

1. VERANLASSUNG

Ende der 80-iger Jahre beschaffte die FO vier sogenannte Panorama-Wagen. Dabei wurden alte, z. Teil verlängerte Untergestelle wieder- verwendet.

Ebenso wurden die Drehgestelle vom Typ SIG "Schelling" ohne wesentliche Anpassungen weiterverwendet.

Durch den Umbau wurde das Leergewicht der Wagen aber beträchtlich erhöht.

Da in jüngster Zeit (ab Ende 1991) diverse Probleme mit der Abfederung auftraten, (u. a. Schiefhängen des Wagens), beauftragte die Bahn die SIG mit der Nachrechnung der Drehgestelle und dem Erarbeiten von Verbesserungsmöglichkeiten (Bestellung der FO vom 25. 11. 1991 8250/Ju SIG-Auftr.: 111.279.141).

2. ANNAHMEN

Alle Untersuchungen basieren auf den Gewichten des Wagens Nr. 4014, inkl. geschlossenem WC-System.

2.1 Belastungsvorgaben durch FO:

Die Panoramawagen sind jeweils mit einem Adhäsionsdrehgestell(DGA), eingesetzt unter Wagenkastenseite 2, und einem Bremszahnrad(drehgestell(DGBZ), eingesetzt unter Wagenkastenseite 1, ausgerüstet.

Es erfolgt eine max.Zuladung von 5840 kg (48 Personen zu je 80 kg und 2000 kg Gepäck), die als gleichmäßig verteilt angenommen wird.

Das Taragewicht beträgt 18700 kg + 750 kg geschl. WC (inkl. 250 kg Wasser), insgesamt 19450 kg.

-Drehgestellgewichte:  $\rightarrow + 5840 = 25'290$

	DGBZ	DGA
gesamt [kg]	2200	1800
unabgefedert[kg]	850	850

-primär abgefederte Massen je Seite:

	Seite 1	Seite 2
Tara [kg]	9075	8675
Brutto[kg]	11995	11595

-sekundär abgefederte Massen je Seite:

	Seite 1	Seite 2
Tara [kg]	7725	7725
Brutto[kg]	10645	10645

$$a+b+c+d = 25'290$$

Zugförderungs- und  
Werkstattendienst

20 NOV 1997

Zermatt-Bahn

*Lies*

4.2 Nachrechnung der Achsen

Bei den vorhandenen Schelling-Drehgestellen sind Radsätze gemäss Zeichnung Rw 2910 resp. Rw 2911 der Firma Krupp eingebaut, sogenannte Leichtradsätze.  
Diese Radsätze wurden ursprünglich mit Hohlachsen geliefert. Ein Teil davon wurde später aber mit Vollachsen ausgerüstet.

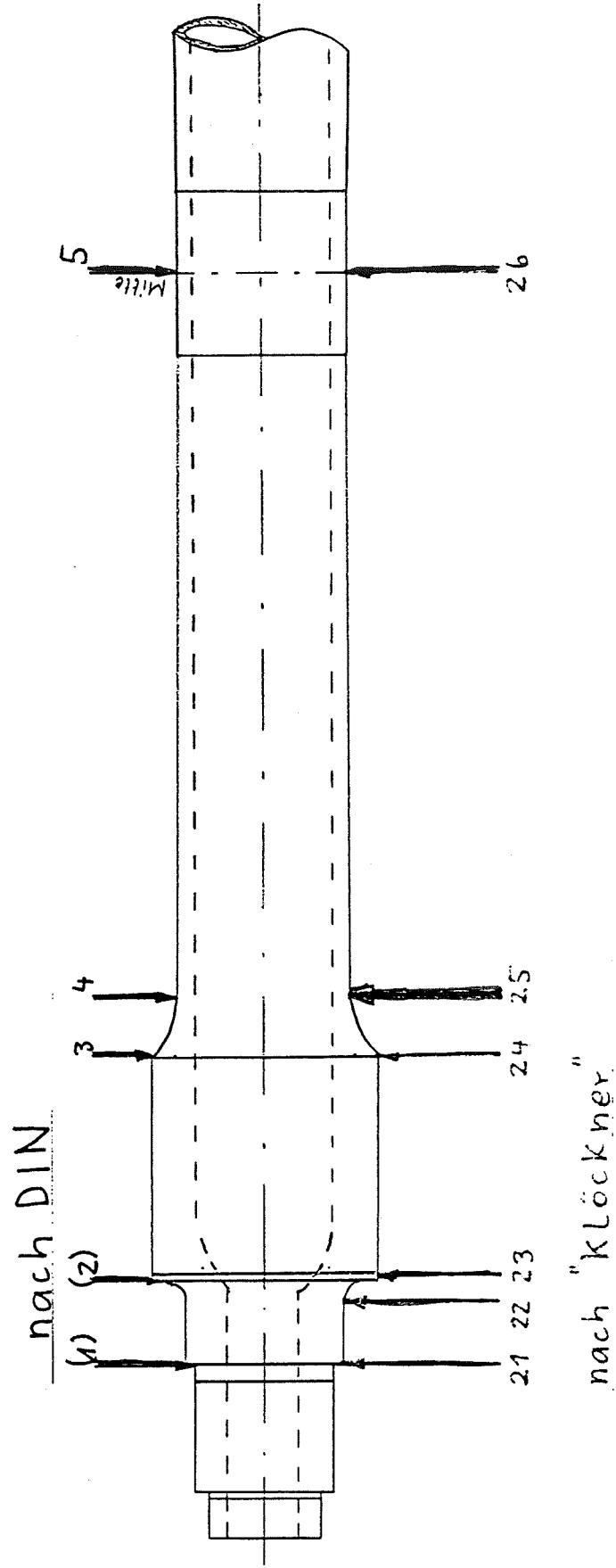
Die Nachrechnung erfolgt mit dem Programm 50 113.  
Dabei gelangen zwei Methoden zur Anwendung:

