

ENTGLEISUNG ZUG 66505

Bf Sankt Veit an der Glan

Untersuchungsbericht

Anlage A

Beilagen

	Seite A –
Expertise [2] : Statusbericht des ECM, vom 30. September 2011 (Auszug)	2 bis 10
Konstruktionszeichnung der Radscheibe [2a]	11
Festigkeitsberechnung der Radscheibe [2b] erstellt vom Radscheibenhersteller, Ausgabe vom 30. August 2011	12 bis 27
Expertise [2c] : Deformation und Restspannung der Radscheibe, erstellt von der Universität Žilina, Fakultät für Maschinenbau, Institut für Schienenfahrzeuge, Motoren und Hebezeuge, vom Mai 1998	28 bis 43

Expertise [2]: Statusbericht des ECM, vom 30. September 2011 (Auszug)

Engineering GW, A-1210 Wien, Winkeläckerweg 1

ÖBB-Technische Services GmbH
Leiter Engineering Güterwagen

DI Klaus Schulner

Datum 30.09.2011

Status Entgleisung St. Veit

Inhalt

1. Historie:	2
2. Ausgangssituation	2
3. Radsatzuntersuchung in Knittelfeld	4
4. Betroffene Radsätze	4
4.1. Radsatz 130.591 - gebrochen	4
4.2. Radsatz 148.728 - mit Rissanzeigen	5
4.3. Radsatz 128.272 - mit Rissanzeigen	6
4.4. Radsatz 130.029 - mit Rissanzeigen	7
4.5. Radsatz 138.047 - mit Rissanzeigen	8
4.6. Radsatz 129.669 - mit Rissanzeigen	9
5. Resümee:	9
6. Beilagen:	9

Dateiname

ÖBB-Technische Services-Gesellschaft mBH, Firmensitz: 1110 Wien, Grillgasse 48, FN 249665 f, Handelsgericht Wien,
DVR-Nr. 2111153 UID: ATU58119529; BAWAG-PSK Kto. 90027880, BLZ 60000, BIC: OPSKATWW, IBAN:
AT22600000090027880; BA/CA Kto. 50662633801, BLZ 12000, BIC: BKAUATWW, IBAN: AT861200050662633801;
ÖVKB Kto. 10022000007, BLZ 18190, BIC: OVERATWW, IBAN: AT271819010022000007

Zertifiziertes Qualitätsmanagement nach
ISO 9001, 3834-2, EN 15085, ISO 14001,
EMAS, OHSAS 18001, SMS

1. Historie:

- 20.06.2011 Unfall Wagen 3181 9326 039-1 (UACNS)
- 14.07.2011 Erstanalysen – Feststellung der betreffenden Charge und zur Absicherung Einzelereignis – Serienmangel Einberufung der ersten Wagen;
- 10.08.2011: Gespräch UUS, RCA, MU Leoben, TS
- 11.08.2011 Informationsweitergabe an ÖBB Rail Equipment und AAE die ebenfalls Radsätze der entsprechenden Charge
- 11.08.2011 Start der Werkstättenzuführung der 89 Wagen mit Radsätzen der betroffenen Charge
- 12.08.2011: Nach dem Vorliegen des Prüfergebnisses der ersten 5 Radsätze Einberufung aller Wagen; Sperre der betroffenen Radsatznummern im PLS-System (Radsatzarchiv-hierin ist die Reparaturhistorie jedes einzelnen Radsatzes gespeichert)
- 17.08.2011: Gespräch TS, Fa. Bonatrans (Radsatzhersteller)
- 01.09.2011: Gebrochener Radsatz 130591 aus Wagen an MU Leoben übergeben
- 01.09.2011: Radsatz 148728 mit Rissanzeigen – Scheibe „B“ Übergabe an MU Leoben
- 01.09.2011: Radsatz 148728 mit Rissanzeigen –Scheibe „A“ Übergabe an Fa. Bonatrans
- 08.09.2011: Gespräch bei BMVIT
- 08.09.2011: Fa. Bonatrans übermittelt die Protokolle der Prüfstandsversuche und FE-Berechnung
- 19.09.2011: erste Ergebnisse der MU Leoben werden übermittelt

2. Ausgangsituation

Anzahl der Wagen:

	Anz. Wagen	mit RS-Nr. Zuordnung	ohne RS-Nr. Zuordnung	Anteil ohne Zuordnung
	19773	15719	4084	21%
davon RCA ohne Hinterstellung	16813	13200	3643	22%
davon RE	2960	2519	441	15%

Erfassungszeitraum: 01.11.2009 bis 30.08.2011

Bis zur Allgemeinverfügung des EBA Ende 2009 gab es keine verbindliche Verpflichtung Radsatzdaten (z.B. Chargennummer) und Einbauorte in Wagen zu dokumentieren.

