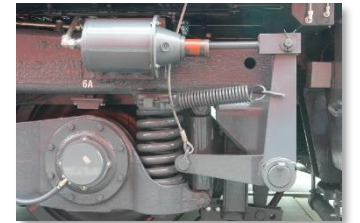
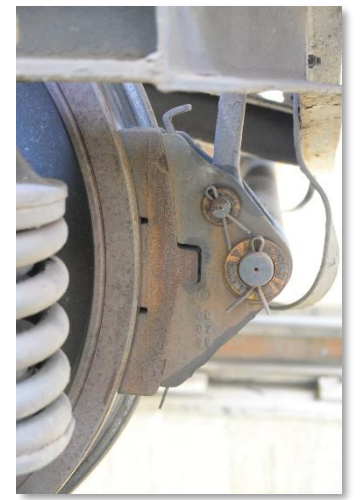


Vorlesungsinhalte

- 0 Einführung
- 1 Grundlagen der Schienenfahrzeugbremstechnik
- 2 Einteilung und Klassifizierung von Eisenbahnbremsen
- 3 Fahrdynamik der Bremsung
- 4 Bremsmechanik (Klotzbremsen)
- 5 Bremsauslegung
- **6 Bremsbewertung**
- 7 Bremspneumatik
- 8 Bremsanschriften
- 9 Anforderungen und Vorschriftenwerke



7 Bremsbewertung nach UIC



KE-GPP ₂ R-H	mZ	79 t	R+H	130 t	Br. Zyl-Kolbenhub 50-80 mm Bremsgestängesteller
			R	95 t	
			P ₂	89 t	
			P	70 t	
			G	53 t	
				2 x 6 t	



KE-GPR-Mg	D	ep	R+Mg	109 t	77 t	P	53 t
					74 t	G	44 t

K2

Charakterisierung des Bremsvermögens über das **Bremsgewicht** und die **Bremshundertstel**

Bremsgewicht (betriebliche Aspekte)



Beispielzug



2x

Bremsgewicht des Zuges:
 $2x 130t + 1x 92t + 2x 109t + 1x 113t + 5x 105t = 1208t$



1x



2x



1x



5x

Bremsgewicht (betriebliche Aspekte)



Beispielzug



2x

Zugmasse:
 $2x 79t + 1x 53t + 2x 52t + 1x 54t + 5x 50t = 621t$



1x



2x



1x



5x

Bremshundertstel (betrieblich)

KP-Reserve Karlsruhe Wagenliste
 für Zug 2900 am 04.08.17 von Karlsruhe nach Hamburg
 Zf in von nach
 Zf in von nach

1					2	3a	3b	4	5a	5b	6a	6b	6c	6d	6e	7	8	9	10	11			
a	b	c	d	e	Geltungsbuchstaben	Achsen		Länge über Puffer m / 10	Gewicht der Ladung t	Gesamtgewicht t	Bremsgewicht					Sitzplätze		Versandbahnhof	Bestimmungsbahnhof	Sonderangaben	Bemerkungen		
Wagennummer						beladen	leer				R + Mg	rot	I / R	weiss	P	G	1. 2.					Ordnungs-Nr.	
1+2	3+4	5-8	9-11	12													Richt-/Kennzahl						
61	80	1991	786	2	A	4		26	4	48	107	75	70	54	54	12	Karlsruhe	Hamburg	⊙ 2	W3/14 TB0			
61	80	1995	203	4	A	4		26	4	49	107	75	70	52	54	11							
51	80	2291	341	3	B	4		26	4	46	103	71	66	48	60	10							

Bremsgewicht:

$$2 \times 130t + 1 \times 92t + 2 \times 109t + 5 \times 105t + 1 \times 113t = 1208t$$

Zugmasse:

$$2 \times 80t + 1 \times 53t + 2 \times 52t + 5 \times 50t + 1 \times 54t = 621t$$

Bremshundertstel:

$$1208t : 621t \times 100\% = 194\%$$

Bedingung:
Zuglänge ≤ 400 m

Bremszettel Datum 08.08.17

Zugnummer(n) 77 652 ab Betriebsstelle MPB

1	2	3	4	5	6
Zeile	Bezeichnung	Wagenzug	arbeitende Triebfahrzeuge	Gesamtzug	
1	Gewicht [t]	239	86	325	
2	Bremsgewicht [t]	399	130	529	
3	Zahl der Achsen	28	4	32	
4	Mindestbremshundertstel			123	
5	Vorhandene Bremshundertstel	Zeile 2, Sp. 6 x 100		162	
6	Fehlende Bremshundertstel	Zeile 1, Sp. 6		-	
7	Nummer des letzten Fahrzeugs	84-34		104-1	
8	Zahl der einlösig Bremsen	-			
9	Zahl der mehrlösig Bremsen	2			
10	Zahl der Bremsen mit ⊙	5			
11	Zahl der Bremsen mit ⊕	-			
12	Zahl der Matrossow-Bremsen	-			
13	Länge [m]	185			
14	Zahl der gebremsten Achsen	28			
15	Zahl der erforderlichen gebremsten Achsen	Zeile 3, Sp. 4 x 9 10		26	
16	Im Wagenzug sind Fahrzeuge, deren zulässige Geschwindigkeit niedriger ist als die des Zuges. Wenn ja, niedrigste zulässige Geschwindigkeit eines Fahrzeugs im Wagenzug			nein / ja <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein km/h	
Besondere Angaben für Reisezüge	21	NBÜ/ep-Bremse an allen Fahrzeugen im Wagenzug vorhanden		nein / ja <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
	22	Notbremsüberbrückung wirksam		nein / ja <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
	23	Im Wagenzug sind Fahrzeuge mit	den Kennbuchstaben h, z, oder ee	nein / ja <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
	24		den Kennbuchstaben n oder y	nein / ja <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
	25	Im Wagenzug sind ausschließlich	Fahrzeuge mit TB 0	nein / ja <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
26	Fahrzeuge mit dem Kennbuchstaben a		nein / ja <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
Besondere Angaben für Güterzüge	31	Im Wagenzug sind Fahrzeuge mit gefährlichen Gütern		nein / ja <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
	32	ep-Bremse an allen Fahrzeugen im Wagenzug wirksam		nein / ja <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	

Bremszettel ausgefertigt (Name) _____

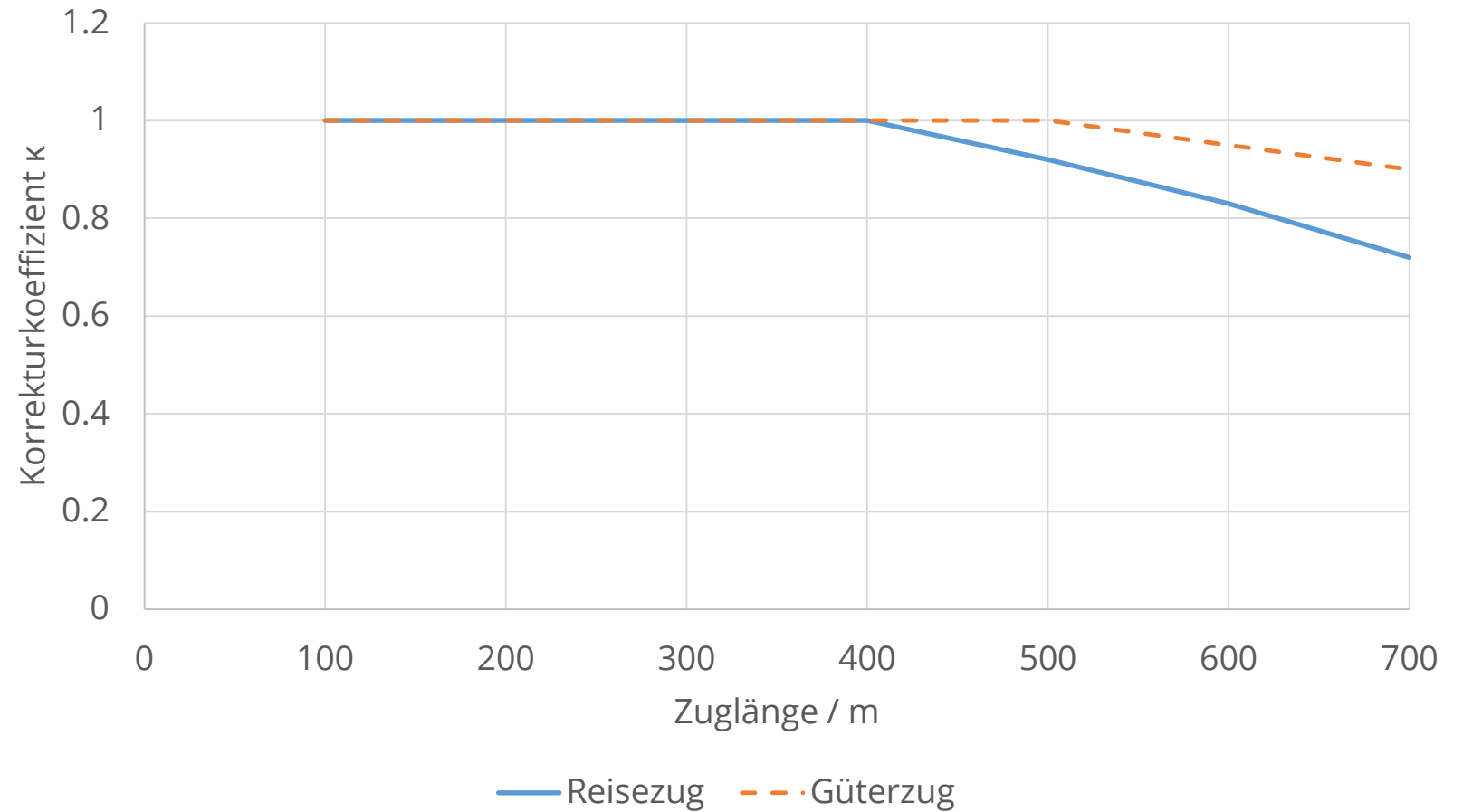
408.0312V01 Bremszettel A5 Bk 100 06.03 *) Weisung der Betriebszentrale einholen