1. nach DIN 5577  
Mit dieser Methode können Hohlachsen nachgerechnet werden. Dabei muss die Bohrung aber einen konstanten Durchmesser aufweisen. In unserem Fall beträgt der Durchmesser 85 mm, verjüngt sich aber im Bereich der Stellen 1 und 2 auf 45 mm. Dadurch sind die hier errechneten Werte falsch. Es werden stattdessen die Werte für den Fall Vollachse angenommen, da der Einfluss der Bohrung auf das Widerstandsmoment sehr gering ist. Auch ist diese Methode ursprünglich für normalspurige Radsätze entwickelt worden.
2. nach Klöckner  
Mit dieser Methode lassen sich nur Vollachsen berechnen. Sie kann aber für alle Spurweiten angewendet werden. Um den Einfluss der Hohlachse wenigstens annäherungsweise erfassen zu können wird eine Berechnung durchgeführt, bei der der Durchmesser derart reduziert wird, dass das daraus berechnete Widerstandsmoment dem der Hohlachse entspricht.

*Berechnung des Ersatzdurchmessers:*

$$d_{\text{ersatz}} = \sqrt[3]{\frac{32 W_{\text{vork}}}{\pi}}$$

$$W_{\text{vork}} = \frac{\pi}{32} \left( \frac{D_a^4 - D_i^4}{D_i} \right)$$

Achswelle - untersuchte Stellen





SIG - Neuhausen

Blatt-Nr. 4

Radsatzberechnung  
\*\*\*\*\*

Radsatz-Berechnung nach ~~DIN 5577~~ (Version 2.02)  
für Güter- und Reisezugwagen im Zugverband

Auftrags-Nr. : 111.279.141  
Bezeichnung : FO-Pano; Typ 4014  
Bearbeitet : 12.02.1992 13.01.92 hei  
Bemerkung : ~~Hohlachse~~

EINGABEDATEN  
\*\*\*\*\*

vorderes Drehgestell; vorderer Radsatz  
Werkstoff der Radsatzwelle  
Bruchfestigkeit  
Dauerfestigkeit des polierten Probestabes

C35  
550.0 [N/mm<sup>2</sup>]  
240.0 [N/mm<sup>2</sup>]

Ruhende Achslast	M1	62.0 kN
Radsatzgewicht inkl. Aufbauteile	M2	4.2 kN
Gewicht des besetzten Wagenkastens 1)	Mw	208.7 kN
Gefederte Drehgestellmassen	Mg	11.3 kN
Laufkreisdurchmesser	D	675.0 mm
Lagermittenabstand	L	1400.0 mm
Stützweite	S	1050.0 mm
Frühbohrungs - $\phi$ der Welle ( $\emptyset$ = Vollwelle)	do	85.0 mm
Höhe des Wagenschwerpunktes über SOK	H1	1800.0 mm
Anzahl der Klotzbremsen pro Radsatz	K	2
Radsatzabstand	lr	1800.0 mm
Abstand der Drehzapfen (nur bei Drehgestellen)	ld	12100.0 mm
Höhe Drehzapfen über SOK (nur bei Drehgestellen)	hd	458.0 mm
Anzahl der Brems Scheiben pro Radsatz	BS	$\emptyset$
Bremskraft an der Scheibenbremse	FB	0.00 kN
mittlerer Brems Scheibenreib-Radius	rb	0.0 mm
Abstand der 1. Brems Scheibe vom linken Lager	lb1	0.0 mm
Abstand der 2. Brems Scheibe vom linken Lager	lb2	0.0 mm
Maximale Verzögerung	B	1.0 m/s <sup>2</sup>
Höchstgeschwindigkeit	Vmax	80.0 km/h
Bremskraft des Drehgestells, a.d. Schiene wirkend 2) Fd		0.0 kN

Bemerkungen :

- 1) Wagenkastenanteil zur Erfassung der Nickbewegung bei Verzögerung
- 2) Falls kein DG-Fahrzeug, dann pro Radsatz



SIG - Neuhausen

Blatt-Nr. 5

Radsatzberechnung  
\*\*\*\*\*Bemerkungen zu Blatt 4, 5 und 6  
\*\*\*\*\*

## 1. Bedeutung der Ident - Nummern

Vertikale Belastung

Ident -Nr.

1. Berechnung der dyn.Radsatzbelastung gemäss ORE-Bericht B136
  - .1 - Radsatzwellen für Güter- und Reisezugwagen im Zugverband
  - .2 - Radsatzwellen für führenden Reisezugwagen (Steuerwagen)
2. Berechnung der dyn.Radsatzbelastung nach DIN 5577
  - .1 - Radsatzwellen für Güter- und Reisezugwagen im Zugverband
  - .2 - Radsatzwellen für führenden Reisezugwagen (Steuerwagen)
3. Berechnung der dyn.Radsatzbelastung aus den Beiwerten x, y und z gemäss DB-Blatt FW 28.02.8
4. Berechnung der dyn.Radsatzbelastung nach Klöckner-Methode  
\*\*\*
5. Gewichtsverteilung von Radsatz und Aufbauteile
6. Belastung durch Massenkräfte bei Verzögerung
7. Belastung durch Scheibenbremskräfte
8. Abstützung des Antriebs- bzw. Bremsmomentes des Motors
9. Abstützung der Zahnradkräfte
10. Belastung durch die Drehmomentenstütze
11. Reaktionskräfte infolge Zughakenkraft
12. Belastung durch die Schienenbremse
13. Beliebige vertikale Kräfte

