messmethoden sind zulässig, wenn sie nachweislich dieselbe Genauigkeit erzielen.

2. Berechnung des Gas-Energie-Verhältnisses

Der Wert des Kraftstoffverbrauchs wird aus den Emissionen von Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid berechnet, die ihrerseits unter der Annahme, dass während der Prüfung ausschließlich der gasförmige Kraftstoff verbrannt wird, anhand der Messergebnisse bestimmt werden.

Das Gasverhältnis der im Zyklus verbrauchten Energie ist anhand folgender Gleichung zu bestimmen:

$$G_{\text{gas}} = \frac{M_{\text{gas}} \times cf \times 10^4}{FC_{\text{norm}} \times \text{dist} \times \rho}$$

dabei ist:

G_{gas} das Gas-Energie-Verhältnis (in Prozent);

M_{gas} die Masse des während des Zyklus verbrauchten gasförmigen Kraftstoffs (in kg);

FC_{norm} der Kraftstoffverbrauch (l/100 km für Flüssiggas, $\text{m}^3/100 \text{ km}$ für Erdgas/Biomethan), berechnet gemäß Anhang B7 Absätze 6.6 und 6.7;

dist die während des Zyklus aufgezeichnete Strecke (in km);

ρ die Dichte des Gases:

$\rho = 0,654 \text{ kg/m}^3$ für Erdgas/Biomethan;

$\rho = 0,538 \text{ kg/Liter}$ für Flüssiggas;

cf der Korrekturfaktor, für den folgende Werte angenommen werden:

cf = 1 für Flüssiggas oder für G20-Bezugskraftstoff

cf = 0,78 für den G25-Bezugskraftstoff.

ANHANG B6A

Prüfung mit Korrektur der Umgebungstemperatur zur Bestimmung der CO₂-Emissionen unter Temperaturbedingungen, die für die Region repräsentativ sind

Dieser Anhang gilt nur für Stufe 1A;

1. Einleitung

In diesem Anhang wird das ergänzende Verfahren für die Prüfung mit Korrektur der Umgebungstemperatur (ATCT) beschrieben, mit deren Hilfe die CO₂-Emissionen unter Temperaturbedingungen, die für die Region repräsentativ sind, ermittelt werden.

1.1. Die CO₂-Emissionen von reinen ICE-Fahrzeugen, NOVC-HEV und die Werte für OVC-HEV bei Ladungserhaltung sind nach den Anforderungen des vorliegenden Anhangs zu korrigieren. Für den CO₂-Wert der Prüfung bei Entladung ist keine Korrektur erforderlich. Für die elektrische Reichweite ist keine Korrektur erforderlich.

1.2. Um die statistische Repräsentativität zu gewährleisten, können auf Antrag des Herstellers alle Prüfungen, deren Ergebnisse in den Berechnungen verwendet werden, die in diesem Anhang B6a beschrieben sind, maximal dreimal wiederholt werden sowie der arithmetische Durchschnitt der im Zusammenhang mit diesem Anhang B6a verwendeten Ergebnisse. Wurden die Prüfungen nur zur Bestimmung des Familienkorrekturfaktors (FCF) durchgeführt und unbeschadet des Absatzes 3.7.3 dieses Anhangs B6a, so dürfen die Ergebnisse der zusätzlichen Prüfungen für keine anderen Zwecke berücksichtigt werden.

2. Fahrzeugfamilie für die Zwecke der Prüfung mit Korrektur der Umgebungstemperatur (ATCT)

2.1. Nur Fahrzeuge, die in Bezug auf alle folgenden Merkmale identisch sind, können Teil derselben ATCT-Familie sein:

- a) Antriebsstrang-Architektur (d. h. Verbrennungsmotor, Hybrid, Elektroantrieb oder Brennstoffzelle);
- b) Arbeitsverfahren (d. h. Zweitakt-, Viertaktmotor)
- c) Anzahl und Anordnung der Zylinder;
- d) Verbrennungssystem (z. B. indirekte oder direkte Einspritzung);
- e) Kühlsystem (z. B. Luft, Wasser, Öl);
- f) Art der Luftzufuhr (Ansaugung, Aufladung);
- g) Kraftstoff, für den der Motor ausgelegt ist (Ottokraftstoff, Dieseldieselkraftstoff, Erdgas, Flüssiggas usw.);
- h) Katalysatortyp (Dreiwegkatalysator, Lean-NO_x-Trap, SCR-System, Lean-NO_x-Katalysator oder andere);
- i) Vorhandensein eines Partikelfilters; und
- j) Abgasrückführung (mit oder ohne, gekühlt oder ungekühlt).

Zusätzlich müssen die Fahrzeuge Ähnlichkeit in Bezug auf die folgenden Merkmale aufweisen:

- k) die Fahrzeuge müssen eine Bandbreite des Hubraums von höchstens 30 % des Werts für Fahrzeuge mit dem geringsten Hubraum aufweisen; und
- l) die Motorraumdämmung muss in Bezug auf das Material, die Menge und die Lage der Dämmung ähnlich sein. Die Hersteller müssen der Genehmigungsbehörde Beweise dafür vorlegen, (z. B. CAD-Zeichnungen), dass für alle Fahrzeuge der Familie das Volumen und das Gewicht des zu installierenden Dämmmaterials größer als 90 % des Dämmmaterials des der ATCT-Prüfung unterzogenen repräsentativen Fahrzeugs sind.

Unterschiede in Bezug auf das Dämmmaterial und die Anbringungstelle können auch als Bestandteil einer einzigen ATCT-Familie akzeptiert werden, vorausgesetzt, dass für das Prüffahrzeug nachgewiesen werden kann, dass es im Hinblick auf die Dämmung des Motorraums den ungünstigsten Fall repräsentiert.

Wenn der Hersteller gegenüber der Typgenehmigungsbehörde nachweisen kann, dass sichergestellt ist, dass das Konzept des ungünstigsten Falles eingehalten wird (z. B. geprüftes Fahrzeug hat keine Dämmung), oder wenn es sich um eine aus einer einzigen Interpolationsfamilie bestehende ATCT-Familie handelt, können die Anforderungen zur Dokumentation des Dämmmaterials entfallen.

2.1.1. Bei installierten aktiven Wärmespeichereinrichtungen werden nur diejenigen Fahrzeuge derselben ATCT-Familie zugerechnet, die die folgenden Bedingungen erfüllen:

- a) die Wärmeleistung, definiert durch die im System gespeicherte Enthalpie, ist um 0 bis 10 % höher als die Enthalpie des Prüffahrzeugs; und
- b) die Erstausrüster können gegenüber dem technischen Dienst nachweisen, dass die zur Wärmefreisetzung beim Starten des Motors innerhalb einer Familie erforderliche Zeit im Bereich von 0 bis 10 % unter der zur Wärmefreisetzung erforderlichen Zeit des Prüffahrzeugs liegt.

2.1.2. Nur Fahrzeuge, die die Kriterien gemäß Anhang B6a Absatz 3.9.4 erfüllen, werden derselben ATCT-Familie zugerechnet.

3. ATCT-Verfahren

Die Prüfung Typ 1 nach Anhang B6 ist mit Ausnahme der Anforderungen des vorliegenden Anhangs B6a Absätze 3.1 bis 3.9 durchzuführen. Dazu ist auch eine neue Berechnung und Anwendung der Schaltepunkte gemäß Anhang B2 unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Fahrwiderstands gemäß des vorliegenden Anhangs B6a Absatz 3.4 erforderlich.

3.1. Umgebungsbedingungen für ATCT

3.1.1. Die Temperatur (T_{reg}), bei der das Fahrzeug abzukühlen und die ATCT-Prüfung durchzuführen ist, beträgt 14 °C.

3.1.2. Die Mindest-Abkühlzeit ($t_{\text{soak_ATCT}}$) für die ATCT-Prüfung beträgt 9 Stunden.

3.2. Prüfwelle und Abkühlbereich

3.2.1. Prüfwelle

3.2.1.1. Die Prüfwelle muss einen Temperatur-Sollwert von T_{reg} aufweisen. Der tatsächliche Temperaturwert muss innerhalb eines Bereichs von ± 3 °C am Anfang der Prüfung und innerhalb ± 5 °C während der Prüfung liegen.

3.2.1.2. Die spezifische Feuchtigkeit (H) der Luft in der Prüfkammer oder der Ansaugluft des Motors muss folgender Bedingung entsprechen:

$$3,0 \leq H \leq 8,1 \quad (\text{g H}_2\text{O/kg Trockenluft})$$

3.2.1.3. Die Lufttemperatur und -feuchtigkeit ist am Auslass des Kühlgebläses mit einer Frequenz von 0,1 Hz zu messen.

3.2.2. Abkühlbereich

3.2.2.1. Der Abkühlbereich muss einen Temperatur-Sollwert von T_{reg} aufweisen, und der tatsächliche Temperaturwert muss innerhalb des Bereichs von ± 3 °C des arithmetischen Durchschnittswerts bei 5-minütigem Betrieb liegen und darf nicht systematisch vom Sollwert abweichen. Die Temperatur ist kontinuierlich mit einer Mindestfrequenz von 0,033 Hz zu messen.

3.2.2.2. Die Lage des Temperatursensors für den Abkühlbereich muss repräsentativ für die Messung der Temperatur der Fahrzeugumgebung sein und ist vom technischen Dienst zu prüfen.

Der Sensor muss in einem Mindestabstand von 10 cm von der Wand des Abkühlbereichs angebracht und gegen direkten Luftstrom geschützt sein.

Die Luftdurchflussbedingungen innerhalb des Abkühlbereichs in der Nähe des Fahrzeugs müssen einer natürlichen, den Abmessungen des Bereichs angemessenen Konvektion entsprechen (keine Luftumwälzung).

3.3. Prüffahrzeug

- 3.3.1. Das zu prüfende Fahrzeug muss für die Familie, für die die ATCT-Daten bestimmt werden (gemäß der Beschreibung in Anhang B6a Absatz 2.1), repräsentativ sein.
- 3.3.2. Aus der ATCT-Familie wird eine Interpolationsfamilie mit dem geringsten Hubvolumen ausgewählt (siehe Anhang B6a Absatz 2); das Prüffahrzeug muss der Konfiguration „Fahrzeug H“ dieser Familie zugeordnet sein.
- 3.3.3. Gegebenenfalls ist aus der ATCT-Familie das Fahrzeug mit der geringsten Enthalpie und der langsamsten Wärmefreisetzung der aktiven Wärmespeichereinrichtung auszuwählen.
- 3.3.4. Das Prüffahrzeug muss den Anforderungen gemäß Anhang B6 Absatz 2.3 und Anhang B6a Absatz 2.1 entsprechen.

3.4. Einstellungen

- 3.4.1. Der Fahrwiderstand und die Einstellungen des Rollenprüfstands müssen den Bestimmungen von Anhang 4 entsprechen; die Raumtemperatur muss 23 °C betragen.

Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Luftdichte bei 14 °C im Vergleich zur Luftdichte bei 20 °C müssen die Einstellungen des Rollenprüfstands den Bestimmungen gemäß Anhang B4 Absatz 7 und 8 entsprechen, mit der Ausnahme, dass der Wert f_{2_TReg} aus der folgenden Gleichung als der Zielkoeffizient C_t zu verwenden ist.

$$f_{2_TReg} = f_2 * (T_{ref} + 273) / (T_{reg} + 273)$$

dabei ist:

f_2 der Fahrwiderstandskoeffizient zweiter Ordnung unter Bezugsbedingungen (in $N/(km/h)^2$);

T_{ref} die Fahrwiderstandbezugstemperatur gemäß den Bestimmungen von Absatz 3.2.10 dieser Regelung (in °C);

T_{reg} die regionale Temperatur gemäß Anhang B6a Absatz 3.1.1 (in °C).