Anzahl der Radsätze:

In ÖBB RCA und RE besitzen ca. 75.000 Radsätze (Radsätze im Wagen + Tauschradsätze).

Verteilung der betroffenen Charge:

Insgesamt wurden im Jahr 2001 von der Fa. Bonatrans 339 Radscheiben der gegenständlichen Chargennummer „38249“ geliefert.

Scheiben	Radsätze	Eigentümer	Maßnahmen
236	141	RCA , RE	Sperre der Radsätze im PLS Einberufung von Wagen
42	23	AAE	Fa. AAE wurde informiert
61		verschrottet	Keine Maßnahmen notwendig
339	164		

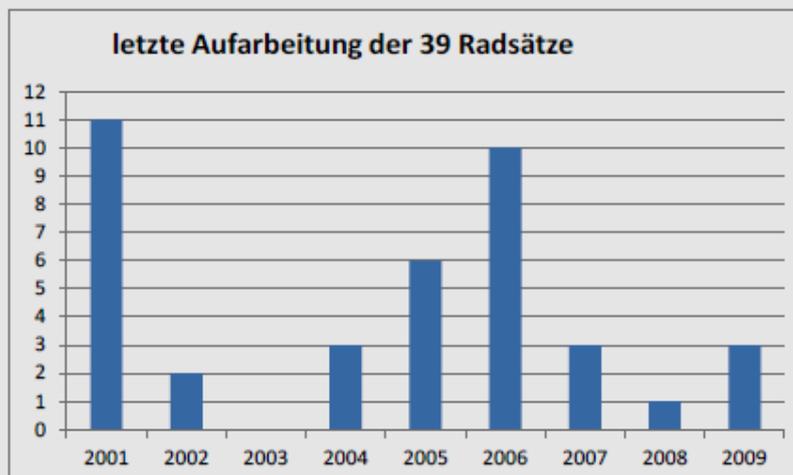
Anzahl der Radsätze die einem Wagen zugeordnet sind	89
Radsätze im Aufarbeitungswerk	13
Anzahl der Radsätze die keinem Wagen zugeordnet sind	39
	<hr/>
	141

D.h. von den 75.000 Radsätzen sind möglicherweise 141, bzw. 0.18%, mit einem Mangel behaftet. Bei 39 Radsätzen, bzw. 0,05% kennt man den Aufenthaltsort (Wagen/Wagennummer bzw. Werkstätte) nicht.

Diese 39 Radsätze können

1. sich in einem der 4084 Wagen befinden bei denen noch keine Radsatzdatenerfassung durchgeführt wurde
2. sich in einem der 1352 hinterstellten Wagen befinden
3. bereits verschrottet sein (Radsatznummer wurde nicht gelöscht)
4. sich in einem Wagen befinden der verkauft wurde

Wann wurden diese 39 Radsätze das letzte Mal instandgesetzt?



- 26 Radsätze (letzte IH 2004-2009) werden innerhalb des nächsten Jahres im Zuge einer
 - planmäßigen Revision
 - einer Radsatzdatenerfassung im Zuge einer Bedarfsausbesserung
 - Wiederinbetriebnahme der hinterstellten Wagen erfasst.
- 13 Radsätze wurden vor mehr als 9 Jahre zum letzten Mal Instandgesetzt. Bei einem durchschnittlichen Instandsetzungsintervall eines Radsätzen von 5 Jahren bzw. 6 Jahren

eines Wagens ist davon auszugehen das diese Radsätze entweder verschrottet oder verkauft wurden.