Horizontale Belastung

21. Belastung durch Massenkräfte bei Verzögerung
  22. Belastung infolge Zughakenkraft
  23. Abstützung der Zahnradkräfte
  24. Belastung durch die Drehmomentenstütze
  25. Beliebige horizontale Belastung
2. Koordinatensystem  
Rechtswendiges kartesisches Koordinatensystem  
( +X in Fahrtrichtung, +Y nach rechts, +Z nach unten )  
Momente entgegen dem Uhrzeigersinn positiv
  3. Sonstiges  
Abstand - der Kraftangriffspunkte vom Bezugspunkt  
(linkes Lager bei aussengelagerten Radsätzen)  
Summe 1 Summe der Kräfte bei Seitenkraftangriff von rechts  
Summe 2 Summe der Kräfte bei Seitenkraftangriff von links





SIG - Neuhausen

Blatt-Nr. 7

Radsatzberechnung  
\*\*\*\*\*

KRAEFTE  
\*\*\*\*\*

Horizontales Belastungskollektiv  
\*\*\*\*\*

Rechnungs - Ident - Nr. 2.1	Lager	Rad	1. Brems- scheibe	2. Brems- scheibe	3. Brems- scheibe	Rad	Lager
\Abstand Kraft \ [mm] [kN] \	0.0	175.0	-	-	-	1225.0	1400.0
21	9.30	-9.30	-	-	-	-9.30	9.30
$\Sigma$ der Kräfte	9.30	-9.30				-9.30	9.30





SIG - Neuhausen

Blatt-Nr. 8

Radsatzberechnung  
\*\*\*\*\*MOMENTE  
\*\*\*\*\*

vertikales Belastungskollektiv

Rechnungs - Ident - Nr. 2.1	Lager	linkes Rad		Bremsscheibe 1		Bremsscheibe 2			
		vor	nach	vor	nach	vor	nach		
		Momentensprung							
\Abstand Moment \ [mm] [NM] \	0.0	175.0	175.0	-	-	-	-		
H von rechts	0.0	7910.3	13765.1	0.0	0.0	0.0	0.0		
(H von links)	0.0	4738.9	7666.3	0.0	0.0	0.0	0.0		

Rechnungs - Ident - Nr. 2.1	Bremsscheibe 3		rechtes Rad		Lager
	vor	nach	vor	nach	
		Momentensprung			
\Abstand Moment \ [mm] [NM] \	-	-	1225.0	1225.0	1400.0
H von rechts	0.0	0.0	7666.3	4738.9	-0.0
(H von links)	0.0	0.0	13765.1	7910.3	0.0



SIG - Neuhausen

Blatt-Nr. 9

Radsatzberechnung  
\*\*\*\*\*

MOMENTENVERLAUF aufgrund der BREMSUNG  
\*\*\*\*\*

Rechnungs - Ident - Nr. 2.1	Berechnungsebene: I = 1...7						
	1	2	3	4	5	6	7
Momente [Nm]							
Vertikal aus stat. u. dyn. Belast.	2350.5	4972.2	13358.5	13143.6	10715.7	0.0	0.0
Vertikal aus Wellen - bremsscheibe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vertikal eins. Klotz - bremse/Rad - bremsscheibe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Horizontal aus Brems - verzögerung	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Horizontal eins./doppel- seit. wirk. Klotzbremse	483.8	1023.4	1628.2	1628.2	0.0	0.0	0.0
Torsion aus Bremskräften	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



SIG - Neuhausen

Blatt-Nr. 10

Radsatzberechnung  
\*\*\*\*\*

MOMENTENVERLAUF aufgrund der BREMSUNG  
\*\*\*\*\*

Rechnungs - Ident - Nr. 2.1	Berechnungsebene: I= 8-10		
	8	9	10
Momente [Nm]			
Vertikal aus stat. u. dyn. Belast.	0.0	0.0	0.0
Vertikal aus Wellen - bremsscheibe	0.0	0.0	0.0
Vertikal eins. Klotz - bremse/Rad - bremsscheibe	0.0	0.0	0.0
Horizontal aus Brems - verzögerung	0.0	0.0	0.0
Horizontal eins./doppel- seit. wirk. Klotzbremse	0.0	0.0	0.0
Torsion aus Bremskräften	0.0	0.0	0.0



SIG - Neuhausen

Blatt-Nr. 11

Radsatzberechnung  
\*\*\*\*\*

WIDERSTANDSMOMENTE, GESAMTMOMENTE sowie SPANNUNGEN  
\*\*\*\*\*

Rechnungs - Ident - Nr. 2.1	Berechnungsebene: I = 1...7						
	1	2	3	4	5	6	7
Abstand L(I) [mm]	52.0	110.0	245.0	282.0	700.0	0.0	0.0
Durchmesser D(I) [mm]	86.0	100.0	140.0	110.0	105.0	0.0	0.0
Bezugsdurch- messer [mm]	100.00	172.00	-	156.00	0.00	-	0.00
Ersatzradius f. Übergangs- bögen RHO(I)	29.29	15.00	-	53.13	0.00	-	-
Spgs.-zuschl. Faktor KFI(I)	1.00702	1.17592	1.00000	0.97798	1.00000	1.00000	1.00000
Widerstands- Momente W(I) [mm <sup>3</sup> ]	<del>2054</del> 57763	<del>46927</del> 94149	232786	84082	64842	0	0
resultierende Momente [Nm]	2399.8	5076.4	13457.3	13244.0	10715.7	0.0	0.0
vorhandene Spannungen [N/mm <sup>2</sup> ]	<del>346.71</del> 41,84	<del>127.21</del> 63,40	57.81	154.05	165.26	0.00	0.00
zulässige Spannungen C35 [N/mm <sup>2</sup> ]	100	100	100	166	166	100	100
Sicherheit	<del>2,39</del> 0.12	<del>1,58</del> 0.72	1.73	1.08	1.00	0.00	0.00