Sind gültige Einstellungen des Rollenprüfstands für die Prüfung bei 23 °C verfügbar, ist der Koeffizient zweiter Ordnung für den Rollenprüfstand, C_d , gemäß folgender Formel anzupassen:

$$C_{d_Treg} = C_d + (f_{2_TReg} - f_2)$$

- 3.4.2. Die ATCT-Prüfung und die Einstellung des Fahrwiderstands müssen auf einem 2WD-Prüfstand erfolgen, wenn für die entsprechende Prüfung Typ 1 ein 2WD-Rollenprüfstand verwendet wurde; sie müssen auf einem 4WD-Rollenprüfstand erfolgen, wenn für die entsprechende Prüfung Typ 1 ein 4WD-Rollenprüfstand verwendet wurde.

3.5. Vorkonditionierung

Auf Antrag des Herstellers kann die Vorkonditionierung bei T_{reg} vorgenommen werden.

Die Motortemperatur entspricht mit einer Toleranz von ± 2 °C dem Sollwert von 23 °C oder T_{reg} , je nachdem, welche Temperatur für die Vorkonditionierung gewählt wird.

- 3.5.1. Reine ICE-Fahrzeuge sind gemäß Anhang B6 Absatz 2.6 vorzukonditionieren.
- 3.5.2. NOVC-HEV-Fahrzeuge sind gemäß Anhang B8 Absatz 3.3.1.1 vorzukonditionieren.
- 3.5.3. OVC-HEV-Fahrzeuge sind gemäß Anhang B8 Anlage 4 Absatz 2.1.1 oder 2.1.2 vorzukonditionieren.

- 3.6. Abkühlverfahren
- 3.6.1. Nach der Vorkonditionierung und vor der Prüfung müssen die Fahrzeuge in einem Abkühlbereich mit Umgebungsbedingungen gemäß Absatz 3.2.2 dieses Anhangs B6a verbleiben.
- 3.6.2. Ab dem Ende der Vorkonditionierung bis zum Abkühlen bei T_{reg} darf das Fahrzeug nicht länger als 10 Minuten einer von T_{reg} abweichenden Temperatur ausgesetzt werden.
- 3.6.3. Anschließend hat das Fahrzeug so lange im Abkühlbereich zu verbleiben, bis die Zeit ab dem Ende der Vorkonditionierungsprüfung bis zum Beginn der ATCT-Prüfung t_{soak_ATCT} entspricht, mit einer Toleranz von zusätzlich 15 Minuten. Auf Antrag des Herstellers und mit der Zustimmung der Genehmigungsbehörde kann t_{soak_ATCT} um bis zu 120 Minuten verlängert werden. In diesem Fall ist die verlängerte Zeit für den Abkühlvorgang gemäß Anhang B6a Absatz 3.9 zu verwenden.
- 3.6.4. Der Abkühlvorgang ist ohne den Einsatz eines Kühlgebläses durchzuführen, wobei alle Karosserieteile wie bei normalen Parkbedingungen zu positionieren sind. Die Zeit zwischen dem Ende der Vorkonditionierung und dem Beginn der ATCT-Prüfung ist festzuhalten.
- 3.6.5. Der Transfer vom Abkühlbereich zur Prüfstelle ist so rasch wie möglich vorzunehmen. Das Fahrzeug darf nicht länger als 10 Minuten einer von T_{reg} abweichenden Temperatur ausgesetzt werden.
- 3.7. ATCT-Prüfung
- 3.7.1. Als Prüfzyklus gilt der in Anhang B1 für diese Fahrzeugklasse festgelegte anzuwendende WLTC-Zyklus.
- 3.7.2. Für reine ICE-Fahrzeuge sind die in Anhang B6 festgelegten Verfahren für die Durchführung von Emissionsprüfungen zu befolgen, für NOVC-HEV-Fahrzeuge und für die Prüfung Typ 1 mit Ladungserhaltung von OVC-HEV-Fahrzeugen sind die Bestimmungen von Anhang B8 zu befolgen mit der Ausnahme, dass für die Umgebungsbedingungen der Prüfstelle die Bestimmungen von Anhang B6a Absatz 3.2.1 gelten.
- 3.7.3. Insbesondere dürfen die Auspuffemissionen nach Tabelle A7/1 Schritt Nr. 2 für reine ICE-Fahrzeuge und Tabelle A8/5 Schritt Nr. 2 für HEV-Fahrzeuge bei einer ATCT-Prüfung die für das geprüfte Fahrzeug geltenden Emissionsgrenzwerte nach Absatz 6.3.10 dieser Regelung nicht überschreiten.
- 3.8. Berechnung und Dokumentation
- 3.8.1. Der Familienkorrekturfaktor FCF ist wie folgt zu berechnen:

$$FCF = M_{CO_2, Treg} / M_{CO_2, 23^\circ}$$

dabei ist:

$M_{CO_2, 23^\circ}$ die CO_2 -Emission des Durchschnitts aller anzuwendenden Prüfungen vom Typ 1 bei 23 °C eines Fahrzeugs H, nach Schritt 3 der Tabelle A7/1 von Anhang B7 für reine ICE-Fahrzeuge und nach Schritt 3 der Tabelle A8/5 von Anhang B8 für OVC-HEV und NOVC-HEV, jedoch ohne weitere Korrekturen (in g/km);

$M_{CO_2, Treg}$ die CO_2 -Emission über den gesamten WLTC-Zyklus der Prüfung bei regionaler Temperatur nach Schritt 3 der Tabelle A7/1 von Anhang B7 für reine ICE-Fahrzeuge und nach Schritt 3 der Tabelle A8/5 von Anhang B8 für OVC-HEV und NOVC-HEV, jedoch ohne weitere Korrekturen (in g/km). Für OVC-HEV und NOVC-HEV ist der K_{CO_2} -Faktor gemäß Anhang B8 Anlage 2 zu verwenden.

Sowohl $M_{CO_2, 23^\circ}$ als auch $M_{CO_2, Treg}$ sind an demselben Prüffahrzeug zu messen.

Der FCF -Wert ist in allen einschlägigen Prüfberichten zu berücksichtigen.

Der FCF -Wert ist auf 4 Dezimalstellen zu runden.

- 3.8.2. Die CO₂-Werte für jedes reine ICE-Fahrzeug innerhalb der ATCT-Familie (gemäß Anhang B6a Absatz 2.3) sind anhand folgender Gleichungen zu berechnen:

$$M_{CO_2,c,5} = M_{CO_2,c,4} \times FCF$$

$$M_{CO_2,p,5} = M_{CO_2,p,4} \times FCF$$

dabei sind:

$M_{CO_2,c,4}$ und $M_{CO_2,p,4}$ die CO₂-Emissionen während des gesamten WLTC-Zyklus c und der Zyklusphasen p aus den vorhergehenden Berechnungsschritten (in g/km);

$M_{CO_2,c,5}$ und $M_{CO_2,p,5}$ die CO₂-Emissionen während des gesamten WLTC-Zyklus c und der Zyklusphasen p, einschließlich der ATCT-Korrekturen; dieser Wert ist für alle weiteren Korrekturen oder Berechnungen zu verwenden (in g/km);

- 3.8.3. Die CO₂-Werte für jedes OVC-HEV und NOVC-HEV innerhalb der ATCT-Familie (gemäß Anhang B6a Absatz 2.3) sind anhand folgender Gleichungen zu berechnen:

$$M_{CO_2,CS,c,5} = M_{CO_2,CS,c,4} \times FCF$$

$$M_{CO_2,CS,p,5} = M_{CO_2,CS,p,4} \times FCF$$

dabei sind:

$M_{CO_2,CS,c,4}$ und $M_{CO_2,CS,p,4}$ die CO₂-Emissionen während des gesamten WLTC-Zyklus c und der Zyklusphasen p aus den vorhergehenden Berechnungsschritten (in g/km);

$M_{CO_2,CS,c,5}$ und $M_{CO_2,CS,p,5}$ die CO₂-Emissionen während des gesamten WLTC-Zyklus c und der Zyklusphasen p, einschließlich der ATCT-Korrekturen; dieser Wert ist für alle weiteren Korrekturen oder Berechnungen zu verwenden (in g/km).

- 3.8.4. Ist ein FCF niedriger als eins, so gilt er im Hinblick auf den ungünstigsten Fall gemäß Anhang B6a Absatz 4.1 als eins.

3.9. Bestimmungen für den Abkühlvorgang

- 3.9.1. Dient das Prüffahrzeug als Bezugsfahrzeug für die ATCT-Familie und für alle Fahrzeuge H der Interpolationsfamilien innerhalb der ATCT-Familie, so ist die Endtemperatur des Motorkühlmittels zu messen, nachdem die entsprechende Prüffahrt der Prüfung Typ 1 bei 23 °C und ein darauffolgendes Abkühlen bei 23 °C für eine Abkühldauer von t_{soak_ATCT} mit einer Toleranz von zusätzlich 15 Minuten erfolgte. Die Dauer wird ab dem Ende dieser Prüfung Typ 1 gemessen.

- 3.9.1.1. Für den Fall, dass t_{soak_ATCT} im Rahmen der entsprechenden ATCT-Prüfung verlängert wurde, ist die gleiche Abkühldauer mit einer Toleranz von zusätzlich 15 Minuten zu verwenden.

- 3.9.2. Der Abkühlvorgang ist so rasch wie möglich nach dem Abschluss der Prüfung Typ 1 mit einer Zeitverzögerung von höchstens 20 Minuten durchzuführen. Die gemessene Abkühlzeit ist die Zeit zwischen der Messung der Endtemperatur und dem Abschluss der Prüfung Typ 1 bei 23 °C; sie ist in alle einschlägigen Prüfblätter aufzunehmen.

- 3.9.3. Die Durchschnittstemperatur des Abkühlbereichs in den letzten 3 Stunden ist von der gemessenen Temperatur des Kühlmittels am Abschluss der Abkühlzeit gemäß Absatz 3.9.1 abzuziehen. Dieser Wert wird als Δ_{T_ATCT} bezeichnet und ist auf die nächste ganze Zahl zu runden.

- 3.9.4. Ist Δ_{T_ATCT} größer als oder gleich -2 °C des Δ_{T_ATCT} des Prüffahrzeugs, so gilt diese Interpolationsfamilie als Mitglied derselben ATCT-Familie.

- 3.9.5. Für alle Fahrzeuge innerhalb einer ATCT-Familie ist die Temperatur des Kühlmittels an der gleichen Stelle im Kühlsystem zu messen. Diese Stelle ist möglichst nahe am Motor zu wählen, sodass die Kühlmitteltemperatur möglichst repräsentativ für die Motortemperatur ist.
- 3.9.6. Die Messung der Temperatur der Abkühlbereiche hat gemäß den Bestimmungen von Anhang B6a Absatz 3.2.2.2 zu erfolgen.

4. Alternative Messverfahren

- 4.1. Konzept mit Berücksichtigung des ungünstigsten Falls für die Fahrzeugabkühlung oder in Bezug auf die Fahrzeugdämmung

Entgegen den Bestimmungen laut Anhang B6a Absatz 3.6. darf auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde das Prüfverfahren Typ 1 zum Abkühlen angewendet werden. Hierzu werden:

- a) Es gelten die Bestimmungen laut Anhang B6 Absatz 2.7.2, wobei als zusätzliche Vorgabe eine Mindestabkühlzeit von 9 Stunden einzuhalten ist.
- b) Vor Beginn der ATCT-Prüfung muss die Motortemperatur innerhalb eines Toleranzbereichs von $\pm 2^\circ\text{C}$ des Sollwerts T_{reg} liegen. Dieser Temperaturwert ist in alle einschlägigen Prüfblätter einzutragen. In diesem Fall können die Bestimmungen für den Abkühlvorgang gemäß Beschreibung in Anhang B6a Absatz 3.9 und die Kriterien für die Motorraumdämmung für alle Fahrzeuge der Familie ignoriert werden.

Diese Alternative ist nicht zulässig, wenn das Fahrzeug mit einer aktiven Wärmespeichereinrichtung ausgestattet ist.