Nicht Zutreffendes schräg durchstreichen

Bremshundertstel (betrieblich)

Korrektur der nominell (über Anschriften) ermittelten Bremsgewichte bei langen Zügen:

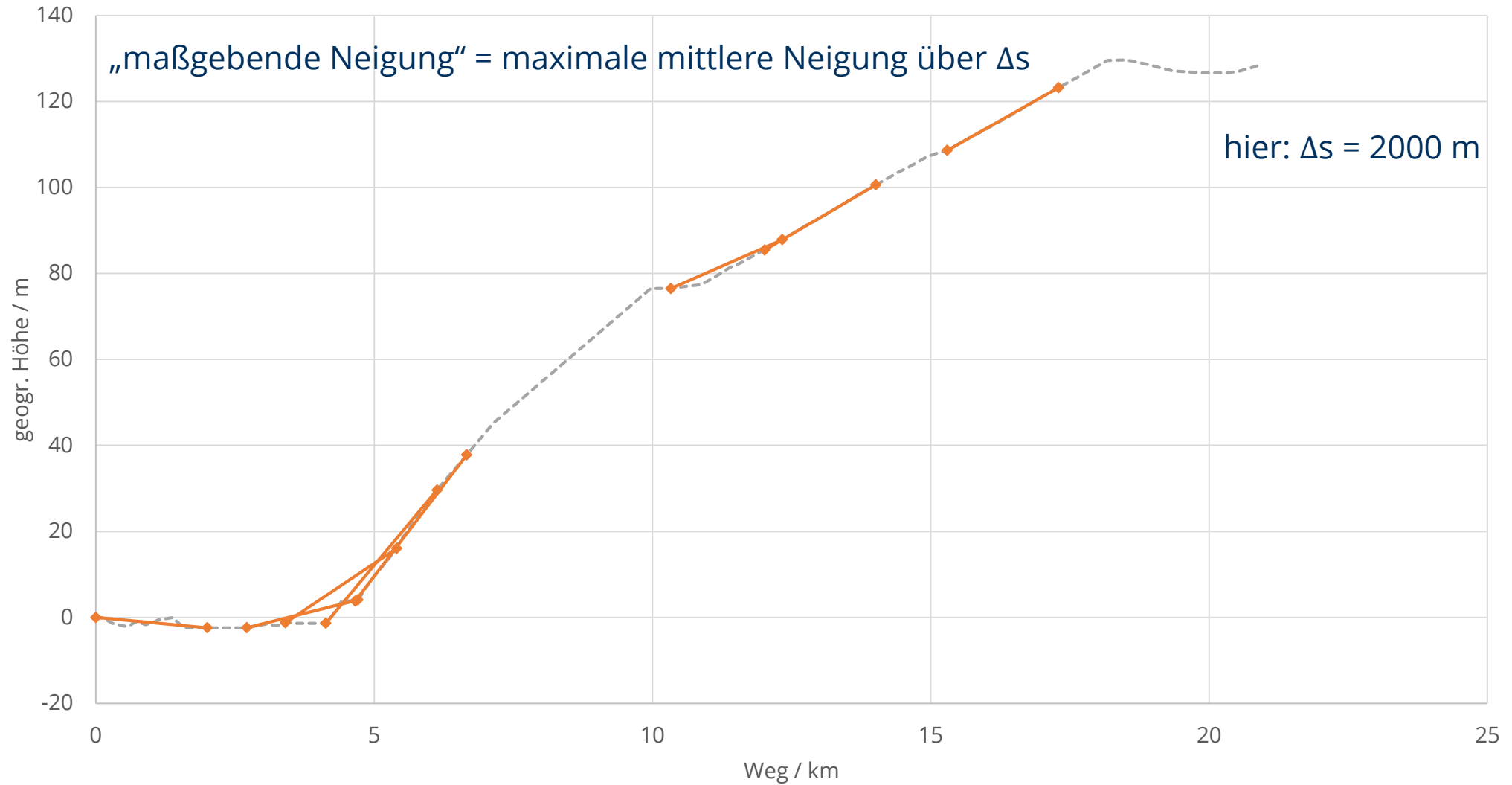
$$B_{\text{korr}} = \kappa \cdot B_Z$$



Bremshundertstel und Bremsstafel

Bremsstafel für 1000 m Bremsweg für Bremsstellung R/P																														
Maßgebendes Gefälle		Für eine zugelassene Geschwindigkeit bis zu																												
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160
in %	im Verhältnis	Kilometer in der Stunde (km/h) sind folgende Mindestbremshundertstel erforderlich:																												
0	1 : ∞	6	6	6	6	6	6	8	11	13	18	22	26	32	38	44	51	58	65	73	82	90	101	111	123	134	146	158	172	185
1	1 : 1000	6	6	6	6	6	7	9	12	15	19	23	28	33	39	46	52	60	67	75	83	92	102	113	124	136	148	160	173	187
2	1 : 500	6	6	6	6	6	8	10	13	16	20	24	29	34	41	47	54	61	68	76	85	94	104	115	126	138	150	162	175	189
3	1 : 333	6	6	6	6	7	9	11	14	17	21	26	30	36	42	49	55	63	70	78	87	96	106	116	128	140	151	164	177	191
4	1 : 250	6	6	6	6	8	10	12	15	18	23	27	32	37	44	50	57	64	72	80	88	98	107	118	129	141	153	166	179	192
5	1 : 200	6	6	6	7	9	11	13	16	20	24	28	33	39	45	52	58	66	73	82	90	99	109	120	131	143	155	167	180	194
6	1 : 167	6	6	7	8	10	12	14	17	21	25	30	35	40	46	53	60	67	75	83	92	101	111	122	133	145	157	169	182	196
7	1 : 143	6	7	8	9	11	13	15	19	22	26	31	36	41	48	54	61	69	76	85	94	103	112	123	135	147	158	171	184	198
8	1 : 125	6	7	9	10	12	14	16	20	23	28	32	37	43	49	56	63	70	78	86	95	105	114	125	136	148	160	173	186	200
9	1 : 111	7	8	10	11	13	15	17	21	25	29	34	39	45	51	58	65	72	80	88	97	107	116	127	138	150	162	174	188	201
10	1 : 100	8	9	10	12	14	16	18	22	26	30	35	40	46	52	59	66	74	81	90	99	108	117	128	140	152	164	176	189	203
11	1 : 91	9	10	11	13	15	17	20	23	27	32	37	42	47	54	61	68	76	83	92	101	110	119	130	141	154	165	178	191	205
12	1 : 83	10	11	12	14	16	18	21	24	28	33	38	43	48	55	62	69	77	85	93	102	112	121	132	143	155	167	180	193	207
12,5	1 : 80	11	12	13	15	17	19	22	25	29	34	39	44	49	56	63	70	78	86	94	103	113	122	133	144	156	168	180	194	208
13	1 : 77	11	12	13	15	17	19	22	26	30	34	39	45	50	57	64	71	79	87	95	104	114	122	133	145	157	169	181	195	209
14	1 : 71	12	13	14	16	18	20	23	27	31	35	40	46	52	58	65	72	80	89	97	106	116	124	135	147	159	171	183	196	210
15	1 : 67	12	13	14	16	18	21	24	28	32	36	41	47	53	59	66	73	81	90	98	107	117	126	137	148	160	172	185	198	212
16	1 : 63	13	14	15	17	19	22	25	29	33	38	43	49	54	61	68	75	83	92	100	109	119	127	138	150	162	-	-	-	-
17	1 : 59	13	15	16	18	20	23	26	30	34	39	44	50	55	62	69	76	84	93	101	111	121	129	140	152	164	-	-	-	-
18	1 : 56	14	16	17	19	21	25	28	32	36	41	46	52	57	64	71	78	86	95	103	113	123	131	142	153	166	-	-	-	-
19	1 : 53	15	17	18	20	22	26	29	33	37	42	47	53	59	66	73	80	88	97	105	115	125	132	144	155	167	-	-	-	-
20	1 : 50	16	17	19	21	23	27	30	34	38	43	48	54	60	67	74	81	89	98	107	116	127	134	145	157	169	-	-	-	-
21	1 : 48	17	18	20	22	24	28	31	35	40	45	50	56	62	69	75	83	91	100	109	118	129	136	147	-	-	-	-	-	-
22	1 : 45	18	19	21	23	25	29	32	36	41	46	51	57	63	70	76	84	92	101	111	120	131	138	149	-	-	-	-	-	-
23	1 : 43	19	20	22	24	26	30	33	38	43	48	53	59	65	72	78	86	94	103	113	122	133	139	150	-	-	-	-	-	-
24	1 : 42	20	21	23	25	27	31	34	39	44	49	54	60	66	73	80	88	96	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	1 : 40	20	22	24	26	28	32	35	40	45	50	55	61	67	74	81	89	97	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	1 : 38	21	23	25	27	29	33	37	42	46	52	57	63	69	76	83	91	99	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	1 : 37	22	23	25	28	30	34	38	43	47	53	58	64	70	77	84	92	101	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	1 : 36	23	24	26	29	31	35	39	44	49	55	60	66	72	79	85	94	103	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	1 : 34	24	25	27	30	32	36	40	45	50	56	61	67	74	81	86	96	105	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	1 : 33	24	26	28	31	33	37	41	46	51	57	62	68	75	82	87	97	106	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Maßgebende Neigung (Bsp.)