SIG - Neuhausen

Blatt-Nr. 12

Radsatzberechnung  
\*\*\*\*\*WIDERSTANDSMOMENTE, GESAMTMOMENTE sowie SPANNUNGEN  
\*\*\*\*\*

Rechnungs - Ident - Nr. 2.1	Berechnungsebene: I= 8-10		
	8	9	10
Abstand L(I) [mm]	0.0	-	-
Durchmesser D(I) [mm]	0.0	-	-
Bezugsdurch- messer [mm]	0.00	-	-
Ersatzradius f. Übergangs- bögen RHO(I)	0.00	-	-
Spgs.-zuschl. Faktor KFI(I)	1.00000	-	-
Widerstands- Momente W(I) [mm <sup>3</sup> ]	0	-	-
resultierende Momente [Nm]	0.0	-	-
vorhandene Spannungen [N/mm <sup>2</sup> ]	0.00	-	-
zulässige Spannungen C35 [N/mm <sup>2</sup> ]	166	-	-
Sicherheit	0.00	-	-



SIG - Neuhausen

Blatt-Nr. 4

Radsatzberechnung  
\*\*\*\*\*

Achsberechnung nach der ~~Klockner-Method~~ (Programm P113 - Version 2.01)

Auftrags-Nr.: 111.279.141  
Bezeichnung : FO-Pano; Typ 4014 ~~Hohlachse~~  
Bearbeitet : 12.02.1992 13.02.92 hei  
Bemerkung : angegliche Widerstandsmomente

*RV2 R<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>*

Werkstoff der Radsatzwelle : C35

- Drehzapfenabstand Ld = 12100 mm
- Achsabstand im Drehgestell La = 1800 mm
- Lagermittenabstand L = 1400 mm
- Stützweite s = 1050 mm
- Laufkreisdurchmesser D = 675 mm
- Wagenschwerpunkt über SOK Ho = 1800 mm
- DG - Anlenkungshöhe über SOK H1 = 460 mm
- Zughakenhöhe über SOK H2 = 630 mm
- Windkraftangriffshöhe über SOK H3 = 2100 mm
- Windkraft pro Achse W = 0.00 kN

*11875*

- Ruhende Achslast Ao = 62.02 kN
- Zulässige Querschleunigung = 0.85 m/s<sup>2</sup>
- Maximaler Querneigungswinkel = 0.00 Grad
- Radsatzgewicht (inkl. Lagerteile) = 4.20 kN
- Teilgewichte des Radsatzes :
  - Wellenschenkel + Lageranteile G1 = 0.50 kN
  - 1 Rad + Wellenanteil G2 = 1.30 kN
  - Wellenschaft G3 = 0.60 kN
  - 1 Bremsscheibe G5 = 0.00 kN

*48 kN*

Achse-Nr	Angetrieben	Abstände vom linken Lager [mm]		
		Getriebe	1. Bremssch.	2. Bremssch.
i	-	L(i,5)	L(i,6)	L(i,7)
1	Nein	0	0	0
2	Nein	0	0	0
3	Nein	0	0	0
4	Nein	0	0	0



## Radsatzberechnung

Blatt-Nr. 5

Lastfall 1 ( Kurvenfahrt bei  $V_{max}$  mit Restantrieb )  
\*\*\*\*\*Höchstgeschwindigkeit  
Restzugkraft der Lok $V_{max} = 80 \text{ km/h}$   
 $Z1 = 0.0 \text{ kN}$ Achselbelastung :  
\*\*\*\*\*

Achse 1	Querkraft	Ea	Y 1.1 =	-21.478 kN
	Querkraft	Ei	Y 1.2 =	7.978 kN
	Wellensch.Last	Ba	Y 1.1 =	40.454 kN
	Wellensch.Last	Bi	Y 1.2 =	28.256 kN
	Radkraft	Ba	Y 1.1 =	-47.225 kN
	Radkraft	Bi	Y 1.2 =	-22.283 kN
	Radlast	Ba	Y 1.1 =	48.955 kN
	Radlast	Bi	Y 1.2 =	24.013 kN
Achse 2	Querkraft	Ba	Y 2.1 =	0.520 kN
	Querkraft	Bi	Y 2.2 =	0.335 kN
	Wellensch.Last	Ba	Y 2.1 =	40.454 kN
	Wellensch.Last	Bi	Y 2.2 =	28.256 kN
	Radkraft	Ba	Y 2.1 =	-42.611 kN
	Radkraft	Bi	Y 2.2 =	-26.897 kN
	Radlast	Ba	Y 2.1 =	44.341 kN
	Radlast	Bi	Y 2.2 =	28.627 kN
Achse 3	Querkraft	Ba	Y 3.1 =	-21.478 kN
	Querkraft	Bi	Y 3.2 =	7.978 kN
	Wellensch.Last	Ba	Y 3.1 =	40.454 kN
	Wellensch.Last	Bi	Y 3.2 =	28.256 kN
	Radkraft	Ba	Y 3.1 =	-47.225 kN
	Radkraft	Bi	Y 3.2 =	-22.283 kN
	Radlast	Ba	Y 3.1 =	48.955 kN
	Radlast	Bi	Y 3.2 =	24.013 kN
Achse 4	Querkraft	Ba	Y 4.1 =	0.520 kN
	Querkraft	Bi	Y 4.2 =	0.335 kN
	Wellensch.Last	Ba	Y 4.1 =	40.454 kN
	Wellensch.Last	Bi	Y 4.2 =	28.256 kN
	Radkraft	Ba	Y 4.1 =	-42.611 kN
	Radkraft	Bi	Y 4.2 =	-26.897 kN
	Radlast	Ba	Y 4.1 =	44.341 kN
	Radlast	Bi	Y 4.2 =	28.627 kN