Bei Anwendung dieses Konzepts sind alle einschlägigen Prüfberichte mit einem entsprechenden Vermerk zu versehen.

Die Anforderungen an die Dokumentation des Dämmmaterials können entfallen.

- 4.2. Aus einer einzigen Interpolationsfamilie bestehende ATCT-Familie

Für den Fall, dass die ATCT-Familie nur aus einer Interpolationsfamilie besteht, können die Bestimmungen für den Abkühlvorgang gemäß Beschreibung in Anhang B6a Absatz 3.9 ignoriert werden. Dies ist in allen einschlägigen Prüfberichten festzuhalten.

- 4.3. Alternatives Verfahren für die Messung der Motortemperatur

Für den Fall, dass sich die Kühlmitteltemperatur nicht messen lässt, darf hinsichtlich der Bestimmungen für den Abkühlvorgang gemäß Beschreibung in Anhang B6a Absatz 3.9 auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde anstelle der Kühlmitteltemperatur die Motoröltemperatur verwendet werden. In diesem Fall muss für alle Fahrzeuge der Familie die Motoröltemperatur verwendet werden.

Bei Anwendung dieses Verfahrens sind alle einschlägigen Prüfberichte mit einem entsprechenden Vermerk zu versehen.

ANHANG B6B

Korrektur der CO₂-Ergebnisse anhand der Sollgeschwindigkeit und der Strecke

Dieser Anhang gilt nur für Stufe 1A;

1. Allgemeines

In diesem Anhang B6b sind die besonderen Bestimmungen für die Korrektur der CO₂-Prüfergebnisse für Toleranzen anhand der Sollgeschwindigkeit und der Strecke festgelegt.

Dieser Anhang B6b findet nur auf reine ICE-Fahrzeuge Anwendung.

2. Messung der Fahrzeuggeschwindigkeit

2.1. Die tatsächliche/gemessene Fahrzeuggeschwindigkeit (v_{mi} ; in km/h), die sich aus der Rollengeschwindigkeit des Rollenprüfstands ergibt, ist bei einer Frequenz von 10 Hz zu messen und zusammen mit der tatsächlichen Zeit für die Istgeschwindigkeit festzuhalten.

2.2. Die Sollgeschwindigkeit (v_i ; in km/h) zwischen den Zeitmesspunkten in den Tabellen A1/1 bis A1/12 in Anhang B1 ist mithilfe einer linearen Interpolationsmethode bei einer Frequenz von 10 Hz zu bestimmen.

3. Korrekturverfahren

3.1. Berechnung der tatsächlichen/gemessenen Leistung und der Sollleistung an den Rädern

Die Leistung und die Kräfte an den Rädern, die sich aufgrund der Sollgeschwindigkeit und der tatsächlichen/gemessenen Geschwindigkeit ergeben, sind anhand folgender Gleichungen zu berechnen:

$$F_i = f_0 + f_1 \times \frac{(V_i + V_{i-1})}{2} + f_2 \times \frac{(V_i + V_{i-1})^2}{4} + (TM + m_r) \times a_i$$

$$P_i = F_i \times \frac{(V_i + V_{i-1})}{3,6 \times 2} \times 0,001$$

$$F_{mi} = f_0 + f_1 \times \frac{(V_{mi} + V_{mi-1})}{2} + f_2 \times \frac{(V_{mi} + V_{mi-1})^2}{4} + (TM + m_r) \times a_{mi}$$

$$P_{mi} = F_{mi} \times \frac{(V_{mi} + V_{mi-1})}{3,6 \times 2} \times 0,001$$

$$a_i = \frac{(V_i - V_{i-1})}{3,6 \times (t_i - t_{i-1})}$$

$$a_{mi} = \frac{(V_{mi} - V_{mi-1})}{3,6 \times (t_i - t_{i-1})}$$

Dabei ist:

- F_i die Sollantriebskraft während des Zeitraums (i -1) bis (i) (in N);
- F_{mi} die tatsächliche/gemessene Antriebskraft während des Zeitraums (i -1) bis (i) (in N);
- P_i die Sollleistung während des Zeitraums (i -1) bis (i) (in kW);
- P_{mi} die tatsächliche/gemessene Leistung während des Zeitraums (i -1) bis (i) (in kW);
- f_0, f_1, f_2 die Fahrwiderstandskoeffizienten aus Anhang B4, N, N/(km/h), N/(km/h)²;
- V_i die Sollgeschwindigkeit zum Zeitpunkt (i) (in km/h);
- V_{mi} die tatsächliche/gemessene Geschwindigkeit zum Zeitpunkt (i) (in km/h);
- TM die Prüfmasse des Fahrzeugs (in kg);
- m_r die gleichwertige effektive Masse der rotierenden Bauteile gemäß Anhang B4 Absatz 2.5.1 (in kg);
- a_i die tatsächliche/gemessene Beschleunigung während des Zeitraums (i - 1) bis (i) (in m/s²);
- a_{mi} die tatsächliche/gemessene Beschleunigung während des Zeitraums (i - 1) bis (i) (in m/s²);
- t_i die Zeit (in s).

- 3.2. Im nächsten Schritt wird eine anfängliche $P_{\text{OVERRUN},1}$ anhand folgender Gleichung berechnet:

$$P_{\text{OVERRUN},1} = - 0,02 \times P_{\text{RATED}}$$

Dabei gilt:

$P_{\text{OVERRUN},1}$ die anfängliche Überlastleistung (in kW);

P_{RATED} die Motornennleistung (in kW).

- 3.3. Alle für P_i und P_{mi} berechneten Werte unter $P_{\text{OVERRUN},1}$ müssen auf $P_{\text{OVERRUN},1}$ gesetzt werden, damit negative Werte ausgeschlossen werden können, die für die CO₂-Emissionen irrelevant sind.
- 3.4. Die Werte für P_{mj} müssen für jede einzelne WLTC-Phase anhand folgender Gleichung berechnet werden:

$$P_{m,j} = \sum_{t_0}^{t_{\text{end}}} P_{mi} / n$$

Dabei ist:

$P_{m,j}$ die mittlere tatsächliche/gemessene Leistung der betrachteten Phase j (in kW);

P_{mi} die tatsächliche/gemessene Leistung während des Zeitraums (i -1) bis (i) (in kW);

t_0 die Zeit am Anfang der betrachteten Phase j (in s);

t_{end} die Zeit am Ende der betrachteten Phase j (in s);

n die Anzahl der Zeitschritte der betrachteten Phase;

j die Kennziffer der betrachteten Phase.

- 3.5. Die mittleren RCB-korrigierten CO₂-Emissionen (in g/km) für jede Phase des anzuwendenden WLTC ist anhand folgender Gleichung in Einheiten g/s auszudrücken:

$$M_{CO_2,j} = M_{CO_2,RCB,j} \times \frac{d_{m,j}}{t_j}$$

Dabei gilt:

$M_{CO_2,j}$ die mittlere CO₂-Emission von Phase j (in g/s);

$M_{CO_2,RCB,j}$ die CO₂-Emission aus Schritt 1 der Tabelle A7/1 des Anhangs B7 der betrachteten WLTC-Phase j, die gemäß Anlage 2 des Anhangs B6 unter Anwendung der RCB-Korrektur berechnet wird;

$d_{m,j}$ die tatsächlich gefahrene Strecke der betrachteten Phase j (in km);

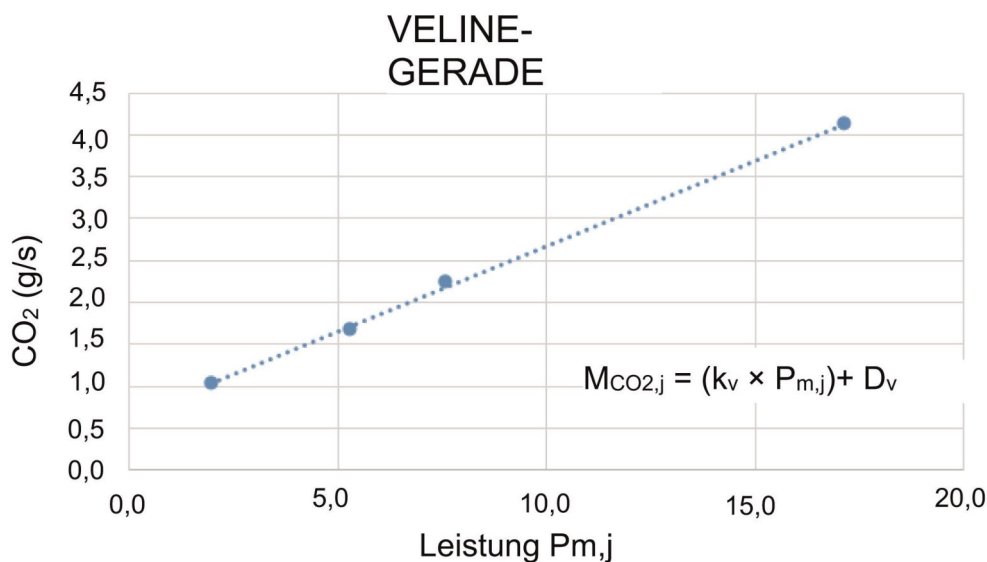
t_j die Dauer der betrachteten Phase j (in s).

- 3.6. Im nächsten Schritt müssen diese CO₂-Emissionen (in g/s) für jede WLTC-Phase zu den nach Anhang B6b Absatz 3.4 berechneten mittleren Werten für $P_{m,j1}$ in Bezug gesetzt werden.

Die für die Daten am geeignetsten Werte müssen mithilfe der Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet werden. Ein Beispiel für diese Regressionsgerade (Veline-Gerade) ist in Abbildung A6b/1 dargestellt.

Abbildung A6b/1:

Beispiel für die Veline-Regressionsgerade



- 3.7. Mit der fahrzeugspezifischen Veline-Gleichung-1, die nach Anhang B6b Absatz 3.6 berechnet wird, wird das Verhältnis zwischen den CO₂-Emissionen in g/s für die betrachtete Phase j und der mittleren gemessenen Leistung am Rad für dieselbe Phase j bestimmt und durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$M_{CO_2,j} = (k_{v,1} \times P_{m,j1}) + D_{v,1}$$

Dabei ist:

$M_{CO_2,j}$ die mittlere CO₂-Emission von Phase j (in g/s);

$P_{m,j1}$ die mittlere tatsächliche/gemessene Leistung der betrachteten Phase j, berechnet anhand von $P_{\text{OVERRUN},1}$ (in kW);

$k_{v,1}$ die Steigung der Veline-Gleichung-1 (in g CO₂/kWs);

$D_{v,1}$ die Konstante der Veline-Gleichung-1 (in g CO₂/s).

- 3.8. Im nächsten Schritt wird eine zweite $P_{\text{OVERRUN},2}$ anhand folgender Gleichung berechnet:

$$P_{\text{OVERRUN},2} = - D_{v,1} / k_{v,1}$$

Dabei ist:

$P_{\text{OVERRUN},2}$ die zweite Überlastleistung (in kW);

$k_{v,1}$ die Steigung der Veline-Gleichung-1 (in g CO₂/kWs);

$D_{v,1}$ die Konstante der Veline-Gleichung-1 (in g CO₂/s).

- 3.9. Alle für P_i und P_{mi} nach Anhang B6b Absatz 3.1 berechneten Werte unter $P_{\text{OVERRUN},2}$ müssen auf $P_{\text{OVERRUN},2}$ gesetzt werden, damit negative Werte ausgeschlossen werden können, die für die CO₂-Emissionen irrelevant sind.
- 3.10. Die Werte für $P_{m,j2}$ müssen erneut für jede einzelne WLTC-Phase anhand der Gleichungen nach Anhang B6b Absatz 3.4 berechnet werden.
- 3.11. Es ist eine neue fahrzeugspezifische Veline-Gleichung-2 mithilfe der Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Quadrate gemäß Beschreibung in Anhang B6b Absatz 3.6 zu berechnen. Die Veline-Gleichung-2 wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$M_{\text{CO}_2,j} = (k_{v,2} \times P_{m,j2}) + D_{v,2}$$

Dabei ist:

$M_{\text{CO}_2,j}$ die mittlere CO₂-Emission von Phase j (in g/s);

$P_{m,j2}$ die mittlere tatsächliche/gemessene Leistung der betrachteten Phase j, berechnet anhand von $P_{\text{OVERRUN},2}$ (in kW);

$k_{v,2}$ die Steigung der Veline-Gleichung-2 (in g CO₂/kWs);

$D_{v,2}$ die Konstante der Veline-Gleichung-2 (in g CO₂/s).