Bremshundertstel und Bremstafel

Maßgebendes Gefälle		Für eine zugelassene Geschwindigkeit bis zu																												
in %	im Verhältnis	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160
		Kilometer in der Stunde (km/h) sind folgende Mindestbremshundertstel erforderlich:																												
0	1 : ∞	6	6	6	6	6	6	8	11	13	18	22	26	32	38	44	51	58	65	73	82	90	101	111	123	134	146	158	172	185
1	1 : 1000	6	6	6	6	6	7	9	12	15	19	23	28	33	39	46	52	60	67	75	83	92	102	113	124	136	148	160	173	187
2	1 : 500	6	6	6	6	6	8	10	13	16	20	24	29	34	41	47	54	61	68	76	85	94	104	115	126	138	150	162	175	189
3	1 : 333	6	6	6	6	7	9	11	14	17	21	26	30	36	42	49	55	63	70	78	87	96	106	116	128	140	151	164	177	191
4	1 : 250	6	6	6	6	8	10	12	15	18	23	27	32	37	44	50	57	64	72	80	88	98	107	118	129	141	153	166	179	192
5	1 : 200	6	6	6	7	9	11	13	16	20	24	28	33	39	45	52	58	66	73	82	90	99	109	120	131	143	155	167	180	194
6	1 : 167	6	6	7	8	10	12	14	17	21	25	30	35	40	46	53	60	67	75	83	92	101	111	122	133	145	157	169	182	196
7	1 : 143	6	7	8	9	11	13	15	19	22	26	31	36	41	48	54	61	69	76	85	94	103	112	123	135	147	158	171	184	198
8	1 : 125	6	7	9	10	12	14	16	20	23	28	32	37	43	49	56	63	70	78	86	95	105	114	125	136	148	160	173	186	200
9	1 : 111	7	8	10	11	13	15	17	21	25	29	34	39	45	51	58	65	72	80	88	97	107	116	127	138	150	162	174	188	201
10	1 : 100	8	9	10	12	14	16	18	22	26	30	35	40	46	52	59	66	74	81	90	99	108	117	128	140	152	164	176	189	203
11	1 : 91	9	10	11	13	15	17	20	23	27	32	37	42	47	54	61	68	76	83	92	101	110	119	130	141	154	165	178	191	205
12	1 : 83	10	11	12	14	16	18	21	24	28	33	38	43	48	55	62	69	77	85	93	102	112	121	132	143	155	167	180	193	207
12,5	1 : 80	11	12	13	15	17	19	22	25	29	34	39	44	49	56	63	70	78	86	94	103	113	122	133	144	156	168	180	194	208
13	1 : 77	11	12	13	15	17	19	22	26	30	34	39	45	50	57	64	71	79	87	95	104	114	122	133	145	157	169	181	195	209
14	1 : 71	12	13	14	16	18	20	23	27	31	35	40	46	52	58	65	72	80	89	97	106	116	124	135	147	159	171	183	196	210
15	1 : 67	12	13	14	16	18	21	24	28	32	36	41	47	53	59	66	73	81	90	98	107	117	126	137	148	160	172	185	198	212
16	1 : 63	13	14	15	17	19	22	25	29	33	38	43	49	54	61	68	75	83	92	100	109	119	127	138	150	162	-	-	-	-
17	1 : 59	13	15	16	18	20	23	26	30	34	39	44	50	55	62	69	76	84	93	101	111	121	129	140	152	164	-	-	-	-
18	1 : 56	14	16	17	19	21	25	28	32	36	41	46	52	57	64	71	78	86	95	103	113	123	131	142	153	166	-	-	-	-
19	1 : 53	15	17	18	20	22	26	29	33	37	42	47	53	59	66	73	80	88	97	105	115	125	132	144	155	167	-	-	-	-
20	1 : 50	16	17	19	21	23	27	30	34	38	43	48	54	60	67	74	81	89	98	107	116	127	134	145	157	169	-	-	-	-
21	1 : 48	17	18	20	22	24	28	31	35	40	45	50	56	62	69	75	83	91	100	109	118	129	136	147	-	-	-	-	-	-
22	1 : 45	18	19	21	23	25	29	32	36	41	46	51	57	63	70	76	84	92	101	111	120	131	138	149	-	-	-	-	-	-
23	1 : 43	19	20	22	24	26	30	33	38	43	48	53	59	65	72	78	86	94	103	113	122	133	139	150	-	-	-	-	-	-
24	1 : 42	20	21	23	25	27	31	34	39	44	49	54	60	66	73	80	88	96	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	1 : 40	20	22	24	26	28	32	35	40	45	50	55	61	67	74	81	89	97	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	1 : 38	21	23	25	27	29	33	37	42	46	52	57	63	69	76	83	91	99	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	1 : 37	22	23	25	28	30	34	38	43	47	53	58	64	70	77	84	92	101	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	1 : 36	23	24	26	29	31	35	39	44	49	55	60	66	72	79	85	94	103	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	1 : 34	24	25	27	30	32	36	40	45	50	56	61	67	74	81	86	96	105	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	1 : 33	24	26	28	31	33	37	41	46	51	57	62	68	75	82	87	97	106	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

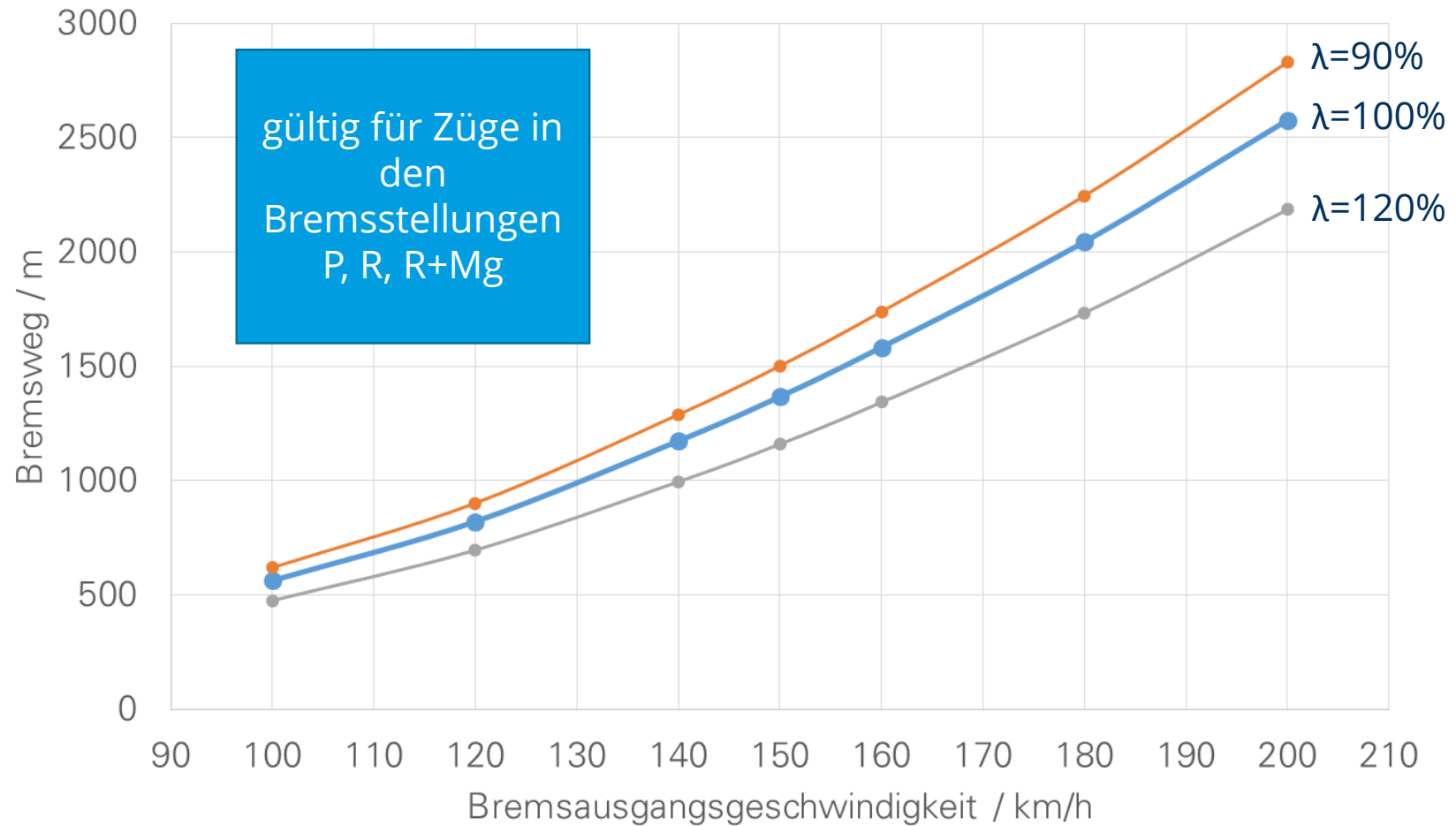
Ausfall Wagenbremse
Bistro-Wagen:

Bremshundertstel neu: 176%

zusätzlich Ausfall
der hydrodynamischen Bremse:

Bremshundertstel neu: 165%

Bremshundertstel und Bremsweg



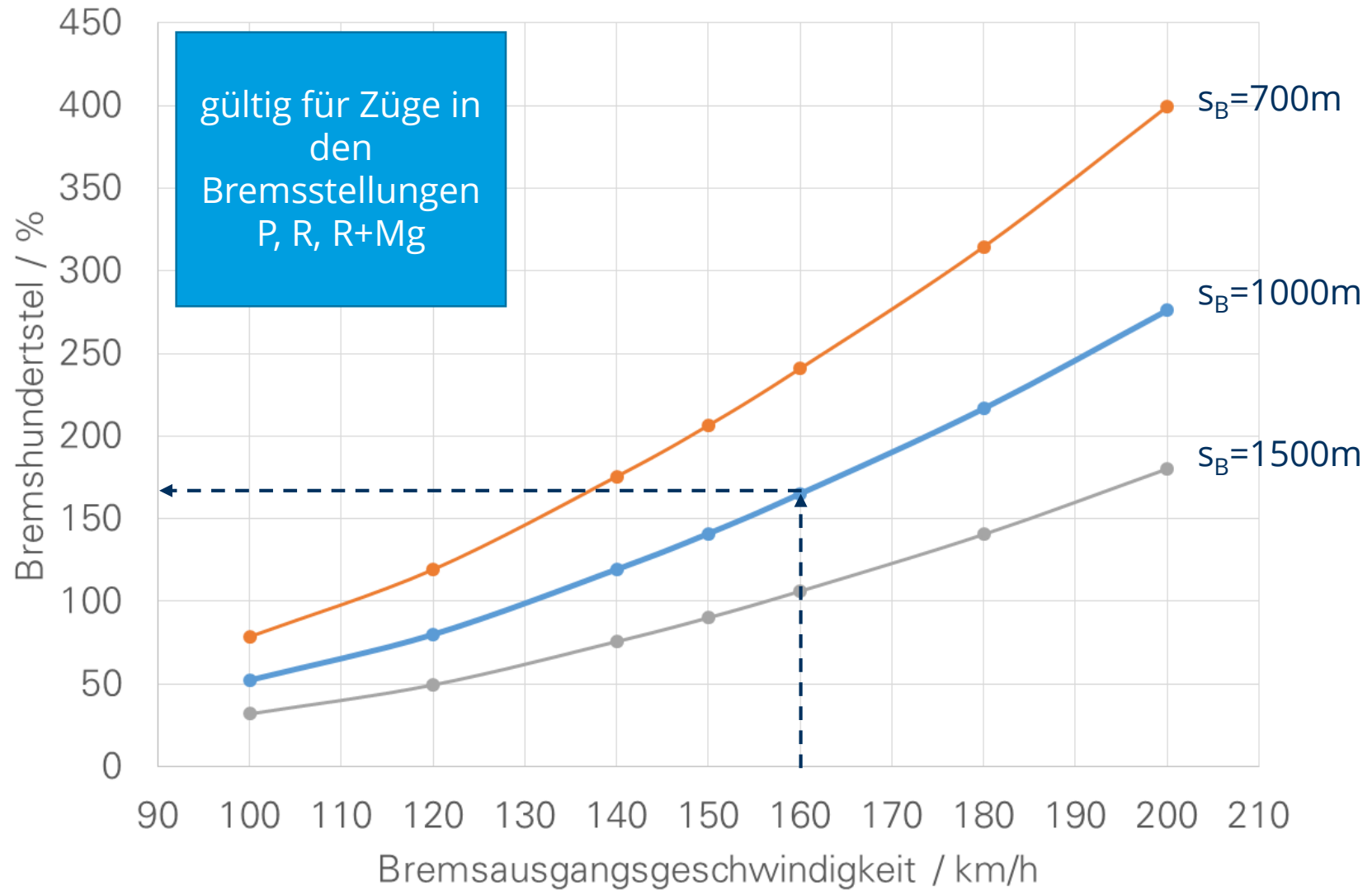
separate Bewertung von:

Einzelfahrzeugen (bis 160 km/h),

Einzelfahrzeugen mit UIC-Scheibenbremsen oder K-Sohlen für $v_{\max} < 100$ km/h,

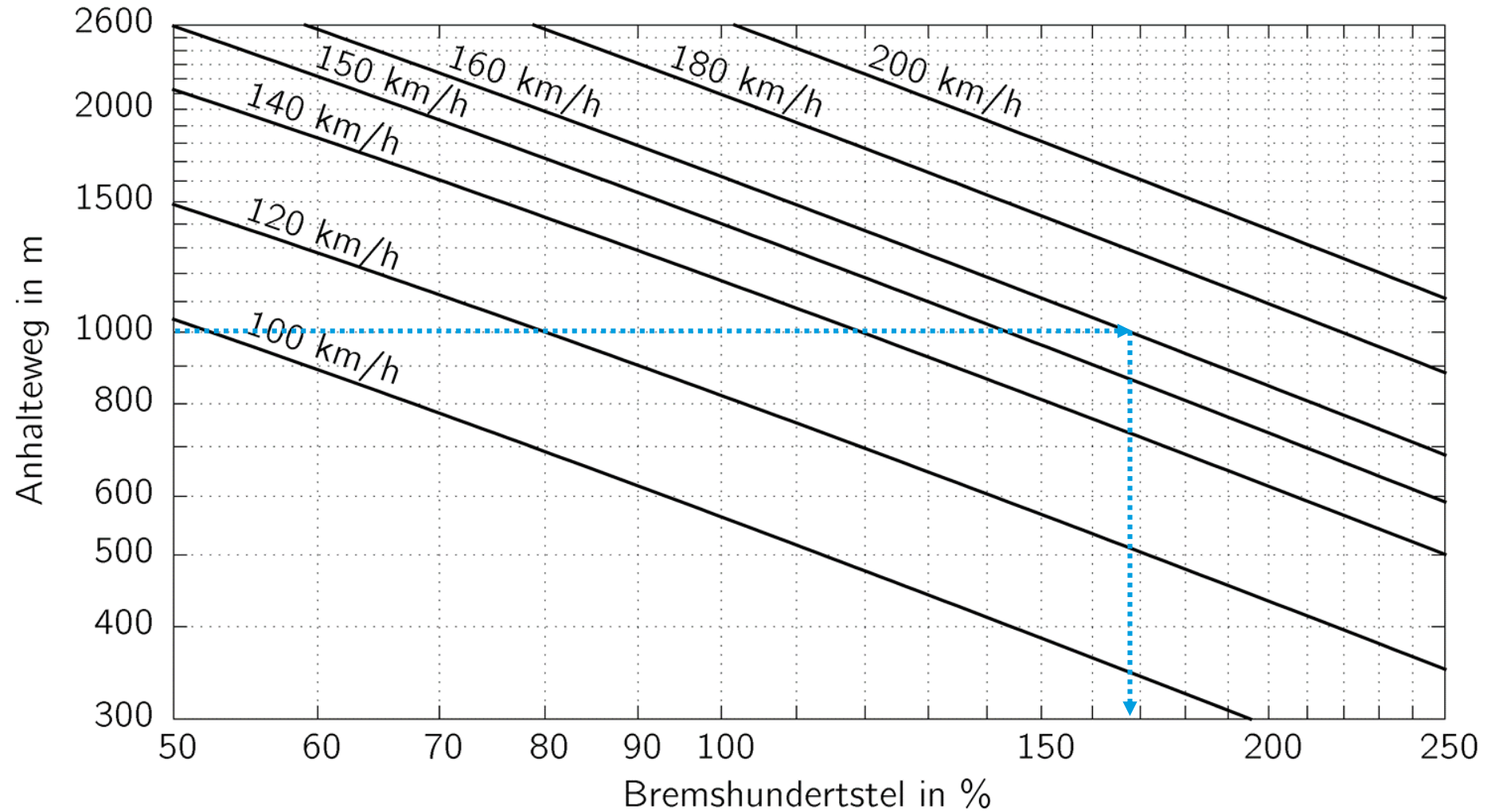
Einzelfahrzeugen mit $v_{\max} < 100$ km/h und P10-Sohlen in den Bremsstellungen P und R

Bremshundertstel und Bremsweg



Bremsbewertungsblatt nach UIC 544-1

Bremsbewertung von Zügen nach UIC 544-1: Bewertungsblatt



Bremsbewertung durch Versuche

Versuchsbedingungen:

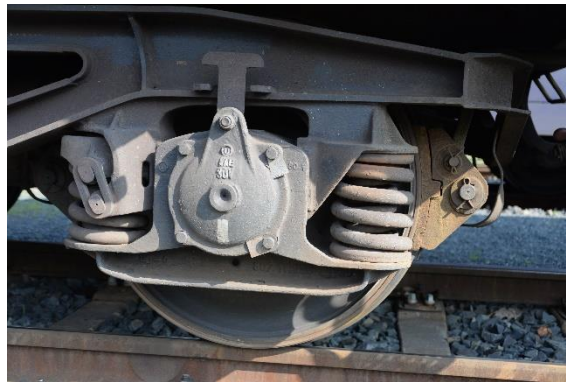
gerades, ebenes Gleis



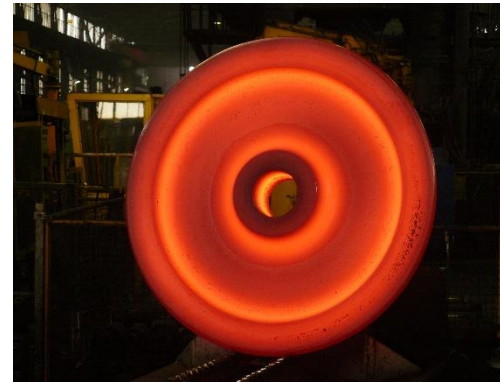
trockene Schienen



möglichst windstill



Klotzbremse:
Laufleistung der Räder
mindestens 1200 km



Rad-/Bremsscheiben-
temperaturen:
 $\varnothing < 60^{\circ}\text{C}$, max. 100°C



eingeschliffene
Bremssohlen /
Bremsbeläge

Beispiel: Bremsbewertung E-Lok



Technische Grunddaten

Bremsbauart: KE – GPR – E

Radsatzfolge: Bo'Bo'

Masse: 88 t

Massenfaktor: 1,1

v_{\max} : 140 km/h

pneumatische Scheibenbremse mit Radbremsscheiben

Forderungen gemäß Lastenheft:

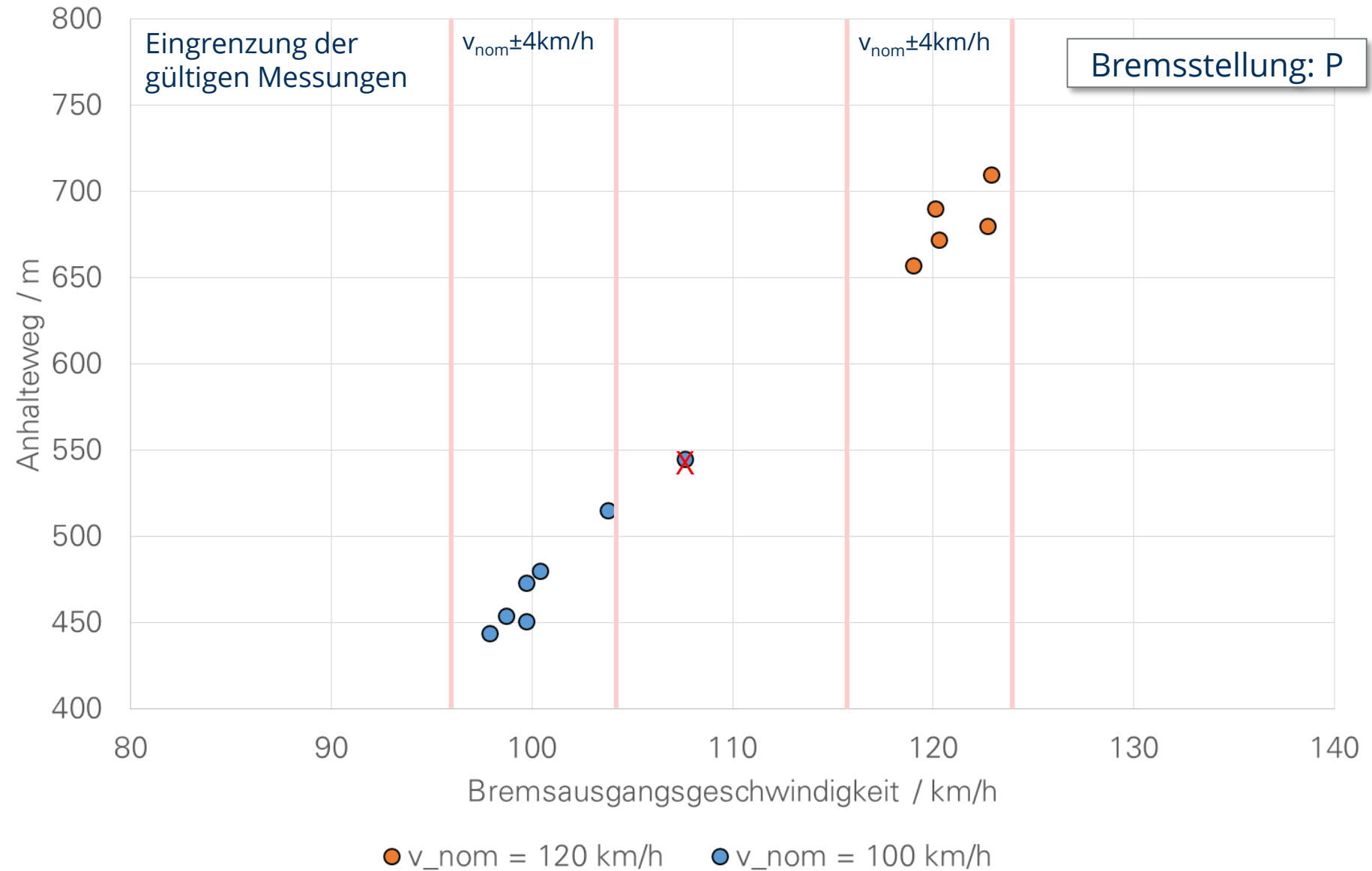
Bremsweg aus 120 km/h in Bremsart P: 690...780 m

Bremsweg aus 120 km/h in Bremsart R: 560 m

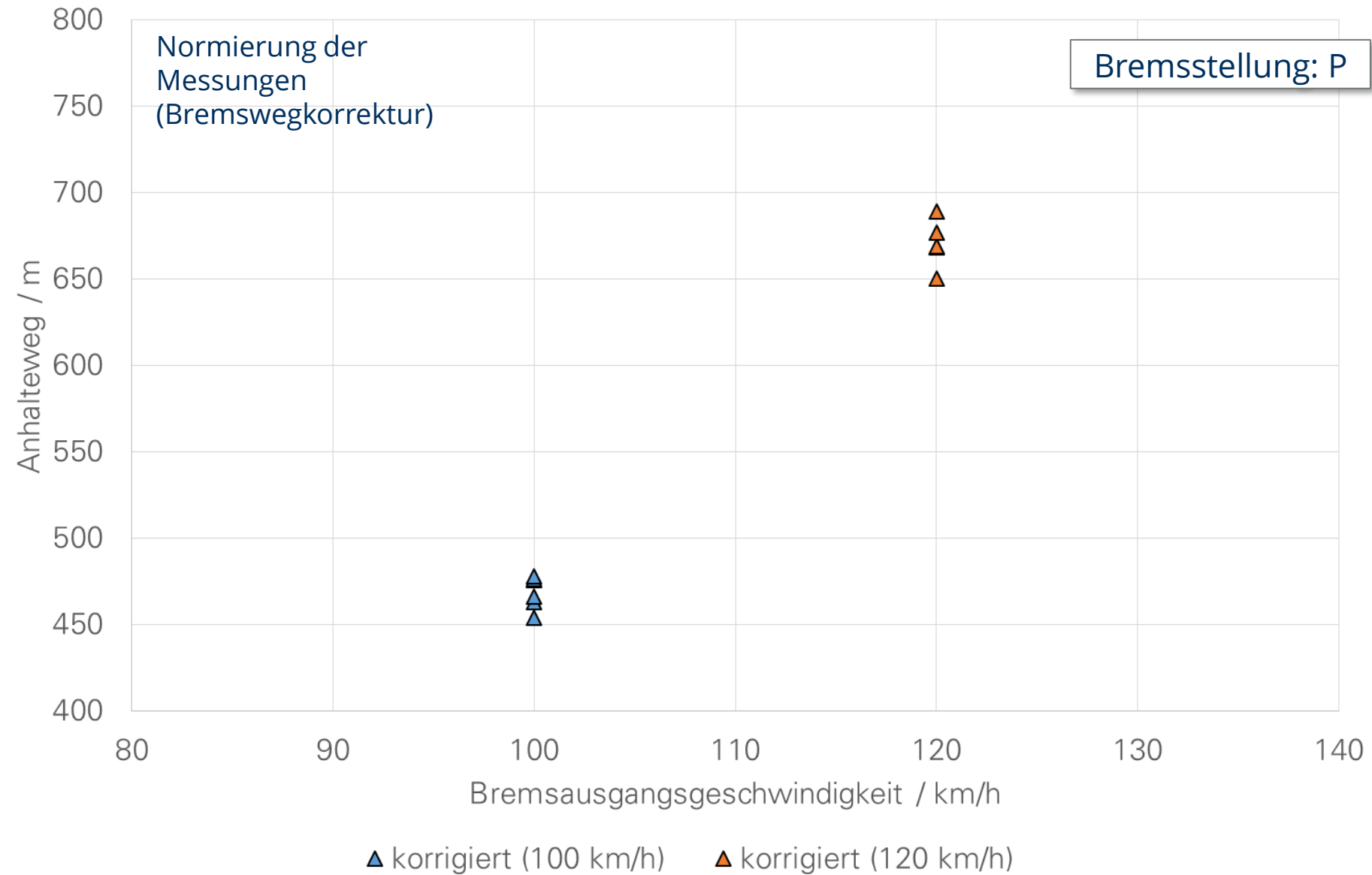
Fragestellung:

Neue Bremsbelagsorte
mindestens so gut wie
herkömmliche?

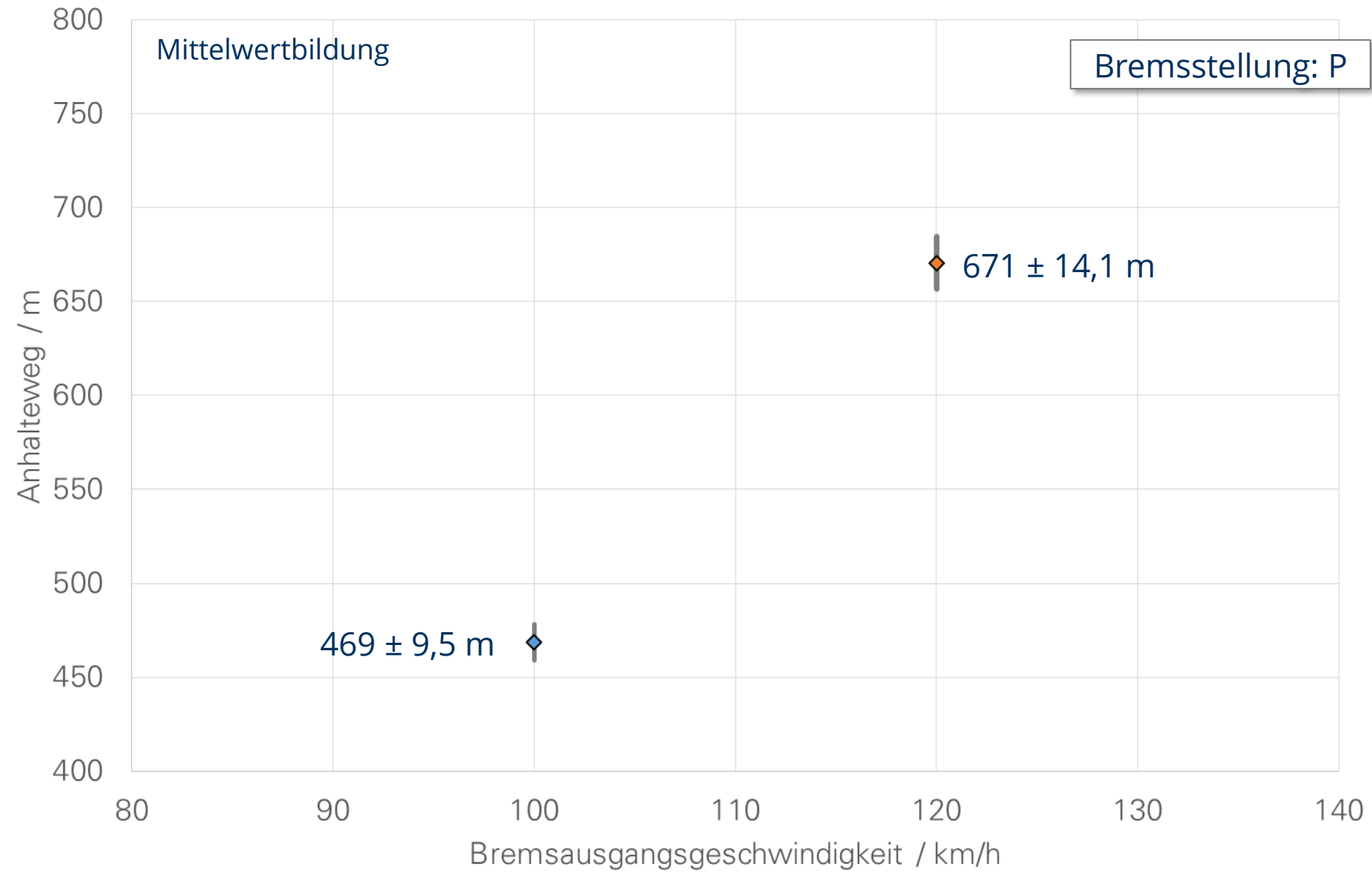
Bremsversuche in Bremsstellung P



Bremsversuche in Bremsstellung P



Bremsversuche in Bremsstellung P



Bremsbewertung

UIC 544-1, Anlage A, Punkt A.2:

$$v_0=120 \text{ km/h: } \lambda = \frac{C}{s} - D$$

$$\lambda = \frac{91633}{s} - 11,6 = \frac{91633}{671} - 11,6$$

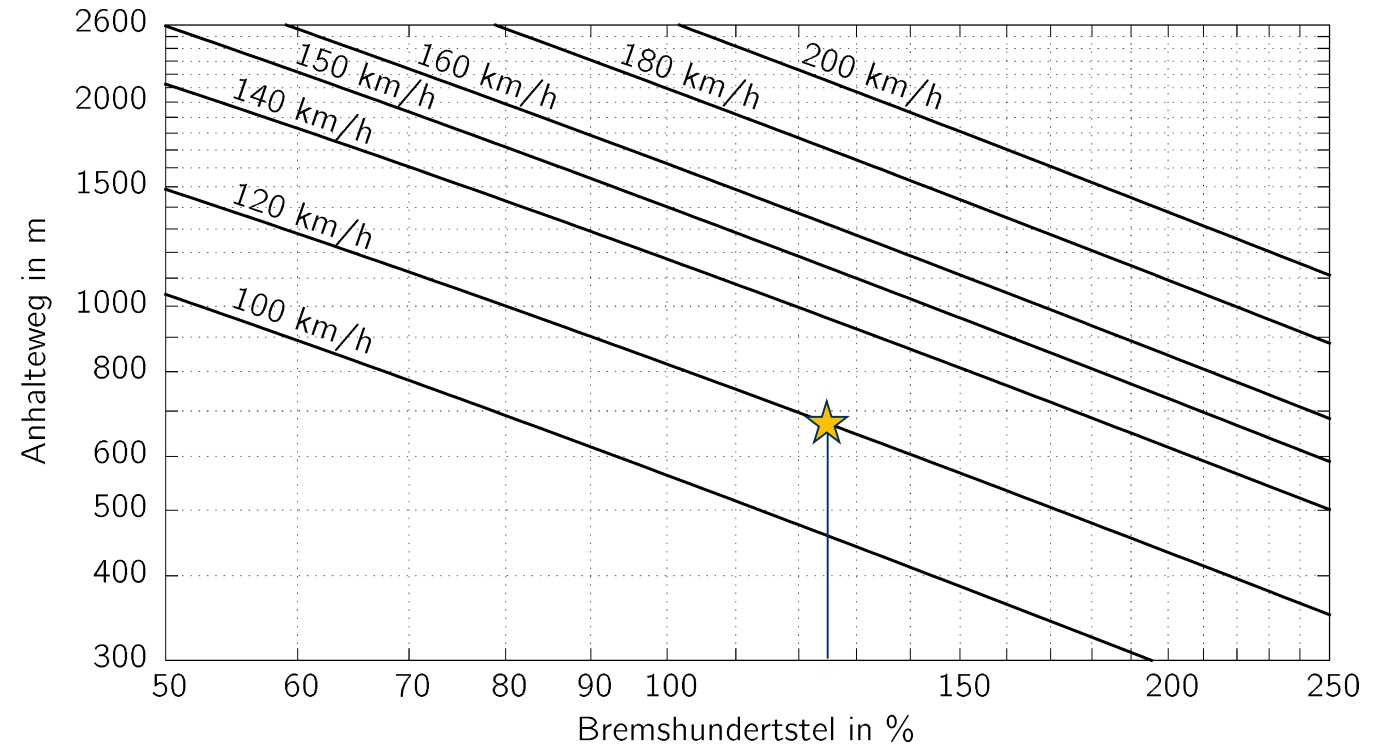
$$\lambda = 125$$

Bremsgewicht: 110 t

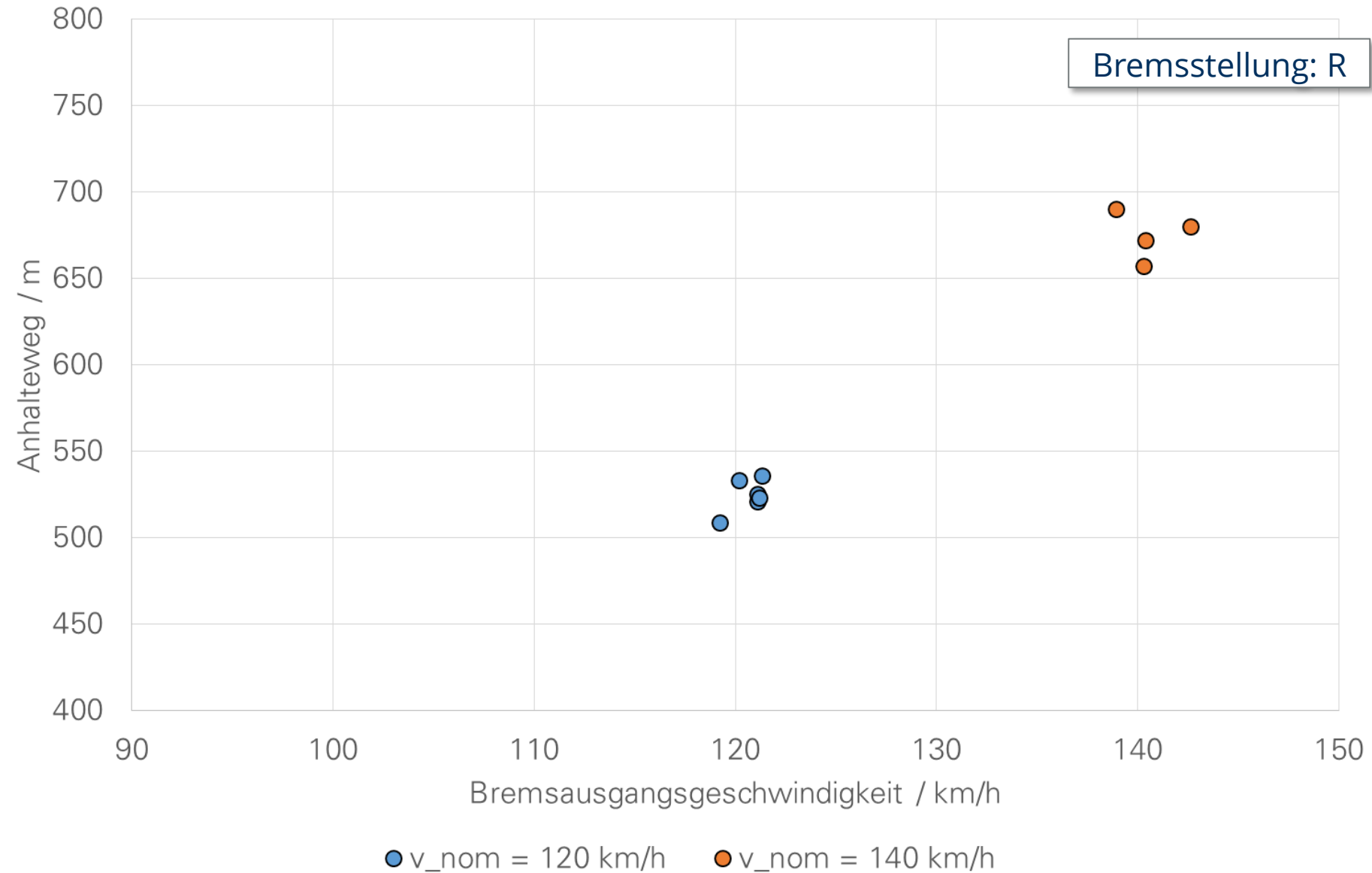
angeschrieben: 103 t



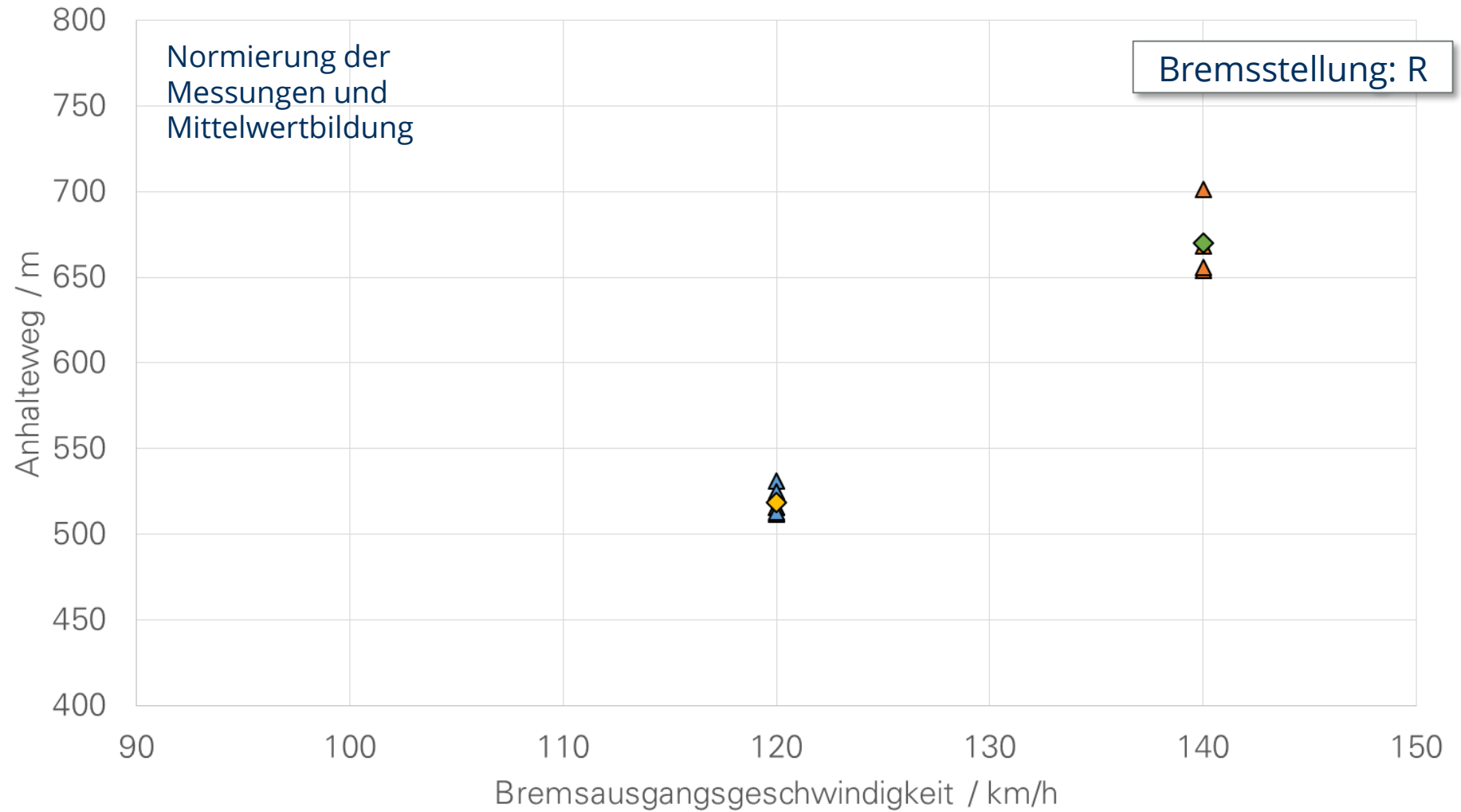
Bremsbewertung von Zügen nach UIC 544-1: Bewertungsblatt