Radsatzberechnung

Blatt-Nr. 6

Achs Nr.	Stelle J	Abstand L(J)	Vertikal	Momente Horizont.	[ Nm ] Torsion	Result.
1	1	0	-0.003	0.000	0.000	0.003
1	11	0	-0.003	0.000	0.000	0.003
2	1	0	-0.003	0.000	0.000	0.003
2	11	0	-0.003	0.000	0.000	0.003
3	1	0	-0.003	0.000	0.000	0.003
3	11	0	-0.003	0.000	0.000	0.003
4	1	0	-0.003	0.000	0.000	0.003
4	11	0	-0.003	0.000	0.000	0.003
1	2	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
1	12	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
2	12	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
3	12	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
4	2	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
4	12	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
1	3	175	14328.150	0.000	0.000	14328.150
1	13	175	7079.438	0.000	0.000	7079.438
2	3	175	6904.088	0.000	0.000	6904.088
2	13	175	7079.438	0.000	0.000	7079.438
3	3	175	14328.150	0.000	0.000	14328.150
3	13	175	7079.438	0.000	0.000	7079.438
4	3	175	6904.088	0.000	0.000	6904.088
4	13	175	7079.438	0.000	0.000	7079.438
1	4	1225	4944.852	0.000	0.000	4944.852
1	14	1225	7637.359	0.000	0.000	7637.359
2	4	1225	4944.852	0.000	0.000	4944.852
2	14	1225	5058.061	0.000	0.000	5058.061
3	4	1225	4944.852	0.000	0.000	4944.852
3	14	1225	7637.359	0.000	0.000	7637.359
4	4	1225	4944.852	0.000	0.000	4944.852
4	14	1225	5058.061	0.000	0.000	5058.061
1	5	700	10773.175	0.000	0.000	10773.175
1	15	700	10773.175	0.000	0.000	10773.175
2	5	700	5771.494	0.000	0.000	5771.494
2	15	700	5771.494	0.000	0.000	5771.494
3	5	700	10773.175	0.000	0.000	10773.175
3	15	700	10773.175	0.000	0.000	10773.175
4	5	700	5771.494	0.000	0.000	5771.494
4	15	700	5771.494	0.000	0.000	5771.494
1	21	41	1658.609	0.000	0.000	1658.609
			( 1158.504	0.000	0.000	1158.504)
2	21	41	1658.610	0.000	0.000	1658.610
			( 1158.508	0.000	0.000	1158.508)
3	21	41	1658.609	0.000	0.000	1658.609
			( 1158.504	0.000	0.000	1158.504)
4	21	41	1658.610	0.000	0.000	1658.610
			( 1158.508	0.000	0.000	1158.508)
1	22	85	3438.583	0.000	0.000	3438.583
			( 2401.785	0.000	0.000	2401.785)
2	22	85	3438.582	0.000	0.000	3438.582
			( 2401.786	0.000	0.000	2401.786)
3	22	85	3438.583	0.000	0.000	3438.583



Bericht Nr. 12470

FO - PANO

Blatt Nr. 82

		(	2401.785	0.000	0.000	2401.785)
4	22	85	3438.582	0.000	0.000	3438.582
		(	2401.786	0.000	0.000	2401.786)
			4449.934	0.000	0.000	4449.934
1	23	110	3108.193	0.000	0.000	3108.193)
		(	4449.932	0.000	0.000	4449.932
2	23	110	3108.194	0.000	0.000	3108.194)
		(	4449.934	0.000	0.000	4449.934
3	23	110	3108.193	0.000	0.000	3108.193)
		(	4449.932	0.000	0.000	4449.932
4	23	110	3108.194	0.000	0.000	3108.194)
		(	13854.153	0.000	0.000	13854.153
1	24	245	8055.469	0.000	0.000	8055.469)
		(	6753.075	0.000	0.000	6753.075
2	24	245	5153.188	0.000	0.000	5153.188)
		(	13854.153	0.000	0.000	13854.153
3	24	245	8055.469	0.000	0.000	8055.469)
		(	6753.075	0.000	0.000	6753.075
4	24	245	5153.188	0.000	0.000	5153.188)
		(	13603.613	0.000	0.000	13603.613
1	25	282	8276.469	0.000	0.000	8276.469)
		(	6673.255	0.000	0.000	6673.255
2	25	282	5203.468	0.000	0.000	5203.468)
		(	13603.613	0.000	0.000	13603.613
3	25	282	8276.469	0.000	0.000	8276.469)
		(	6673.255	0.000	0.000	6673.255
4	25	282	5203.468	0.000	0.000	5203.468)
		(	10773.175	0.000	0.000	10773.175
1	26	700	10773.176	0.000	0.000	10773.176)
		(	5771.494	0.000	0.000	5771.494
2	26	700	5771.496	0.000	0.000	5771.496)
		(	10773.175	0.000	0.000	10773.175
3	26	700	10773.176	0.000	0.000	10773.176)
		(	5771.494	0.000	0.000	5771.494
4	26	700	5771.496	0.000	0.000	5771.496)