- 3.12. Im nächsten Schritt müssen die Werte für $P_{i,j}$, die aus dem Sollgeschwindigkeitsverlauf stammen, für jede einzelne WLTC-Phase anhand der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$P_{i,j2} = \sum_{t_0}^{t_{\text{end}}} P_{i,2} / n$$

Dabei ist:

$P_{i,j2}$ die mittlere Sollleistung der betrachteten Phase j, berechnet anhand von $P_{\text{OVERRUN},2}$ (in kW);

$P_{i,2}$ die Sollleistung während des Zeitraums (i-1) bis (i), berechnet anhand von $P_{\text{OVERRUN},2}$ (in kW);

t_0 die Zeit am Anfang der betrachteten Phase j (in s);

t_{end} die Zeit am Ende der betrachteten Phase j (in s);

n die Anzahl der Zeitschritte der betrachteten Phase;

j die Kennziffer der betrachteten WLTC-Phase.

- 3.13. Anschließend wird die Differenz der CO₂-Emissionen für den Zeitraum j (in g/s) anhand der folgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta\text{CO}_{2,j} = k_{v,2} \times (P_{i,j2} - P_{m,j2})$$

Dabei ist:

$\Delta\text{CO}_{2,j}$ die Differenz der CO₂-Emissionen für den Zeitraum j (in g/s);

$k_{v,2}$ die Steigung der Veline-Gleichung-2 (in g CO₂/kWs);

$P_{i,j2}$ die mittlere Sollleistung im betrachteten Zeitraum j, berechnet anhand von $P_{\text{OVERRUN},2}$ (in kW);

$P_{m,j2}$ die mittlere tatsächliche/gemessene Leistung des betrachteten Zeitraums j, berechnet anhand von $P_{\text{OVERRUN},2}$ (in kW);

j der betrachtete Zeitraum j, bei dem es sich um die Zyklusphase oder um den gesamten Zyklus handeln kann.

- 3.14. Die endgültige strecken- und geschwindigkeitskorrigierten CO₂-Emissionen für den Zeitraum j werden anhand der folgenden Gleichung berechnet:

$$M_{\text{CO}_{2,j},2b} = (\Delta\text{CO}_{2,j} + M_{\text{CO}_{2,j},k} \times \frac{d_{m,j}}{t_j}) \times t_j / d_{i,j}$$

Dabei ist:

$M_{\text{CO}_{2,j},2b}$ die strecken- und geschwindigkeitskorrigierten CO₂-Emissionen für den Zeitraum j (in g/km);

$M_{\text{CO}_{2,j},k}$ die CO₂-Emissionen für den Zeitraum j nach Anhang 7 Tabelle A7/1 Schritt k in (in g/km);

$\Delta\text{CO}_{2,j}$ die Differenz der CO₂-Emissionsmengen für den Zeitraum j (in g/s);

t_i die Dauer des betrachteten Zeitraums j (in s);

$d_{m,j}$ die tatsächlich gefahrene Strecke der betrachteten Phase j (in km);

$d_{i,j}$ die gefahrene Strecke während des betrachteten Zeitraums j (in km);

j der betrachtete Zeitraum j, bei dem es sich entweder um die Zyklusphase „p“ oder um den gesamten Zyklus „c“ handeln kann;

k „1“, wenn der betrachtete Zeitraum j die Zyklusphase ist, oder „2“, wenn der betrachtete Zeitraum der gesamte Zyklus ist.

ANHANG B7

Berechnungen

1. Allgemeine Anforderungen
- 1.1. Sofern in Anhang B8 nicht ausdrücklich anders angegeben, gelten alle in diesem Anhang genannten Anforderungen und Verfahren für NOVC-HEV, OVC-HEV, NOVC-FCHV und PEV.
- 1.2. Die in Absatz 1.4 dieses Anhangs beschriebenen Berechnungsschritte sind nur bei reinen ICE-Fahrzeugen anzuwenden.
- 1.3. Rundung der Prüfergebnisse
- 1.3.1. Für Zwischenschritte der Berechnungen wird keine Rundung vorgenommen, es sei denn, es ist eine Zwischenrundung erforderlich.
- 1.3.2. Die abschließenden Ergebnisse der Grenzwertemissionen sind gemäß Absatz 6.1.8 dieser Regelung in einem Schritt auf die in der jeweils geltenden Emissionsnorm angegebene Zahl von Dezimalstellen zu runden, zuzüglich einer weiteren signifikanten Stelle.
- 1.3.3. Der NO_x -Korrekturfaktor KH ist nach Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf zwei Dezimalstellen gerundet anzugeben.
- 1.3.4. Der Verdünnungsfaktor DF ist nach Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf zwei Dezimalstellen gerundet anzugeben.
- 1.3.5. Angaben ohne Bezug zu Normen haben nach bestem fachlichen Ermessen zu erfolgen.
- 1.4. Stufenverfahren für die Berechnung der endgültigen Prüfergebnisse für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren

Die Ergebnisse werden in der Reihenfolge gemäß Tabelle A7/1 berechnet. Alle anzuwendenden Ergebnisse in der Spalte „Ergebnis“ sind aufzuzeichnen. In der Spalte „Verfahren“ sind die Absätze aufgeführt, die für die Berechnung zu verwenden sind, oder es sind zusätzliche Berechnungsverfahren angegeben.

Für die Zwecke dieser Tabelle wird in den Gleichungen und Ergebnissen folgende Nomenklatur verwendet:

c vollständiger anzuwendender Zyklus;

p jede anzuwendende Zyklusphase;

i jede anzuwendende Grenzwertemissionskomponente (ohne CO_2);

CO_2 CO_2 -Emission.

Tabelle A7/1

Verfahren zur Berechnung der abschließenden Prüfergebnisse (FE gilt nur für Stufe 1B)

Schritt Nr.	Quelle	Dateneingabe	Verfahren	Ergebnis
1	Anhang B6	Rohergebnisse der Prüfung	Masse der Emissionen Absätze 3 bis 3.2.2 dieses Anhangs.	$M_{i,p,1}$ (in g/km); $M_{\text{CO}_2,p,1}$ (in g/km).

Schritt Nr.	Quelle	Dateneingabe	Verfahren	Ergebnis
2	Ergebnis Schritt 1	$M_{i,p,1}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,1}$ (in g/km).	Berechnung der Werte von kombinierten Zyklen: $M_{i,c,2} = \frac{\sum_p M_{i,p,1} \times d_p}{\sum_p d_p}$ $M_{CO_2,c,2} = \frac{\sum_p M_{CO_2,p,1} \times d_p}{\sum_p d_p}$ Dabei gilt: $M_{i/CO_2,c,2}$ die Emissionsergebnisse für den gesamten Zyklus; d_p die gefahrenen Strecken der Zyklusphasen p.	$M_{i,c,2}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,2}$ (in g/km).
2b Dieser Schritt gilt nur für Stufe 1A;	Ergebnis Schritt 1 Ergebnis Schritt 2	$M_{CO_2,p,1}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,2}$ (in g/km).	Korrektur der CO₂-Ergebnisse anhand der Sollgeschwindigkeit und der Strecke. Anhang B6b. Anmerkung: Da die Strecke ebenfalls korrigiert wird, ist von diesem Rechenschritt an jede Bezugnahme auf eine gefahrene Strecke als Bezugnahme auf die Zieldistanz zu verstehen.	$M_{CO_2,p,2b}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,2b}$ (in g/km).
3	Für Stufe 1A Ergebnis Schritt 2b	$M_{CO_2,p,2b}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,2b}$ (in g/km).	RCB-Korrektur Anhang B6 Anlage 2.	$M_{CO_2,p,3}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,3}$ (in g/km).
	Für Stufe 1B Ergebnis Schritt 1 Ergebnis Schritt 2	$M_{CO_2,p,1}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,2}$ (in g/km).	RCB-Korrektur Anhang B6 Anlage 2.	$M_{CO_2,p,3}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,3}$ (in g/km).
4 a	Ergebnis Schritt 2 Ergebnis Schritt 3	$M_{i,c,2}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,3}$ (in g/km).	Verfahren für die Emissionsprüfung für alle mit periodisch arbeitenden Regenerierungssystemen ausgestatteten Fahrzeuge, K_i. Anhang B6 Anlage 1. $M_{i,c,4a} = K_i \times M_{i,c,2}$ oder $M_{i,c,4a} = K_i + M_{i,c,2}$ und $M_{CO_2,c,4a} = K_{CO_2} \times M_{CO_2,c,3}$ oder $M_{CO_2,c,4a} = K_{CO_2} + M_{CO_2,c,3}$ Zusätzlicher Ausgleichs- oder Multiplikationsfaktor, der gemäß der Bestimmung von K_i zu verwenden ist. Wenn K_i nicht gilt: $M_{i,c,4a} = M_{i,c,2}$ $M_{CO_2,c,4a} = M_{CO_2,c,3}$	$M_{i,c,4a}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,4a}$ (in g/km).

Schritt Nr.	Quelle	Dateneingabe	Verfahren	Ergebnis
4b	Ergebnis Schritt 3 Ergebnis Schritt 4a	$M_{CO_2,p,3}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,3}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,4a}$ (in g/km).	Wenn K_i gilt, sind die Werte der CO_2 -Phasen an den Wert des kombinierten Zyklus anzupassen: $M_{CO_2,p,4} = M_{CO_2,p,a} \times AF_{Kj}$ für jede Zyklusphase p ; Dabei gilt: $AF_{Kj} = \frac{M_{CO_2,c,4a}}{M_{CO_2,c,3}}$ Wenn K_i nicht gilt: $M_{CO_2,p,4} = M_{CO_2,p,3}$	$M_{CO_2,p,4}$ (in g/km).
4c	Ergebnis Schritt 4a	$M_{i,c,4a}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,4a}$ (in g/km).	Werden diese Werte für die Zwecke der Übereinstimmung der Produktion verwendet, so sind die Grenzwertemissionen und die Werte der CO_2 -Emissionen mit dem nach Absatz 8.2.4 dieser Regelung bestimmten Einfahrfaktor zu multiplizieren: $M_{i,c,4c} = RI_C(j) \times M_{i,c,4a}$ $M_{CO_2,c,4c} = RI_{CO_2}(j) \times M_{CO_2,c,4a}$ In dem Fall werden diese Werte nicht für die Übereinstimmung der Produktion verwendet: $M_{i,c,4c} = M_{i,c,4a}$ $M_{CO_2,c,4c} = M_{CO_2,c,4a}$	$M_{i,c,4c}$; $M_{CO_2,c,4c}$
			Der Kraftstoffverbrauch ($FE_{c,4c_temp}$) ist nach Anhang B6 Absatz 6 zu berechnen. Wird dieser Wert für die Übereinstimmung der Produktion verwendet, so ist der Kraftstoffeffizienzwert mit dem nach Absatz 8.2.4 dieser Regelung bestimmten Einfahrfaktor zu multiplizieren: $FE_{c,4c} = RI_{FE}(j) \times FE_{c,4c_temp}$ In dem Fall werden diese Werte nicht für die Übereinstimmung der Produktion verwendet: $FE_{c,4c} = FE_{c,4c_temp}$	$FE_{c,4c}$ (in km/l).
5 Ergebnis einer einzigen Prüfung	Ergebnis Schritt 4b und 4c	$M_{CO_2,c,4c}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,4}$ (in g/km).	Für Stufe 1A: ATCT-Berichtigung von $M_{CO_2,c,4c}$ und $M_{CO_2,p,4}$ gemäß Anhang B6a, Absatz 3.8.2. Für Stufe 1B: $M_{CO_2,c,5} = M_{CO_2,c,4c}$ $M_{CO_2,p,5} = M_{CO_2,p,4}$	$M_{CO_2,c,5}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,5}$ (in g/km)
		$M_{i,c,4c}$ (in g/km); $FE_{c,4c}$ (in km/l).	Gemäß Anhang C4 berechnete Verschlechterungsfaktoren, angewendet auf die Grenzwertemissionen. $FE_{c,5} = FE_{c,4c}$ Werden diese Werte für die Zwecke der Übereinstimmung der Produktion verwendet, sind die weiteren Schritte (6 bis 10) nicht erforderlich, und das Ergebnis dieses Schrittes ist das Endergebnis.	$M_{i,c,5}$ (in g/km); $FE_{c,5}$ (in km/l).