Bremsversuche in Bremsstellung R



Bremsversuche in Bremsstellung R



- ▲ korrigiert (120 km/h) ▲ korrigiert (140 km/h)
- ◆ Mittelwert (120 km/h) ◆ Mittelwert (140 km/h)

Bremsversuche in Bremsstellung R

UIC 544-1, Anlage A, Punkt A.2:

$$v_0=120 \text{ km/h: } \lambda = \frac{91633}{s} - 11,6 = \frac{91633}{519} - 11,6$$

$$\lambda = 165$$

$$v_0=140 \text{ km/h: } \lambda = \frac{130995}{s} - 11,6 = \frac{130995}{670} - 11,6$$

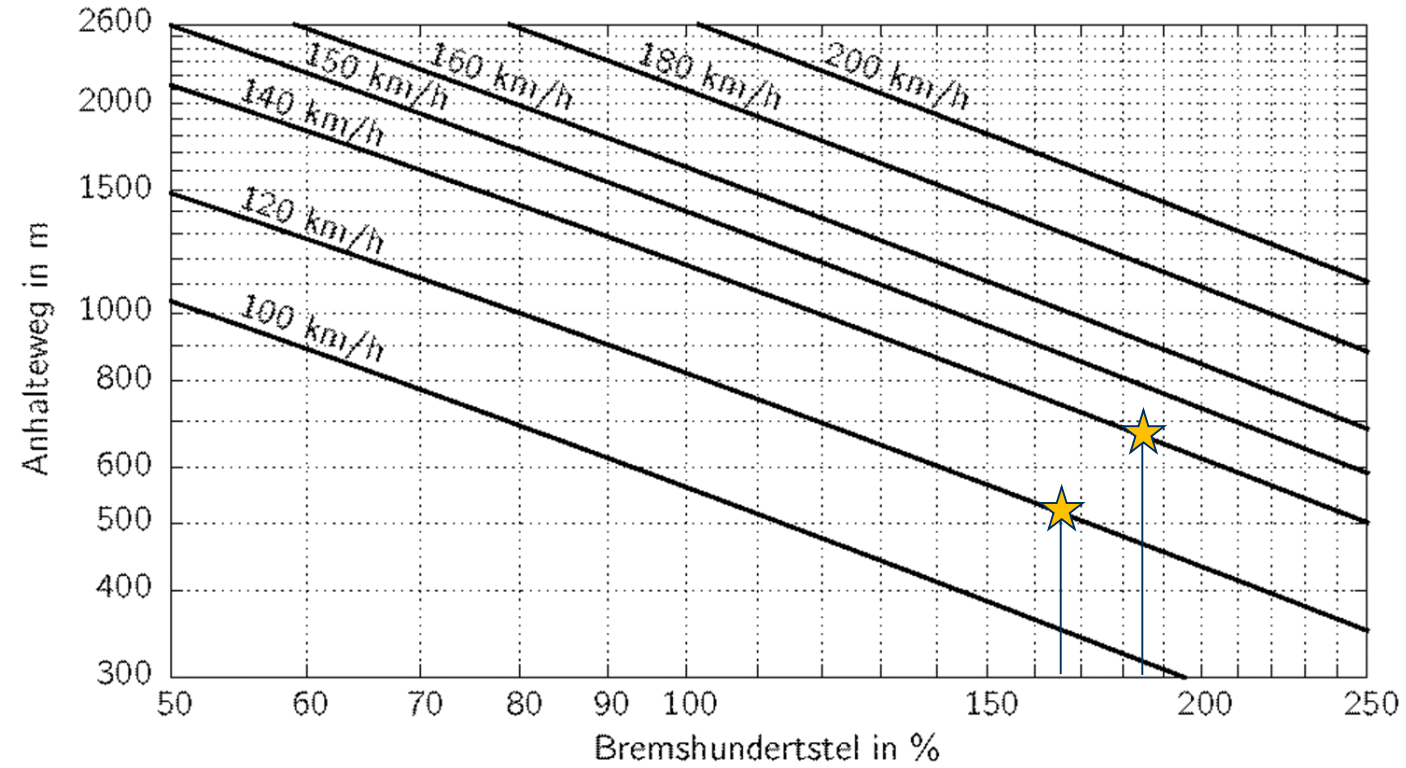
$$\lambda = 184$$

Bremsgewicht: 145 t

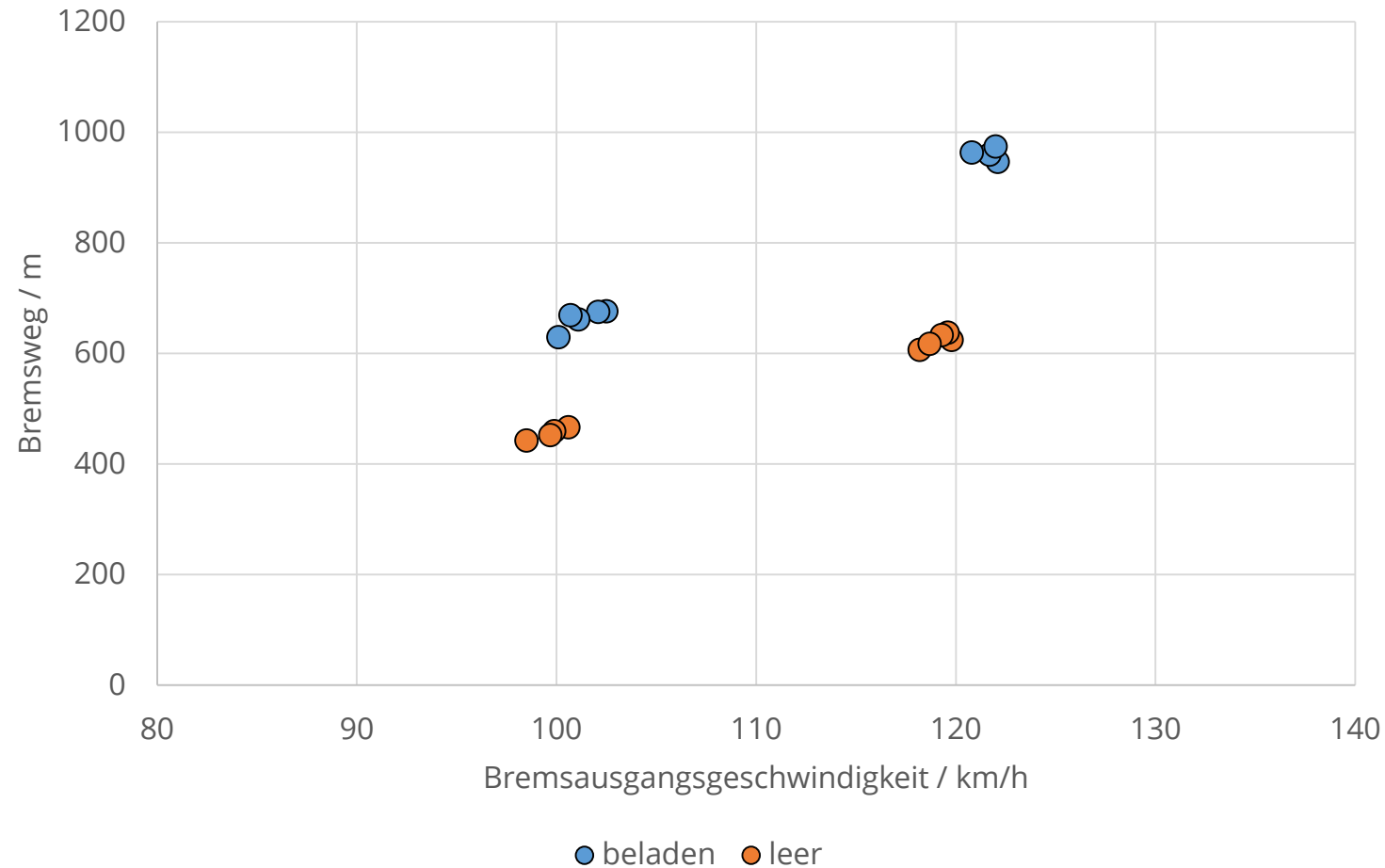
angeschrieben: 125 t



Bremsbewertung von Zügen nach UIC 544-1: Bewertungsblatt



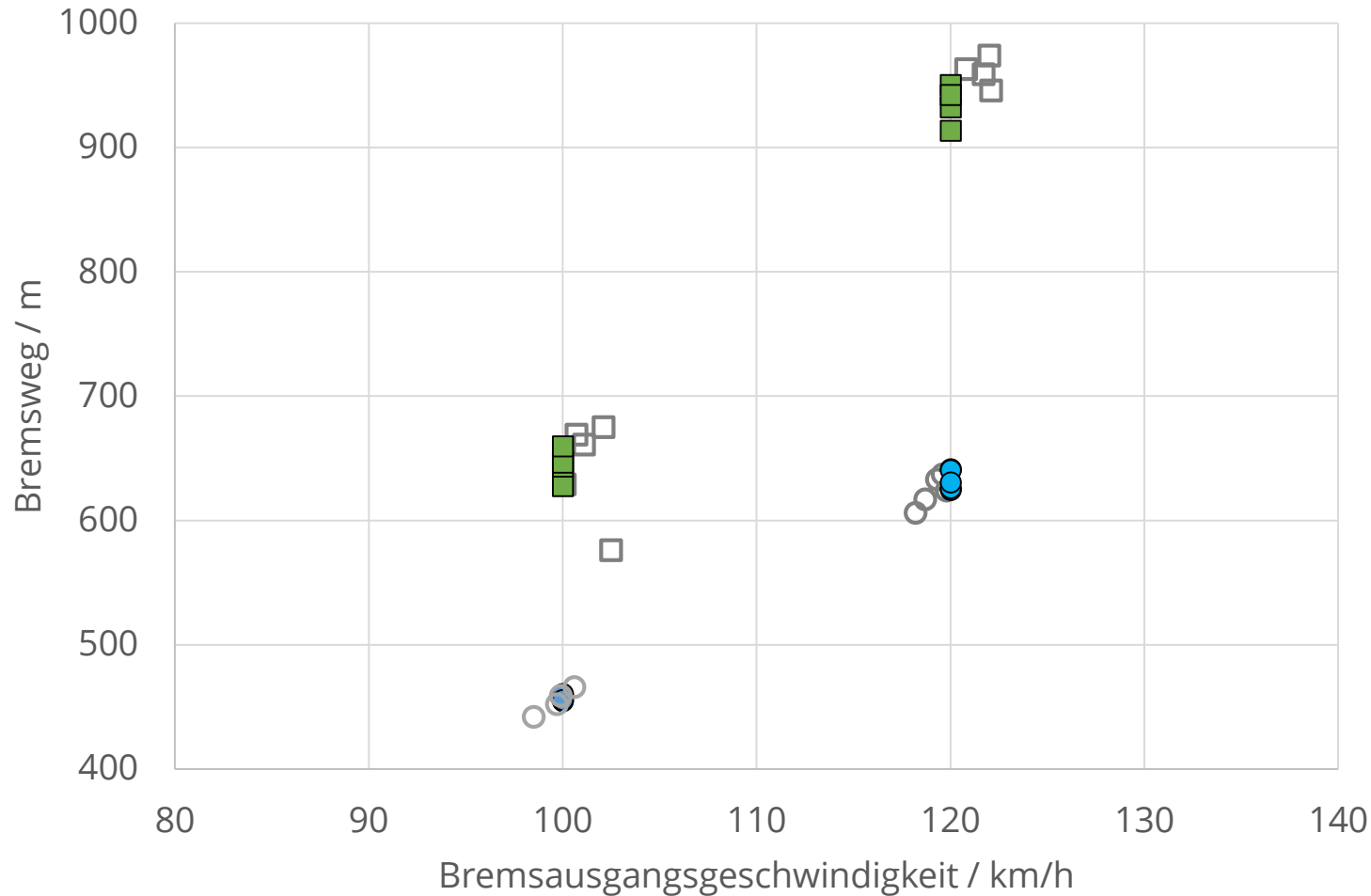
Berechnungsbeispiel: Güterwagen mit automatischer pneumatischer Lastabbremung



Radsatzfolge:	2'2'
Bremssohlen:	K-Sohlen
Eigenmasse:	23,9 t
max. Radsatzfahrmasse:	22,5 t
v_{\max} (leer):	120 km/h
v_{\max} (beladen):	100 km/h

[siehe Umdrucksammlung](#)

Berechnungsbeispiel: Güterwagen mit automatischer pneumatischer Lastabbremmung

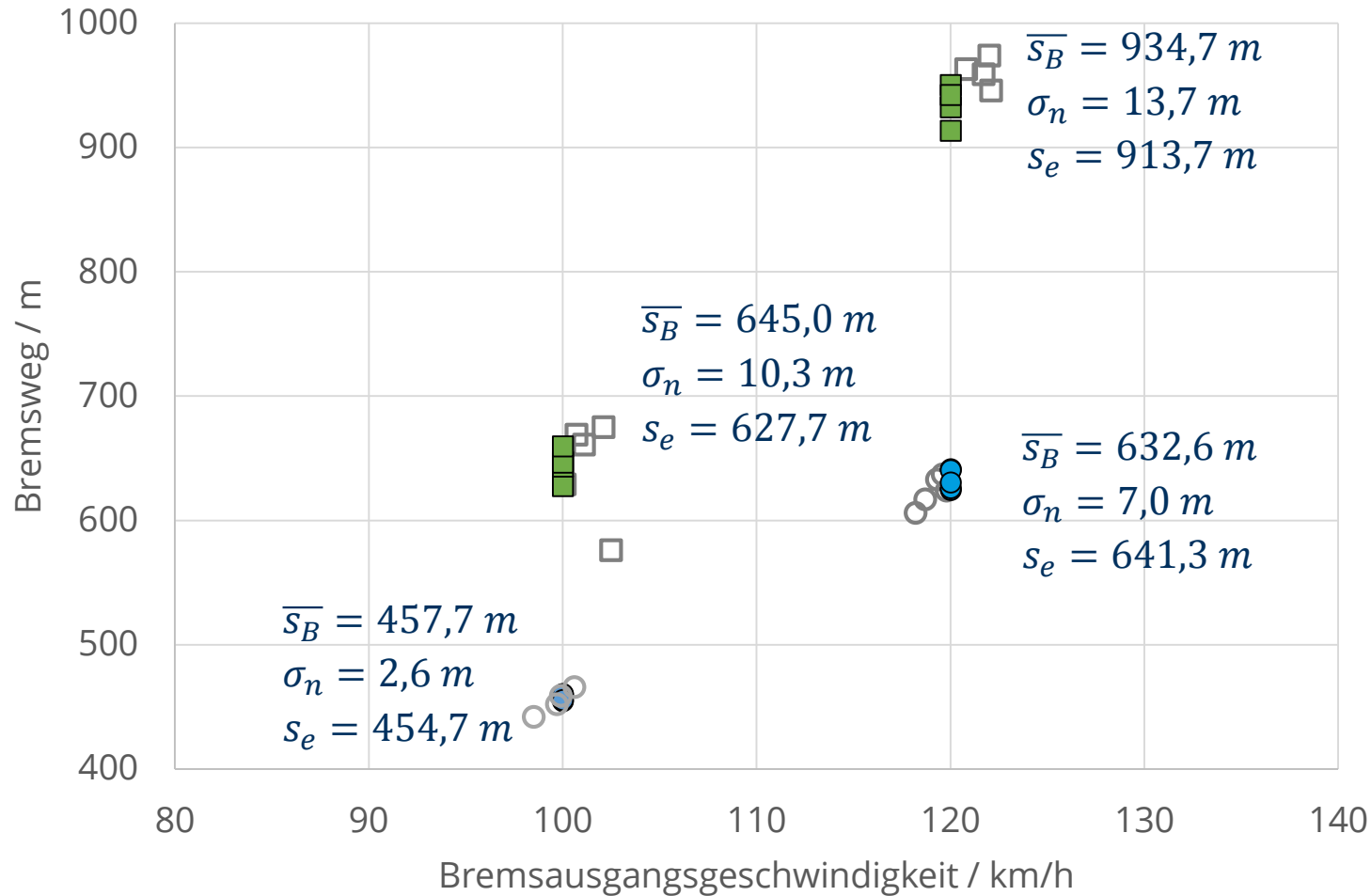


Schritt 1:

Normierung der gemessenen Bremswege

$$S_{j,korr} = \frac{3,933 \cdot \xi \cdot v_{j,nom}^2}{3,933 \cdot \xi \cdot v_{j,mess}^2 - i'_m \cdot S_{j,mess}} \cdot S_{j,mess}$$