## Radsatzberechnung

Blatt-Nr. 7

Lastfall 2 ( Bremsen aus Vmax in der Kurve )  
 \*\*\*\*\*

Bremsverzögerung	B2 = 1.00 m/s <sup>2</sup> ✓
Geschwindigkeit beim Bremsen	Vmax = 80 km/h ✓
Nicht gebremster Anhang	M2 = 0 kN
Effektiver Bremsweg	= 246.9 m ✓
Bremsenergie Total	= 6244 kJ
Bremskraft Total	= 25.29 kN

(nur Klotzbremsen)

Achsbelastung :  
 \*\*\*\*\*

Achse 1	Querkraft	Ba	Y 1.1 = -22.185 kN
	Querkraft	Bi	Y 1.2 = 8.897 kN
	Wellensch.Last	Ba	Y 1.1 = 43.153 kN
	Wellensch.Last	Bi	Y 1.2 = 30.955 kN
	Radkraft	Ba	Y 1.1 = -49.856 kN
	Radkraft	Bi	Y 1.2 = -25.050 kN
	Radlast	Ba	Y 1.1 = 51.586 kN
	Radlast	Bi	Y 1.2 = 26.780 kN
Achse 2	Querkraft	Ba	Y 2.1 = 0.393 kN
	Querkraft	Bi	Y 2.2 = 0.250 kN
	Wellensch.Last	Ba	Y 2.1 = 39.387 kN
	Wellensch.Last	Bi	Y 2.2 = 27.189 kN
	Radkraft	Ba	Y 2.1 = -41.612 kN
	Radkraft	Bi	Y 2.2 = -25.762 kN
	Radlast	Ba	Y 2.1 = 43.342 kN
	Radlast	Bi	Y 2.2 = 27.492 kN
Achse 3	Querkraft	Ba	Y 3.1 = -21.353 kN
	Querkraft	Bi	Y 3.2 = 8.389 kN
	Wellensch.Last	Ba	Y 3.1 = 41.521 kN
	Wellensch.Last	Bi	Y 3.2 = 29.323 kN
	Radkraft	Ba	Y 3.1 = -48.120 kN
	Radkraft	Bi	Y 3.2 = -23.522 kN
	Radlast	Ba	Y 3.1 = 49.850 kN
	Radlast	Bi	Y 3.2 = 25.252 kN
Achse 4	Querkraft	Ba	Y 4.1 = 0.197 kN
	Querkraft	Bi	Y 4.2 = 0.122 kN
	Wellensch.Last	Ba	Y 4.1 = 37.755 kN
	Wellensch.Last	Bi	Y 4.2 = 25.558 kN
	Radkraft	Ba	Y 4.1 = -40.085 kN
	Radkraft	Bi	Y 4.2 = -24.026 kN
	Radlast	Ba	Y 4.1 = 41.815 kN
	Radlast	Bi	Y 4.2 = 25.756 kN



Radsatzberechnung

Achs Nr.	Stelle J	Abstand L(J)	Vertikal	Momente Horizont.	[ Nm ] Torsion	Result.
1	1	0	-0.000	-0.000	0.000	0.001
1	11	0	-0.000	-0.000	0.000	0.001
2	1	0	-0.003	-0.000	0.000	0.003
2	11	0	-0.003	-0.000	0.000	0.003
3	1	0	0.000	-0.000	0.000	0.000
3	11	0	0.000	-0.000	0.000	0.000
4	1	0	-0.000	-0.000	0.000	0.000
4	11	0	-0.000	-0.000	0.000	0.000
1	2	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
1	12	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
2	12	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
3	12	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
4	2	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
4	12	1400	0.000	0.000	0.000	0.000
1	3	175	15039.132	-553.185	0.000	15049.303
1	13	175	7551.708	-553.185	0.000	7571.942
2	3	175	6759.932	-553.185	0.000	6782.529
2	13	175	6892.736	-553.185	0.000	6914.899
3	3	175	14472.899	-553.185	0.000	14483.468
3	13	175	7266.145	-553.185	0.000	7287.172
4	3	175	6540.553	-553.185	0.000	6563.905
4	13	175	6607.175	-553.185	0.000	6630.292
1	4	1225	5417.119	-553.186	0.000	5445.291
1	14	1225	8419.854	-553.186	0.000	8438.007
2	4	1225	4758.147	-553.186	0.000	4790.196
2	14	1225	4842.386	-553.186	0.000	4873.881
3	4	1225	5131.557	-553.186	0.000	5161.288
3	14	1225	7963.008	-553.186	0.000	7982.199
4	4	1225	4472.586	-553.186	0.000	4506.666
4	14	1225	4513.623	-553.186	0.000	4547.395
1	5	700	11519.912	-553.186	0.000	11533.187
1	15	700	11519.912	-553.186	0.000	11533.187
2	5	700	5591.577	-553.186	0.000	5618.875
2	15	700	5591.577	-553.186	0.000	5618.875
3	5	700	11008.374	-553.186	0.000	11022.265
3	15	700	11008.374	-553.186	0.000	11022.265
4	5	700	5317.508	-553.186	0.000	5346.205
4	15	700	5317.508	-553.186	0.000	5346.205
1	21	41	1769.256	-129.604	0.000	1773.997
			( 1269.155	-129.604	0.000	1275.755)
2	21	41	1614.868	-129.604	0.000	1620.060
			( 1114.764	-129.604	0.000	1122.273)
3	21	41	1702.356	-129.604	0.000	1707.282
			( 1202.247	-129.604	0.000	1209.213)
4	21	41	1547.966	-129.604	0.000	1553.382
			( 1047.863	-129.604	0.000	1055.848)
1	22	85	3667.972	-268.690	0.000	3677.200
			( 2631.177	-268.690	0.000	2644.860)
2	22	85	3347.900	-268.690	0.000	3358.665
			( 2311.104	-268.690	0.000	2326.670)
3	22	85	3529.268	-268.690	0.000	3539.481