Schritt Nr.	Quelle	Dateneingabe	Verfahren	Ergebnis
6	Für Stufe 1A Ergebnis Schritt 5	Für jede Prüfung: $M_{i,c,5}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,5}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,5}$ (in g/km)	Mittelung der Prüfungen und angegebener Wert Anhang B6 Absatz 1.2 bis einschließlich Absatz 1.2.3	$M_{i,c,6}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,6}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,6}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,declared}$ (in g/km).
	Für Stufe 1B Ergebnis Schritt 5	$FE_{c,5}$ (in km/l). $M_{i,c,4c}$ (in g/km).	Mittelung der Prüfungen und angegebener Wert Anhang B6 Absatz 1.2 bis einschließlich Absatz 1.2.3 Die Umrechnung von $FE_{c,declared}$ auf $M_{CO_2,c,declared}$ ist für den anzuwendenden Zyklus gemäß Anhang B7 Absatz 6 vorzunehmen. Hierzu werden die Grenzwertemissionen im jeweiligen Zyklus verwendet.	$FE_{c,declared}$ (in km/l); $FE_{c,6}$ (in km/l); $M_{CO_2,c,declared}$ (in g/km).
7	Für Stufe 1A: Ergebnis Schritt 6	$M_{CO_2,c,6}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,6}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,declared}$ (in g/km).	Abgleich der Phasenwerte Anhang B6 Absatz 1.2.4 und $M_{CO_2,c,7} = M_{CO_2,c,declared}$	$M_{CO_2,c,7}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,7}$ (in g/km).
	Für Stufe 1B: Ergebnis Schritt 5 Ergebnis Schritt 6	$M_{CO_2,c,5}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,5}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,declared}$ (in g/km).	Abgleich der Phasenwerte Anhang B6 Absatz 1.2.4	$M_{CO_2,p,7}$ (in g/km).
8 Ergebnis einer Prüfung Typ 1 für ein Prüffahrzeug	Für Stufe 1A: Ergebnis Schritt 6 Ergebnis Schritt 7	$M_{i,c,6}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,7}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,7}$ (in g/km).	Berechnung des Kraftstoffverbrauchs gemäß Absatz 6 dieses Anhangs Die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs ist für den anzuwendenden Zyklus und seine Phasen separat durchzuführen. Hierzu werden: a) die CO_2 -Werte der anzuwendenden Phase oder des Zyklus verwendet; b) die Grenzwertemissionen während des gesamten Zyklus verwendet. und $M_{i,c,8} = M_{i,c,6}$ $M_{CO_2,c,8} = M_{CO_2,c,7}$ $M_{CO_2,p,8} = M_{CO_2,p,7}$	$FC_{c,8}$ (in l/100 km); $FC_{p,8}$ (in l/100 km); $M_{i,c,8}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,8}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,8}$ (in g/km).
	Für Stufe 1B: Ergebnis Schritt 6 Ergebnis Schritt 7	$M_{i,c,6}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,7}$ (in g/km).	Berechnung des Kraftstoffverbrauchs und Umrechnung auf die Kraftstoffeffizienz nur für den Phasenwert gemäß Absatz 6 dieses Anhangs. Die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs ist für die Phasen separat durchzuführen. Hierzu werden: a) die CO_2 -Werte der anzuwendenden Phase verwendet; b) die Grenzwertemissionen während des gesamten Zyklus verwendet. und $M_{i,c,8} = M_{i,c,5}$ $FE_{c,8} = FE_{c,6}$	$FC_{p,8}$ (in l/100 km); $FE_{p,8}$ (in km/l); $M_{i,c,8}$ (in g/km); $FE_{c,8}$ (in km/l).

Schritt Nr.	Quelle	Dateneingabe	Verfahren	Ergebnis
9 Ergebnis der Interpolationsfamilie. Für Stufe 1A Abschließen des Ergebnis für die Grenzwertemissionen	Ergebnis Schritt 8	Für jedes Prüffahrzeug H und L: $M_{i,c,8}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,8}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,8}$ (in g/km); $FC_{c,8}$ (in l/100 km); $FC_{p,8}$ (in l/100 km); $FE_{c,8}$ (in km/l); $FE_{p,8}$ (in km/l).	Für Stufe 1A; Wenn zusätzlich zu einem Prüffahrzeug H auch ein Prüffahrzeug M und/oder ein Fahrzeug L geprüft wurde, muss der sich daraus ergebende Wert der Grenzwertemissionen der höchste der beiden oder, falls Fahrzeug M das Linearitätskriterium nicht erfüllt, der drei Werte sein und als $M_{i,c}$ bezeichnet werden. Im Falle der kombinierten $THC+NO_x$ -Emissionen ist der höchste Wert der Summe entweder bezogen auf Fahrzeug H oder Fahrzeug L oder, falls anwendbar, Fahrzeug M als Typgenehmigungswert zu verwenden. Wurde kein Fahrzeug L geprüft, gilt ansonsten $M_{i,c} = M_{i,c,8}$ Stufe 1A und Stufe 1B Für CO_2 -, FE- und FC-Werte sind die in Schritt 8 abgeleiteten Werte zu verwenden; dabei sind die CO_2 -Werte nach Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf zwei Dezimalstellen zu runden, die FE- und FC-Werte sind nach Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf drei Dezimalstellen zu runden.	$M_{i,c}$ (in g/km); $M_{CO_2,c,H}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,H}$ (in g/km); $FC_{c,H}$ (in l/100 km); $FC_{p,H}$ (in l/100 km); $FE_{c,H}$ (in km/l); $FE_{p,H}$ (in km/l); und falls ein Fahrzeug L geprüft wurde: $M_{CO_2,c,L}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,L}$ (in g/km); $FC_{c,L}$ (in l/100 km); $FC_{p,L}$ (in l/100 km); $FE_{c,L}$ (in km/l); $FE_{p,L}$ (in km/l).
10 Ergebnis eines Einzelfahrzeugs Abschließen des Ergebnis für CO_2 , FE und FC.	Ergebnis Schritt 9	$M_{CO_2,c,H}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,H}$ (in g/km); $FC_{c,H}$ (in l/100 km); $FC_{p,H}$ (in l/100 km); $FE_{c,H}$ (in km/l); $FE_{p,H}$ (in km/l); und falls ein Fahrzeug L geprüft wurde: $M_{CO_2,c,L}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,L}$ (in g/km); $FC_{c,L}$ (in l/100 km); $FC_{p,L}$ (in l/100 km); $FE_{c,L}$ (in km/l); $FE_{p,L}$ (in km/l).	Berechnungen des Kraftstoffverbrauchs, der Kraftstoffeffizienz und der CO_2 -Werte für Einzelfahrzeuge in einer Interpolationsfamilie. Absatz 3.2.3 dieses Anhangs. Berechnungen des Kraftstoffverbrauchs, der Kraftstoffeffizienz und der CO_2 -Werte für Einzelfahrzeuge innerhalb einer Fahrwiderstandsmatrix-Familie Absatz 3.2.4 dieses Anhangs. Die CO_2 -Emissionswerte sind, auf die nächste ganze Zahl gerundet, in Gramm pro Kilometer (g/km) anzugeben. Die FC-Werte sind nach Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf eine Dezimalstelle zu runden und in Liter pro 100 Kilometer (l/100 km) anzugeben. Die FE-Werte sind nach Absatz 6.1.8 dieser Regelung auf eine Dezimalstelle zu runden und in Kilometer pro Liter (km/l) anzugeben.	$M_{CO_2,c,ind}$ (in g/km); $M_{CO_2,p,ind}$ (in g/km); $FC_{c,ind}$ (in l/100 km); $FC_{p,ind}$ (in l/100 km); $FE_{c,ind}$ (in km/l); $FE_{p,ind}$ (in km/l).

2. Bestimmung des Volumens des verdünnten Abgases

2.1. Berechnung des Volumens für ein Probenahmesystem mit variabler Verdünnung, das bei konstantem oder variablem Durchflusssatz betrieben werden kann

Der Volumenstrom ist kontinuierlich zu messen. Das Gesamtvolumen ist für die Dauer der Prüfung zu messen.

2.2. Berechnung des Volumens für ein Probenahmesystem mit variabler Verdünnung, bei dem eine Verdrängerpumpe zum Einsatz kommt

2.2.1. Das Volumen ist anhand folgender Gleichung zu berechnen:

$$V = V_0 \times N$$

Dabei ist:

V das Volumen des verdünnten Abgases in Litern je Prüfung (vor der Korrektur);

V_0 das von der Verdrängerpumpe geförderte Gasvolumen unter Prüfungsbedingungen in Litern/Pumpenumdrehung;

N die Anzahl der Umdrehungen je Prüfung.

2.2.1.1. Umrechnung des Volumens auf den Normzustand

Das Volumen des verdünnten Abgases V ist anhand der folgenden Gleichung auf den Normzustand umzurechnen:

$$V_{\text{mix}} = V \times K_1 \times \left(\frac{P_B - P_1}{T_p} \right)$$

Dabei ist:

$$K_1 = \frac{273,15 \text{ (K)}}{101,325 \text{ (kPa)}} = 2,6961$$

P_B der Luftdruck im Prüfraum (in kPa);

P_1 der Unterdruck am Einlass der Verdrängerpumpe, bezogen auf den Umgebungsluftdruck (in kPa);

T_p die arithmetische Durchschnittstemperatur des verdünnten Abgases beim Eintritt in die Verdrängerpumpe während der Prüfung (in Kelvin (K)).

3. Masse der Emissionen

3.1. Allgemeine Anforderungen (wie jeweils zutreffend)

3.1.1. Unter der Annahme, dass keine Komprimierbarkeitseffekte auftreten, können alle am Arbeitsspiel des Motors beteiligten Gase nach der Avogadro'schen Hypothese als ideal betrachtet werden.

3.1.2. Die von dem Fahrzeug während der Prüfung emittierte Masse M gasförmiger Verbindungen wird durch Berechnung des Produkts aus der Volumenkonzentration des jeweiligen Gases und dem Volumen des verdünnten Abgases unter Berücksichtigung der nachstehenden Dichtewerte unter den Bezugsbedingungen (273,15 K (0 °C) und 101,325 kPa) ermittelt:

Kohlenmonoxid (CO)	$\rho = 1,25 \text{ g/l}$
Kohlendioxid (CO ₂)	$\rho = 1,964 \text{ g/l}$
Kohlenwasserstoffe:	
für Benzin (E0) (C ₁ H _{1,85})	$\rho = 0,619 \text{ g/l}$
für Benzin (E10) (C ₁ H _{1,93} O _{0,033})	$\rho = 0,646 \text{ g/l}$
für Diesel (B0) (C ₁ H _{1,86})	$\rho = 0,620 \text{ g/l}$
für Diesel (B7) (C ₁ H _{1,86} O _{0,007})	$\rho = 0,625 \text{ g/l}$
für LPG (C ₁ H _{2,525})	$\rho = 0,649 \text{ g/l}$
für Erdgas/Biomethan (CH ₄)	$\rho = 0,716 \text{ g/l}$
für Ethanol (E85) (C ₁ H _{2,74} O _{0,385})	$\rho = 0,934 \text{ g/l}$
Stickoxide (NO _x)	$\rho = 2,05 \text{ g/l}$

Die Dichte, die für die Berechnung der NMHC-Masse herangezogen wird, muss gleich der Dichte der Gesamtkohlenwasserstoffe bei 273,15 K (0 °C) und bei 101,325 kPa sein, und hängt vom Kraftstoff ab. Die Dichte, die für die Berechnungen der Propanmasse herangezogen wird (siehe Anhang B5 Absatz 3.5), beträgt 1,967 g/l unter Standardbedingungen.