Berechnungsbeispiel: Güterwagen mit automatischer pneumatischer Lastabbremmung



Schritt 2:

Überprüfung der Gültigkeit der Versuchsreihen

$$\frac{\text{Standardabweichung der Reihe}}{\text{Mittelwert der Versuchsreihe}} \leq 3\%$$

$$|\text{Extremwert-Mittelwert}| \leq 1,95 \cdot \text{Standardabw.}$$

Berechnungsbeispiel: Güterwagen mit automatischer pneumatischer Lastabbremmung

$$\overline{s_{B,korr,2}} = \left(\frac{t_{S,Nenn}}{2} - \frac{t_{S,mess}}{2} \right) \cdot v_{nom} + \overline{s_{B,korr}}$$

$$\overline{s_{B,korr}} = t_e \cdot v_{nom} + \frac{F_{B,Mess} + F_{WF,m}}{F_{B,m,korr} + F_{WF,m}} \cdot (\overline{s_B} - v_{nom} \cdot t_e)$$

$$F_{B,m,korr} = F_{B,m,mess} \cdot \frac{\eta_{dyn}}{\eta_{dyn,Mess}} \cdot \frac{p_{C,nom} - p_{Feder}}{p_{C,Mess} - p_{Feder}}$$



Schritt 3:

Korrektur der mittleren Bremswege auf „allgemeinen“ Fahrzeugzustand

Berechnungsbeispiel: Güterwagen mit automatischer pneumatischer Lastabbremung

Bremsausgangsgeschwindigkeit 100 km/h:

$$\lambda = \frac{52840}{S_{B,korr,2}} - 10$$

Bremsausgangsgeschwindigkeit 120 km/h:

$$\lambda = \frac{83634}{S_{B,korr,2}} - 19$$



Schritt 4:
Ermittlung des Bremsgewichtes