		(	2492.473	-268.690	0.000	2506.913)
4	22	85	3209.200	-268.690	0.000	3220.429
		(	2172.398	-268.690	0.000	2188.952)
1	23	110	4746.786	-347.717	0.000	4759.504
		(	3405.048	-347.717	0.000	3422.756)
2	23	110	4332.574	-347.717	0.000	4346.504
		(	2990.835	-347.717	0.000	3010.980)
3	23	110	4567.291	-347.717	0.000	4580.507
		(	3225.550	-347.717	0.000	3244.238)
4	23	110	4153.081	-347.717	0.000	4167.611
		(	2811.342	-347.717	0.000	2832.764)
1	24	245	14569.903	-553.186	0.000	14580.401
		(	8833.199	-553.186	0.000	8850.504)
2	24	245	6604.149	-553.186	0.000	6627.277
		(	4942.281	-553.186	0.000	4973.143)
3	24	245	14010.964	-553.186	0.000	14021.880
		(	8369.054	-553.186	0.000	8387.316)
4	24	245	6377.481	-553.186	0.000	6401.428
		(	4620.807	-553.186	0.000	4653.802)
1	25	282	14321.880	-553.185	0.000	14332.560
		(	9051.681	-553.185	0.000	9068.568)
2	25	282	6521.809	-553.185	0.000	6545.228
		(	4995.079	-553.185	0.000	5025.617)
3	25	282	13766.798	-553.185	0.000	13777.907
		(	8583.681	-553.185	0.000	8601.487)
4	25	282	6291.286	-553.185	0.000	6315.559
		(	4677.462	-553.185	0.000	4710.060)
1	26	700	11519.912	-553.186	0.000	11533.187
		(	11519.914	-553.186	0.000	11533.188)
2	26	700	5591.577	-553.186	0.000	5618.875
		(	5591.579	-553.186	0.000	5618.876)
3	26	700	11008.374	-553.186	0.000	11022.265
		(	11008.374	-553.186	0.000	11022.265)
4	26	700	5317.503	-553.186	0.000	5346.205
		(	5317.507	-553.186	0.000	5346.204)



Radsatzberechnung

Blatt-Nr. 9

Festigkeitsnachweis  
\*\*\*\*\*

Achswerkstoff : C35

- Bruchfestigkeit = 550 N/mm<sup>2</sup>
- Streckgrenze = 320 N/mm<sup>2</sup>
- Biegewechselfestigkeit = 240 N/mm<sup>2</sup>
- Tang.ALPHA (Werkstoffbild SMITH) = .7591403
- E - Modul der Achse = 210 kN/mm<sup>2</sup>
- Poison'sche Zahl der Achse = .300

Stelle 21 ( Uebergang )

\*\*\*\*\*

- Sigma (Zulässige Spannung) 183.69 N/mm<sup>2</sup>
- Schaftdurchmesser do = 81.00 mm
- Größenbeiwert b1 = 0.8504 mm
- Oberflächenwert b2 = 0.9000 mm
- Formzahl (ALPHA k) ak = 1.2744 mm

Achse [-]	Lastfall [-]	Nenn-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Vergl.-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Sicherh. [-]
1	1	31.8	40.5	4.53
		( 22.2	28.3	6.49)
1	2	34.0	43.3	4.24
		( 24.5	31.2	5.89)
2	1	31.8	40.5	4.53
		( 22.2	28.3	6.49)
2	2	31.1	39.6	4.64
		( 21.5	27.4	6.70)
3	1	31.8	40.5	4.53
		( 22.2	28.3	6.49)
3	2	32.7	41.7	4.40
		( 23.2	29.5	6.22)
4	1	31.8	40.5	4.53
		( 22.2	28.3	6.49)
4	2	29.8	37.9	4.84
		( 20.2	25.8	7.12)



Radsatzberechnung

Blatt-Nr. 10

Stelle 22 ( Uebergang )  
\*\*\*\*\*

Uebermass ( Stelle 23 )	0.26 mm
Sigma R (vom Uebermass)	-63.69 N/mm <sup>2</sup>
Sigma M (Mittelspannung)	9.33 N/mm <sup>2</sup>
Sigma (Zulässige Spannung)	188.58 N/mm <sup>2</sup>

Sitzdurchmesser	Do = 140.00 mm
Schaftdurchmesser	do = 99.00 mm
Grössenbeiwert	b1 = 0.8403 mm
Oberflächenwert	b2 = 0.9000 mm
Formzahl (ALPHA k)	αk = 1.4988 mm

Achse [-]	Lastfall [-]	Nenn-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Vergl.-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Sicherh. [-]
1	1	36.1 ( 25.2	63.4 47.1	2.97 4.00)
1	2	38.6 ( 27.8	67.2 50.9	2.81 3.70)
2	1	36.1 ( 25.2	63.4 47.1	2.97 4.00)
2	2	35.3 ( 24.4	62.2 45.9	3.03 4.11)
3	1	36.1 ( 25.2	63.4 47.1	2.97 4.00)
3	2	37.2 ( 26.3	65.0 48.8	2.90 3.87)
4	1	36.1 ( 25.2	63.4 47.1	2.97 4.00)
4	2	33.8 ( 23.0	60.0 43.8	3.14 4.31)