Wird eine Kraftstoffart nicht in diesem Absatz aufgelistet, ist die Dichte des betreffenden Kraftstoffs anhand der Gleichung in Absatz 3.1.3 dieses Anhangs zu berechnen.

- 3.1.3. Die allgemeine Gleichung für die Berechnung der Dichte der Gesamtkohlenwasserstoffe für jeden Bezugskraftstoff mit einer durchschnittlichen Zusammensetzung von $C_XH_YO_Z$ lautet wie folgt:

$$\rho_{THC} = \frac{MW_C + \frac{H}{C} \times MW_H + \frac{O}{C} \times MW_O}{V_M}$$

dabei ist:

ρ_{THC} die Dichte der Gesamtkohlenwasserstoffe und Nichtmethankohlenwasserstoffe (in g/l);

MW_C die Molmasse von Kohlenstoff (12,011 g/mol);

MW_H die Molmasse von Wasserstoff (1,008 g/mol);

MW_O die Molmasse von Sauerstoff (15,999 g/mol);

V_M das Molvolumen eines idealen Gases bei 273,15 K (0 °C) und 101,325 kPa (22,413 l/mol);

H/C das Verhältnis Wasserstoff/Kohlenstoff für einen spezifischen Kraftstoff $C_XH_YO_Z$;

O/C das Verhältnis Sauerstoff/Kohlenstoff für einen spezifischen Kraftstoff $C_XH_YO_Z$.

- 3.2. Berechnung der Emissionsmasse

- 3.2.1. Die Emissionsmasse gasförmiger Verbindungen pro Zyklusphase ist anhand der folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$M_{i,phase} = \frac{V_{mix,phase} \times \rho_i \times KH_{phase} \times C_{i,phase} \times 10^{-6}}{d_{phase}}$$

dabei ist:

M_1 die Emissionsmasse der Verbindung i je Prüfung oder Phase (in g/km);

V_{mix} das Volumen des verdünnten Abgases je Prüfung oder Phase, ausgedrückt in Liter je Prüfung/Phase und auf den Normzustand (273,15 K (0 °C) und 101,325 kPa) umgerechnet;

ρ_1 die Dichte der Verbindung i in Gramm pro Liter bei Normaltemperatur und -druck (273,15 K (0 °C) und 101,325 kPa);

KH der Feuchtigkeitskorrekturfaktor, anwendbar nur für die emittierten Massen von Stickoxiden, NO_2 und NO_x , je Prüfung oder Phase;

C_1 die Konzentration der Verbindung i im verdünnten Abgas je Prüfung oder Phase, in ppm ausgedrückt und unter Berücksichtigung der Menge der Verbindung i in der Verdünnungsluft korrigiert;

d die im anzuwendenden WLTP-Zyklus gefahrene Strecke (in km);

n die Anzahl der Phasen im anzuwendenden WLTC-Zyklus.

- 3.2.1.1. Die Konzentration der gasförmigen Verbindung im verdünnten Abgas wird unter Berücksichtigung der Menge der gasförmigen Verbindung in der Verdünnungsluft anhand folgender Gleichung korrigiert:

$$C_i = C_e - C_d \times \left(1 - \frac{1}{DF}\right)$$

dabei ist:

C_1 die Konzentration der gasförmigen Verbindung i im verdünnten Abgas, korrigiert unter Berücksichtigung der Menge der gasförmigen Verbindung i in der Verdünnungsluft (in ppm);

C_e die gemessene Konzentration der gasförmigen Verbindung i im verdünnten Abgas (in ppm);

C_d die Konzentration der gasförmigen Verbindung i in der Verdünnungsluft (in ppm);

DF der Verdünnungsfaktor.

- 3.2.1.1.1. Der Verdünnungsfaktor DF ist anhand der Gleichung für den betreffenden Kraftstoff zu berechnen (wie jeweils zutreffend):

$$DF = \frac{13.4}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}} \quad \text{für Benzin (E10) und Diesel (B0)}$$

$$DF = \frac{13.5}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}} \quad \text{für Benzin (E0)}$$

$$DF = \frac{13.5}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}} \quad \text{für Diesel (B7)}$$

$$DF = \frac{11.9}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}} \quad \text{für Flüssiggas}$$

$$DF = \frac{9.5}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}} \quad \text{für Erdgas/Biomethan}$$

$$DF = \frac{12.5}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}} \quad \text{für Ethanol (E85)}$$

$$DF = \frac{35.03}{C_{H_2O} + C_{H_2O-DA} + CH_2 \times 10^{-4}} \quad \text{für Wasserstoff}$$

Für die Gleichung für Wasserstoff gilt:

C_{H_2O} ist die H_2O -Konzentration im verdünnten Abgas im Sammelbeutel (in Volumenprozent);

C_{H_2O-DA} ist die H_2O -Konzentration in der Verdünnungsluft (in Volumenprozent);

C_{H_2} ist die H_2 -Konzentration im verdünnten Abgas im Sammelbeutel (in ppm).

Wird eine Kraftstoffart nicht in diesem Absatz aufgelistet, ist der Verdünnungsfaktor des betreffenden Kraftstoffs anhand der Gleichungen in Absatz 3.2.1.1.2 dieses Anhangs zu berechnen.

Verwendet der Hersteller einen Verdünnungsfaktor, der mehrere Phasen umfasst, ist der Verdünnungsfaktor unter Verwendung der durchschnittlichen Konzentration der gasförmigen Verbindungen für die betreffenden Phasen zu berechnen.

Die durchschnittliche Konzentration einer gasförmigen Verbindung ist anhand folgender Gleichung zu berechnen:

$$\bar{C}_i = \frac{\sum_{\text{phase}=1}^n (C_{i,\text{phase}} \times V_{\text{mix,phase}})}{\sum_{\text{phase}=1}^n V_{\text{mix,phase}}}$$

Dabei ist:

$\bar{C}_i$ die durchschnittliche Konzentration einer gasförmigen Verbindung;

$C_{i,\text{phase}}$ die Konzentration für jede einzelne Phase;

$V_{\text{mix,phase}}$ der V_{mix} -Wert der entsprechenden Phase;

n die Anzahl der Phasen.

- 3.2.1.1.2. Die allgemeine Gleichung für die Berechnung des Verdünnungsfaktors DF für jeden Bezugskraftstoff mit einem arithmetischen Mittelwert der Zusammensetzung von $C_xH_yO_z$ lautet wie folgt:

$$DF = \frac{X}{C_{CO_2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}}$$

dabei ist:

$$X = 100 \times \frac{x}{x + \frac{y}{2} + 3.76 \left(x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2} \right)}$$

C_{CO_2} die CO_2 -Konzentration im verdünnten Abgas im Sammelbeutel (in Volumenprozent);

C_{HC} die HC-Konzentration im verdünnten Abgas im Sammelbeutel (in ppm Kohlenstoff-Äquivalent);

C_{CO} die CO-Konzentration im verdünnten Abgas im Sammelbeutel (in ppm).

- 3.2.1.1.3. Methanmessung

- 3.2.1.1.3.1. Bei der Methanmessung mit einem GC-FID, ist die Konzentration von NMHC anhand folgender Gleichung zu berechnen:

$$C_{NMHC} = C_{THC} - (Rf_{CH_4} \times C_{CH_4})$$

dabei ist:

C_{NMHC} die korrigierte NMHC-Konzentration im verdünnten Abgas (in ppm Kohlenstoffäquivalent);

C_{THC} die THC-Konzentration im verdünnten Abgas (in ppm Kohlenstoffäquivalent), korrigiert um die THC-Konzentration in der Verdünnungsluft;

C_{CH_4} Konzentration CH_4 im verdünnten Abgas (in ppm Kohlenstoffäquivalent), korrigiert um die CH_4 -Menge in der Verdünnungsluft;

Rf_{CH_4} der Ansprechfaktor des FID für Methan, wie in Anhang B5 Absatz 5.4.3.2 bestimmt und angegeben.

- 3.2.1.1.3.2. Bei der Methanmessung mit einem NMC-FID hängt die NMHC-Berechnung vom Kalibriergas/von der Methode zur Nullpunkteinstellung/Kalibrierung ab.

Der für THC-Messungen ohne NMC verwendete FID ist mit Propan/Luft auf die übliche Weise zu kalibrieren.

Für die Kalibrierung des einem NMC nachgeschalteten FID sind folgende Verfahren zulässig:

- Das Kalibriergas aus Propan und Luft wird am NMHC vorbeigeleitet.
- Das Kalibriergas aus Methan und Luft wird durch den NMC geleitet.

Es wird nachdrücklich empfohlen, den Methan-FID mit Kalibriergas aus Methan und Luft zu kalibrieren, das durch den NMC geleitet wird.

Im Fall a) sind die Konzentrationen von CH_4 und NMHC anhand folgender Gleichungen zu berechnen:

$$C_{CH_4} = \frac{C_{HC(w/NMC)} - C_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_E)}{Rf_{CH_4} \times (E_E - E_M)}$$

$$C_{NMHC} = \frac{C_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_M) - C_{HC(w/NMC)}}{(E_E - E_M)}$$

Ist der Wert $Rf_{CH_4} < 1,05$, kann er bei der oben aufgeführten Gleichung für C_{CH_4} ausgelassen werden.

Im Fall b) sind die Konzentrationen von CH_4 und NMHC anhand folgender Gleichungen zu berechnen:

$$C_{CH_4} = \frac{C_{HC(w/NMC)} \times Rf_{CH_4} \times (1 - E_M) - C_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_E)}{Rf_{CH_4} \times (E_E - E_M)}$$

$$C_{NMHC} = \frac{C_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_M) - C_{HC(w/NMC)} \times Rf_{CH_4} \times (1 - E_M)}{E_E - E_M}$$

Dabei ist:

$C_{HC(w/NMC)}$ die HC-Konzentration bei Durchfluss des Probengases durch den NMC (in ppm C);

$C_{HC(w/oNMC)}$ die HC-Konzentration bei Umleitung des Probengases um den NMC (in ppm C);

Rf_{CH_4} der Ansprechfaktor für Methan, wie in Anhang B5 Absatz 5.4.3.2 festgelegt;

E_M die Methan-Effizienz, wie in Absatz 3.2.1.1.3.3.1 dieses Anhangs festgelegt;

E_E die Ethan-Effizienz, wie in Absatz 3.2.1.1.3.3.2 dieses Anhangs festgelegt.

Ist der Wert $Rf_{CH_4} < 1,05$, kann er bei der oben für Fall b aufgeführten Gleichung für C_{CH_4} und C_{NMHC} ausgelassen werden.

3.2.1.1.3.3. Umwandlungseffizienz des Nichtmethan-Cutters (NMC)

Der NMC entfernt die Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe aus der Gasprobe, indem er alle Kohlenwasserstoffe außer Methan oxidiert. Im Idealfall beträgt die Umwandlung bei Methan 0 % und bei den anderen Kohlenwasserstoffen, repräsentiert durch Ethan, 100 %. Um eine genaue Messung der NMHC zu ermöglichen, sind die beiden Effizienzwerte zu bestimmen und zur Berechnung der NMHC-Emission heranzuziehen.

3.2.1.1.3.3.1. Methan-Umwandlungseffizienz, E_M

Das Methan/Luft-Kalibriergas ist mit und ohne Umgehung des NMC durch den FID zu leiten, und die beiden Konzentrationen sind aufzuzeichnen. Die Umwandlungseffizienz ist anhand der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$E_M = 1 - \frac{C_{HC(w/NMC)}}{C_{HC(w/oNMC)}}$$

dabei ist:

$C_{HC(w/NMC)}$ die HC-Konzentration bei Durchfluss von CH_4 durch den NMC (in ppm C);

$C_{HC(w/oNMC)}$ die HC-Konzentration bei Umleitung von CH_4 um den NMC (in ppm C).

3.2.1.1.3.3.2. Ethan-Umwandlungseffizienz, E_E

Das Ethan/Luft-Kalibriergas ist mit und ohne Umgehung des NMC durch den FID zu leiten, und die beiden Konzentrationen sind aufzuzeichnen. Die Umwandlungseffizienz ist anhand der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$E_E = 1 - \frac{C_{HC(w/NMC)}}{C_{HC(w/oNMC)}}$$

dabei ist:

$C_{HC(w/NMC)}$ die HC-Konzentration bei Durchfluss von C_2H_6 durch den NMC (in ppm C);

$C_{HC(w/oNMC)}$ die HC-Konzentration bei Umleitung von C_2H_6 um den NMC (in ppm C).

Liegt die Ethan-Umwandlungseffizienz des NMC bei einem Wert von 0,98 oder höher, ist der Wert E_E für alle nachfolgenden Berechnungen auf 1 zu setzen.

- 3.2.1.1.3.4. Wird der Methan-FID durch den Cutter kalibriert, beträgt der Wert E_M 0.

Die Gleichung zur Berechnung von C_{CH_4} in Absatz 3.2.1.1.3.2 (Fall b) in diesem Anhang nimmt folgende Form an:

$$C_{CH_4} = C_{HC(w/NMC)}$$

Die Gleichung zur Berechnung von C_{NMHC} in Absatz 3.2.1.1.3.2 (Fall b) in diesem Anhang nimmt folgende Form an:

$$C_{NMHC} = C_{HC(w/oNMC)} - C_{HC(w/NMC)} \times r_h$$

Die Dichte, die für die Berechnung der NMHC-Masse herangezogen wird, muss gleich der Dichte der Gesamtkohlenwasserstoffe bei 273,15 K (0 °C) und bei 101,325 kPa sein und hängt vom Kraftstoff ab.

- 3.2.1.1.4. Berechnung des durchflussgewichteten arithmetischen Mittelwerts der Konzentration

Die nachfolgend dargestellte Berechnungsmethode ist anzuwenden für CVS-Probenahmesysteme ohne Wärmetauscher, bzw. für CVS-Probenahmesysteme mit einem Wärmetauscher, der nicht den Bestimmungen von Anhang B5 Absatz 3.3.5.1 entspricht.

Diese Berechnung des durchflussgewichteten arithmetischen Mittelwerts der Konzentration ist für alle kontinuierlichen Verdünnungs-Messungen einschließlich PN zu verwenden. Sie kann wahlweise bei CVS-Systemen mit einem Wärmetauscher verwendet werden, der den Vorschriften von Anhang B5 Absatz 3.3.5.1 entspricht.

$$C_e = \frac{\sum_{i=1}^n q_{CVS}(i) \times \Delta t \times C(i)}{V}$$

dabei ist:

C_e der durchflussgewichtete arithmetische Mittelwert der Konzentration;

$q_{CVS}(i)$ der CVS-Durchsatz zum Zeitpunkt $t = i \times \Delta t$ (in m^3/s);

$C(i)$ die Konzentration zum Zeitpunkt $t = i \times \Delta t$ (in ppm);

Δt der Zeitraum zwischen den Probenahmen (in s);

V das gesamte CVS-Volumen (in m^3);

n die Zeit (in s).

- 3.2.1.2. Berechnung des Feuchtigkeitskorrekturfaktors für NO_x

Um die Auswirkungen der Feuchtigkeit auf die für die Stickoxide erzielten Ergebnisse zu korrigieren, sind folgende Formeln anzuwenden:

$$KH = \frac{1}{1 - 0.0329 \times (H - 10.71)}$$

dabei ist:

$$H = \frac{6.211 \times R_a \times P_d}{P_B - P_d \times R_a \times 10^{-2}}$$

und

H die spezifische Feuchtigkeit (in Gramm Wasser pro Kilogramm Trockenluft);

R_2 die relative Feuchtigkeit der Umgebungsluft (in Prozent);

P_d der Sättigungsdampfdruck bei Umgebungstemperatur (in kPa);

P_B der Luftdruck im Prüfraum (in kPa).

Der KH-Faktor ist für jede Phase des Prüfzyklus zu berechnen.

Die Umgebungstemperatur und die relative Feuchtigkeit werden festgelegt als der arithmetische Mittelwert der kontinuierlich in jeder Phase gemessenen Werte.

3.2.2. Bestimmung der HC-Emissionsmasse aus Selbstzündungsmotoren

3.2.2.1. Zur Bestimmung der HC-Emissionsmasse bei Selbstzündungsmotoren wird der arithmetische Mittelwert der HC-Konzentration mithilfe der nachstehenden Formel berechnet:

$$C_e = \frac{\int_{t_1}^{t_2} C_{HC} dt}{t_2 - t_1}$$

dabei ist:

$\int_{t_1}^{t_2} C_{HC} dt$ das Integral der vom beheizten FID während der Prüfdauer (t_1 bis t_2) aufgezeichneten Werte;

C_e die in dem verdünnten Abgas gemessene HC-Konzentration in ppm für C_1 und ersetzt C_{HC} in allen entsprechenden Gleichungen.

3.2.2.1.1. Die HC-Konzentration in der Verdünnungsluft ist mithilfe der Verdünnungsluft-Beutel zu bestimmen. Es ist eine Korrektur gemäß Absatz 3.2.1.1 dieses Anhangs vorzunehmen.

3.2.3. Berechnungen des Kraftstoffverbrauchs, der Kraftstoffeffizienz und der CO₂-Werte für Einzelfahrzeuge in einer Interpolationsfamilie

3.2.3.1. Kraftstoffverbrauch, Kraftstoffeffizienz und CO₂-Emissionen ohne Anwendung der Interpolationsmethode (d. h. nur Verwendung von Fahrzeug H)

Der gemäß den Absätzen 3.2.1 bis einschließlich 3.2.1.1.2 dieses Anhangs berechnete CO₂-Wert und die gemäß Absatz 6 dieses Anhangs berechnete Kraftstoffeffizienz bzw. der Kraftstoffverbrauch werden allen Einzelfahrzeugen der Interpolationsfamilie zugeordnet, und die Interpolationsmethode findet keine Anwendung.

3.2.3.2. Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen unter Anwendung der Interpolationsmethode

Die CO₂-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch für jedes Einzelfahrzeug der Interpolationsfamilie können nach den Absätzen 3.2.3.2.1 bis einschließlich 3.2.3.2.5 dieses Anhangs berechnet werden.

3.2.3.2.1. Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen der Prüffahrzeuge L und H

Die für die nachfolgenden Berechnungen verwendete CO₂-Emissionsmasse M_{CO_2-L} und M_{CO_2-H} und ihre Phasen p, $M_{CO_2-L,p}$ und $M_{CO_2-H,p}$, der Prüffahrzeuge L und H sind Tabelle A7/1 Schritt 9 zu entnehmen.

Die Werte des Kraftstoffverbrauchs werden ebenfalls Tabelle A7/1 Schritt 9 entnommen und als $FC_{L,p}$ und $FC_{H,p}$ bezeichnet.

3.2.3.2.2. Berechnung des Fahrwiderstands (Straße) für ein Einzelfahrzeug

Für den Fall, dass die Interpolationsfamilie von einer oder mehreren Fahrwiderstandsfamilien abgeleitet werden, darf die Berechnung des Fahrwiderstands eines Einzelfahrzeugs nur innerhalb derjenigen Fahrwiderstandsfamilie erfolgen, die auf dieses Einzelfahrzeug Anwendung findet.

3.2.3.2.2.1. Masse eines Einzelfahrzeugs

Die Prüfmassen der Fahrzeuge H und L sind als Dateneingabewerte für die Interpolationsmethode zu verwenden.

TM_{ind} (in kg) ist die Prüfmasse eines Einzelfahrzeugs gemäß Absatz 3.2.25 dieser Regelung.

Wird für die Prüffahrzeuge L und H die gleiche Prüfmasse verwendet, ist der Wert von TM_{ind} für die Interpolationsmethode als die Masse des Prüffahrzeugs H festzulegen.

3.2.3.2.2.2. Rollwiderstand eines Einzelfahrzeugs

- 3.2.3.2.2.2.1. Die RWK-Istwerte für die ausgewählten Reifen für Prüffahrzeug L, RR_L , und Prüffahrzeug H, RR_H , sind als Eingabewerte für die Interpolationsmethode zu verwenden. Siehe Anhang B4 Absatz 4.2.2.1.

Weisen die Reifen an der Vorder- und Hinterachse von Fahrzeug L oder H unterschiedliche RWK-Werte auf, ist das gewichtete Mittel der Rollwiderstandswerte anhand der Gleichung in Absatz 3.2.3.2.2.2.3 dieses Anhangs zu berechnen.

- 3.2.3.2.2.2.2. Für die an einem Einzelfahrzeug angebrachten Reifen wird der Wert des Rollwiderstandskoeffizienten RR_{ind} auf den RWK-Wert der anwendbaren Reifenenergieeffizienzklasse gemäß Anhang B4 Tabelle A4/2 festgelegt.

Kann ein Fahrzeug mit einem vollständigen Satz standardmäßiger Reifen und Räder und zusätzlich einem vollständigen Satz Winterreifen (gekennzeichnet mit dem Symbol aus dreizackigem Berg und Schneeflocke, „3PMS“ oder „Alpine-Symbol“) mit oder ohne Räder geliefert werden, gelten die Winterreifen und ihre Räder nicht als Zusatzausrüstung.

Gehören die Reifen an der Vorder- und Hinterachse zu unterschiedlichen Energieeffizienzklassen, ist der gewichtete Mittelwert zu verwenden und anhand der Gleichung in Absatz 3.2.3.2.2.2.3 dieses Anhangs zu berechnen.

Wurden die Prüffahrzeuge L und H mit den gleichen Reifen oder mit Reifen mit demselben Rollwiderstandskoeffizienten versehen, so ist der Wert von RR_{ind} für die Interpolationsmethode auf RR_H festzulegen.

- 3.2.3.2.2.2.3. Berechnung des gewichteten Mittels der Rollwiderstandswerte

$$RR_x = (RR_{x,FA} \times mp_{x,FA}) + (RR_{x,RA} \times (1 - mp_{x,FA}))$$

Dabei gilt:

x ist das Fahrzeug L, H oder ein Einzelfahrzeug;

$RR_{L,FA}$ und $RR_{H,FA}$ sind die RWK-Istwerte für die Reifen der Vorderachse an Fahrzeug L bzw. H (in kg/t);

$RR_{ind,FA}$ ist der RWK-Wert der anwendbaren Reifenenergieeffizienzklasse gemäß Anhang B4 Tabelle A4/2 für die Reifen der Vorderachse am Einzelfahrzeug (in kg/t);

$RR_{L,RA}$ und $RR_{H,RA}$ sind die RWK-Istwerte für die Reifen der Hinterachse an Fahrzeug L bzw. H (in kg/t);

$RR_{ind,RA}$ ist der RWK-Wert der anwendbaren Reifenenergieeffizienzklasse gemäß Anhang B4 Tabelle A4/2 für die Reifen der Hinterachse am Einzelfahrzeug (in kg/t);

$mp_{x,FA}$ ist der Anteil der Fahrzeugmasse in fahrbereitem Zustand auf der Vorderachse.