Radsatzberechnung

Blatt-Nr. 11

Stelle 23 ( Preßsitz )  
\*\*\*\*\*

Uebersmass ( Stelle 23 )	0.26 mm
Sigma R (vom Uebersmass)	-63.69 N/mm <sup>2</sup>
Sigma M (Mittelspannung)	63.69 N/mm <sup>2</sup>
Sigma (Zulässige Spannung)	192.39 N/mm <sup>2</sup>

Sitzdurchmesser	Do =	140.00 mm
Schaftdurchmesser	do =	99.00 mm
Faktor für Preßsitz	b3 =	0.6002 mm
Konstruktionsfaktor GAMMA	τ =	1.5059 mm
Formzahl (ALPHA k)	αk =	1.0000 mm

Achse [-]	Lastfall [-]	Nenn-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Vergl.-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Sicherh. [-]
1	1	16.5	80.2	2.40
		( 11.5	75.2	2.56)
1	2	17.7	81.4	2.36
		( 12.7	76.4	2.52)
2	1	16.5	80.2	2.40
		( 11.5	75.2	2.56)
2	2	16.1	79.8	2.41
		( 11.2	74.9	2.57)
3	1	16.5	80.2	2.40
		( 11.5	75.2	2.56)
3	2	17.0	80.7	2.38
		( 12.0	75.7	2.54)
4	1	16.5	80.2	2.40
		( 11.5	75.2	2.56)
4	2	15.5	79.2	2.43
		( 10.5	74.2	2.59)



## Radsatzberechnung

Blatt-Nr. 12

Stelle 24 ( Preßsitz )

\*\*\*\*\*

Uebermass ( Stelle 24 ) 0.26 mm  
 Sigma R (vom Uebermass) -36.53 N/mm<sup>2</sup>  
 Sigma M (Mittelspannung) 36.53 N/mm<sup>2</sup>  
 Sigma (Zulässige Spannung) 169.24 N/mm<sup>2</sup>

Sitzdurchmesser Do = 133.00 mm  
 Schaftdurchmesser do = 95.00 mm  
 Faktor für Preßsitz h3 = 0.5896 mm  
 Konstruktionsfaktor GAMMA τ = 1.6875 mm  
 Formzahl (ALPHA k) αk = 1.0000 mm

Achse [-]	Lastfall [-]	Nenn-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Vergl.-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Sicherh. [-]
1	1	60.0 ( 34.9	96.5 71.4	1.75 2.37)
1	2	63.1 ( 38.3	99.7 74.9	1.70 2.26)
2	1	29.2 ( 22.3	65.8 58.8	2.57 2.88)
2	2	28.7 ( 21.5	65.2 58.1	2.59 2.91)
3	1	60.0 ( 34.9	96.5 71.4	1.75 2.37)
3	2	60.7 ( 36.3	97.2 72.8	1.74 2.32)
4	1	29.2 ( 22.3	65.8 58.8	2.57 2.88)
4	2	27.7 ( 20.1	64.2 56.7	2.63 2.99)







Radsatzberechnung

Blatt-Nr. 14

Stelle 26 ( Uebergang )  
\*\*\*\*\*

Sigma (Zulässige Spannung) 182.91 N/mm<sup>2</sup>

Schaftdurchmesser do = 87.00 mm  
Größenbeiwert b1 = 0.8468 mm  
Oberflächenwert b2 = 0.9000 mm  
Formzahl (ALPHA k) ak = 1.0000 mm

Achse [-]	Lastfall [-]	Nenn-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Vergl.-Spannung [ N/mm <sup>2</sup> ]	Sicherh. [-]
1	1	166.6 ( 166.6	166.6 166.6	1.10 1.10)
1	2	178.4 ( 178.4	178.4 178.4	1.03 1.03)
2	1	89.3 ( 89.3	89.3 89.3	2.05 2.05)
2	2	86.9 ( 86.9	86.9 86.9	2.10 2.10)
3	1	166.6 ( 166.6	166.6 166.6	1.10 1.10)
3	2	170.5 ( 170.5	170.5 170.5	1.07 1.07)
4	1	89.3 ( 89.3	89.3 89.3	2.05 2.05)
4	2	82.7 ( 82.7	82.7 82.7	2.21 2.21)

Zusammenstellung der wichtigsten Resultate

 1) **Hohlachse:**

- a) Ergebnisse an der Stelle
- 4**
- (DIN) bzw.
- 25**
- (Klöckner)
- 
- (Uebergang Pressitz-Wellenschaft)

	DIN	Klöckner
Sicherheit	1.08	0.90

- b) Ergebnisse an der Stelle
- 5**
- (DIN) bzw.
- 26**
- (Klöckner)
- 
- (Mitte der Achswelle)

	DIN	Klöckner
Sicherheit	1.00	1.03

 2) **Vollachse:**

- a) Ergebnisse an der Stelle
- 4**
- (DIN) bzw.
- 25**
- (Klöckner)
- 
- (Uebergang Pressitz-Wellenschaft)

	DIN	Klöckner
Sicherheit	1.67	1.33

- b) Ergebnisse an der Stelle
- 5**
- (DIN) bzw.
- 26**
- (Klöckner)
- 
- (Mitte der Achswelle)

	DIN	Klöckner
Sicherheit	1.76	1.78

Beide Methoden liefern im Falle der Hohlachse an den Stellen 4 und 5 resp. 25 und 26 zu kleine Sicherheiten; die Vollachse dagegen ist den auftretenden Beanspruchungen gewachsen.