RR_x darf weder gerundet noch einer Reifenenergieeffizienzklasse zugeordnet werden.

- 3.2.3.2.2.3. Luftwiderstand eines Einzelfahrzeugs

- 3.2.3.2.2.3.1. Bestimmung des aerodynamischen Einflusses der Zusatzausrüstung

Der Luftwiderstand ist für alle luftwiderstandsrelevanten Teile der Zusatzausrüstung und Karosserieformen in einem von der zuständigen Behörde verifizierten Windkanal zu messen, der den Anforderungen von Anhang B4 Absatz 3.2 genügt.

Für die Interpolationsmethode ist der Luftwiderstand von Zusatzausrüstung innerhalb einer Fahrwiderstandsfamilie bei der gleichen Windgeschwindigkeit v_{low} oder v_{high} , vorzugsweise v_{high} , gemäß der Definition in Anhang B4 Abschnitt 6.4.3 zu messen. Für den Fall, dass v_{low} oder v_{high} nicht vorhanden ist (z. B. wenn der Fahrwiderstand von V_L und/oder V_H mit der Ausrollmethode gemessen wird), wird die aerodynamische Kraft bei gleicher Windgeschwindigkeit im Bereich ≥ 80 km/h bis ≤ 150 km/h gemessen. Bei Fahrzeugen der Klasse 1 ist sie bei der gleichen Windgeschwindigkeit von ≤ 150 km/h zu messen.

- 3.2.3.2.2.3.2. Alternative Bestimmung des aerodynamischen Einflusses der Zusatzausrüstung

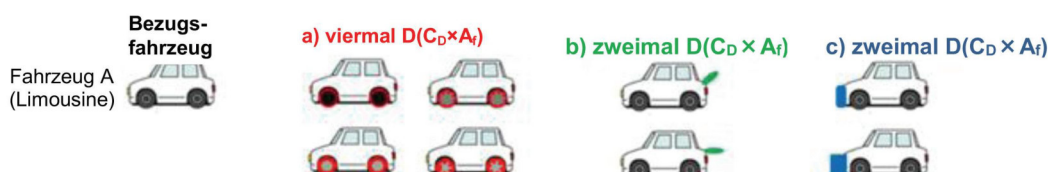
Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der zuständigen Behörde kann eine alternative Methode (z. B. CFD-Simulation (nur Stufe 1A), Windkanal, der das Kriterium in Anhang B4 nicht erfüllt) zur Bestimmung von $\Delta(C_D \times A_f)$ verwendet werden, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

- a) Die Alternativmethode muss für $\Delta(C_D \times A_f)$ eine Genauigkeit von $\pm 0,015 \text{ m}^2$ erfüllen; nur für Stufe 1A: Falls eine Simulation verwendet wird, ist die Genauigkeit der CFD-Methode durch mindestens zwei $\Delta(C_D \times A_f)$ je Typ der Zusatzausrüstung anhand einer gemeinsamen Vergleichsfahrzeugkarosserie und mindestens insgesamt acht $\Delta(C_D \times A_f)$ zu validieren, wie in dem Beispiel in Abbildung A7/1a gezeigt;
- b) die Alternativmethode darf nur für Arten von Zusatzausrüstung mit aerodynamischem Einfluss (z. B. Räder, Kühlluftregelsysteme, Spoiler usw.) verwendet werden, für die die Gleichwertigkeit nachgewiesen wurde;
- c) der Nachweis der Gleichwertigkeit gemäß a) und b) ist der zuständigen Behörde vor der Typgenehmigung für die Fahrwiderstandsfamilie vorzulegen: für jedes Alternativverfahren erfolgt die Validierung auf der Grundlage von Windkanalmessungen, die die Kriterien dieser Regelung erfüllen;
- d) beträgt der Wert $\Delta(C_D \times A_f)$ eines bestimmten Teils der Zusatzausrüstung mehr als das Doppelte des Werts $\Delta(C_D \times A_f)$ einer Zusatzausrüstung, für die der Nachweis vorgelegt wurde, darf für die Bestimmung des Luftwiderstands nicht die Alternativmethode verwendet werden; und
- e) eine erneute Validierung ist alle vier Jahre erforderlich, wenn ein Messverfahren verwendet wird. Falls eine mathematische Methode verwendet wird, erfordert jede Änderung am Simulationsmodell oder an der Software, die wahrscheinlich zur Ungültigkeit des Validierungsberichts führt, ebenfalls eine erneute Validierung.

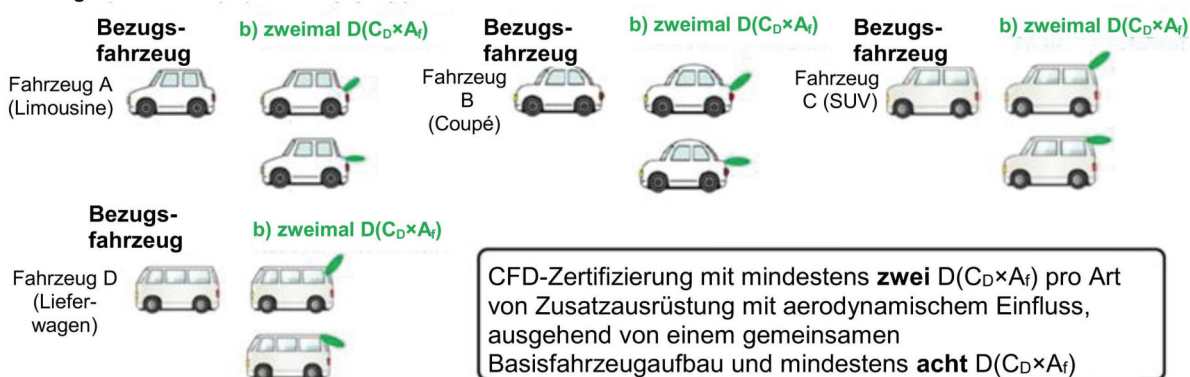
Abbildung A7/1a

Beispiel für die Anwendung der Alternativmethode zur Bestimmung des aerodynamischen Einflusses von Zusatzausrüstung

1) Zulassungsumfang einzelnes Bezugsfahrzeug: Verwendung von Zusatzausrüstungen (a, b, c) mit aerodynamischem Einfluss mit unterschiedlichen Änderungen je Teil, verglichen mit einem Bezugsfahrzeug:



2) Zulassungsumfang mehrere Bezugsfahrzeuge: Verwendung eines einzelnen Typs an Zusatzausrüstungen mit aerodynamischem Einfluss (b), der bei unterschiedlichen Bezugsfahrzeugen eingesetzt wird



3.2.3.2.2.3.2.1. Der Hersteller muss vor der zuständigen Behörde den Umfang der für die Alternativmethode anwendbaren Fahrzeuge angeben, und der angegebene Umfang ist in den entsprechenden Prüfberichten zu dokumentieren, wenn der zuständigen Behörde der Nachweis der Gleichwertigkeit erbracht wird. Die zuständige Behörde kann die Bestätigung der Gleichwertigkeit für die Alternativmethode verlangen, indem sie das Fahrzeug aus dem vom Hersteller angegebenen Umfang auswählt, nachdem die Gleichwertigkeit nachgewiesen wurde. Das Ergebnis muss für $\Delta(C_D \times A_f)$ eine Genauigkeit von $\pm 0,015 \text{ m}^2$ erfüllen. Dieses Verfahren muss auf Windkanalmessungen beruhen, die die Kriterien dieser Regelung erfüllen. Wird dieses Verfahren nicht berücksichtigt, gilt die Genehmigung der Alternativmethode als ungültig.

3.2.3.2.2.3.3. Anwendung des aerodynamischen Einflusses auf das Einzelfahrzeug

$\Delta(C_D \times A_f)_{\text{ind}}$ stellt die Differenz des Produkts aus Luftwiderstandskoeffizient multipliziert mit der Fahrzeugfront zwischen einem Einzelfahrzeug und dem Prüffahrzeug L dar, bedingt durch Zusatzausrüstung und Karosserieformen, die von denjenigen des Testfahrzeugs L abweichen (in m^2);

Diese Differenzwerte des Luftwiderstands $\Delta(C_D \times A_f)$ sind mit einer Genauigkeit von $\pm 0,015 \text{ m}^2$ zu bestimmen.

Der Wert $\Delta(C_D \times A_f)_{\text{ind}}$ kann auch für die Summe der Teile der Zusatzausrüstung und Karosserieformen anhand der folgenden Gleichung mit einer Genauigkeit von $\pm 0,015 \text{ m}^2$ berechnet werden:

$$\Delta(C_D \times A_f)_{\text{ind}} = \sum_{i=1}^n \Delta(C_D \times A_f)_i$$

Dabei ist:

C_D der Luftwiderstandskoeffizient;

A_f die Fläche der Fahrzeugfront (in m^2);

n die Anzahl der Teile der Zusatzausrüstung am Fahrzeug, die sich zwischen dem Einzelfahrzeug und dem Prüffahrzeug L unterscheiden;

$\Delta(C_D \times A_f)_i$ die Differenz des Produkts aus dem Luftwiderstandskoeffizienten und der Fahrzeugfront, die sich aus einem Einzelmerkmal i am Fahrzeug ergibt. Dieser Wert ist positiv für ein Teil der Zusatzausrüstung, durch das der Luftwiderstand im Vergleich zum Prüffahrzeug L größer wird, und umgekehrt (in m^2).

Die Summe aller Differenzen $\Delta(C_D \times A_f)_i$ zwischen den Prüffahrzeugen L und H entspricht $\Delta(C_D \times A_f)_{LH}$.

3.2.3.2.2.3.4. Definition der Luftwiderstandsdifferenz insgesamt zwischen den Prüffahrzeugen L und H

Die Gesamtdifferenz des Produkts aus dem Luftwiderstandskoeffizienten und der Fahrzeugfront zwischen den Prüffahrzeugen L und H wird als $\Delta(C_D \times A_f)_{LH}$ bezeichnet und ist zu dokumentieren (in m^2).

3.2.3.2.2.3.5. Dokumentation der aerodynamischen Einflüsse

Die Zu- oder Abnahme des Produkts aus dem Luftwiderstandskoeffizienten und der Fahrzeugfront, ausgedrückt als $\Delta(C_D \times A_f)$ muss für alle Teile der Zusatzausrüstung und Karosserieformen der Interpolationsfamilie, die:

a) Auswirkungen auf den Luftwiderstand des Fahrzeugs haben und

b) in der Interpolation zu berücksichtigen sind,

in m^2 aufgezeichnet werden.

3.2.3.2.2.3.6. Zusätzliche Bestimmungen zu aerodynamischen Einflüssen

Der Luftwiderstand des Fahrzeugs H ist auf die gesamte Interpolationsfamilie anzuwenden, und der Wert $\Delta(C_D \times A_f)_{LH}$ ist auf Null zu setzen, falls:

a) mithilfe der Windkanalanlage keine genaue Bestimmung von $\Delta(C_D \times A_f)$ möglich ist, oder

b) bei den Prüffahrzeugen H und L keine luftwiderstandsrelevanten Teile der Zusatzausrüstung vorhanden sind, die in der Interpolationsmethode zu berücksichtigen sind.

3.2.3.2.2.4. Berechnung des Fahrwiderstandskoeffizienten für Einzelfahrzeuge

Die Fahrwiderstandskoeffizienten f_0 , f_1 und f_2 (gemäß Definition in Anhang B4) für die Prüffahrzeuge H und L werden als $f_{0,H}$, $f_{1,H}$ und $f_{2,H}$ bzw. $f_{0,L}$, $f_{1,L}$ und $f_{2,L}$ bezeichnet. Eine angepasste Fahrwiderstandskurve für das Prüffahrzeug L wird wie folgt definiert:

$$F_L(v) = f_{0,L}^* + f_{1,H} \times v + f_{2,L}^* \times v^2$$