3. Radsatzuntersuchung in Knittelfeld

	Stand 15.09	Stand 03.10	
bisher überprüfte Radsätze in Ordnung	24	42	
nicht in Ordnung	3	5	
	27	47	

Anteil der überprüften Radsätze (Basis 141)	19%	35%	
Anteil der schadhaften Radsätze (Basis 141)	2%	3,5%	
Anteil der schadhaften Radsätze (Basis überprüften Radsätze)	12,5%	11,1%	

4. Betroffene Radsätze

4.1. Radsatz 130.591 - gebrochen

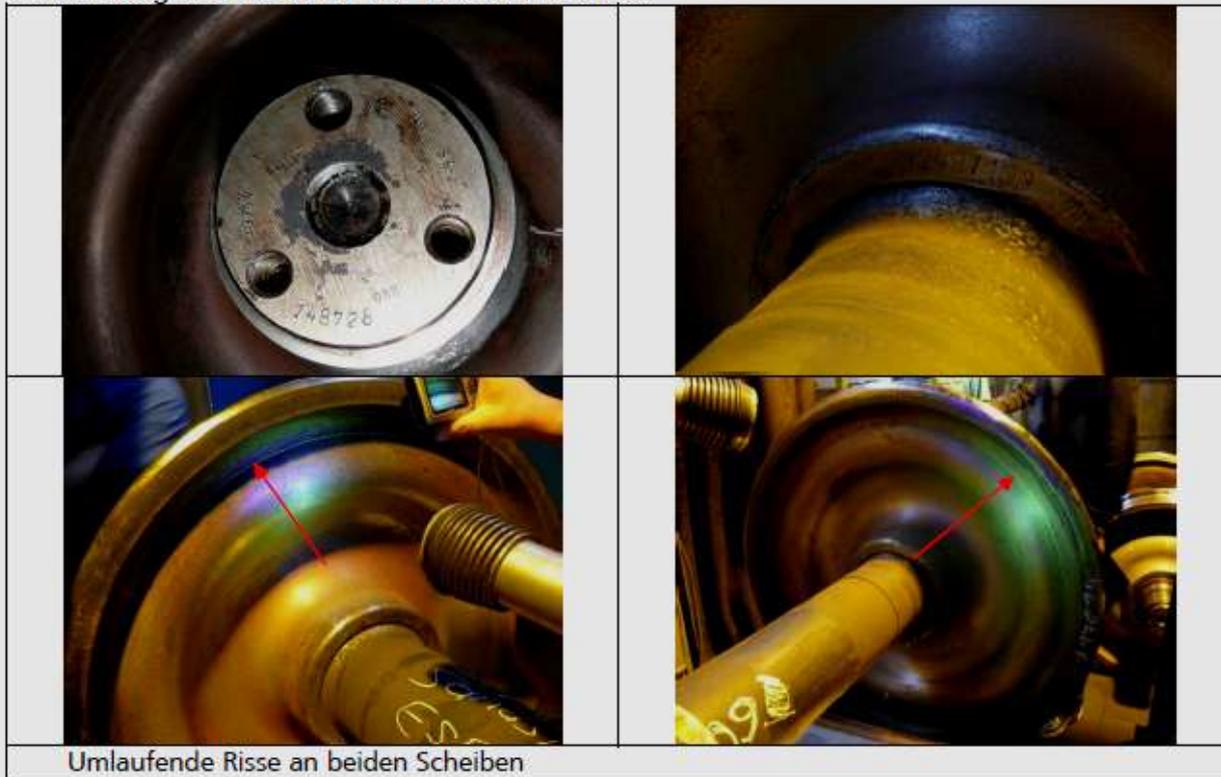
Historie:

Aufarbeitungsdatum	IH-Stufe	Scheibenmaterial	Charge	Lfd. Nr.	Eigenspannung links	Eigenspannung rechts
08.5.2001	IS3	R7T	33249 / 33249	134 / 177	-	-
02.1.2002	IS1	R7T	33249 / 33249	134 / 177	175	244
01.4.2003	IS1	R7T	33249 / 33249	134 / 177	159	176
07.4.2006	IS1	R7T	33249 / 33249	134 / 177	157	126

Anmerkung SUB: Im Schriftverkehr vom 13. März 2012 wurde die Charge der Schmelze auf 38249 richtiggestellt.

4.2. Radsatz 148.728 - mit Rissanzeigen

Zuletzt eingebaut in 31 81 274 1 498-1 Habbiinss



4.3. Radsatz 128.272 - mit Rissanzeigen

Zuletzt eingebaut in 35 81 4673 201-3 Shimmms

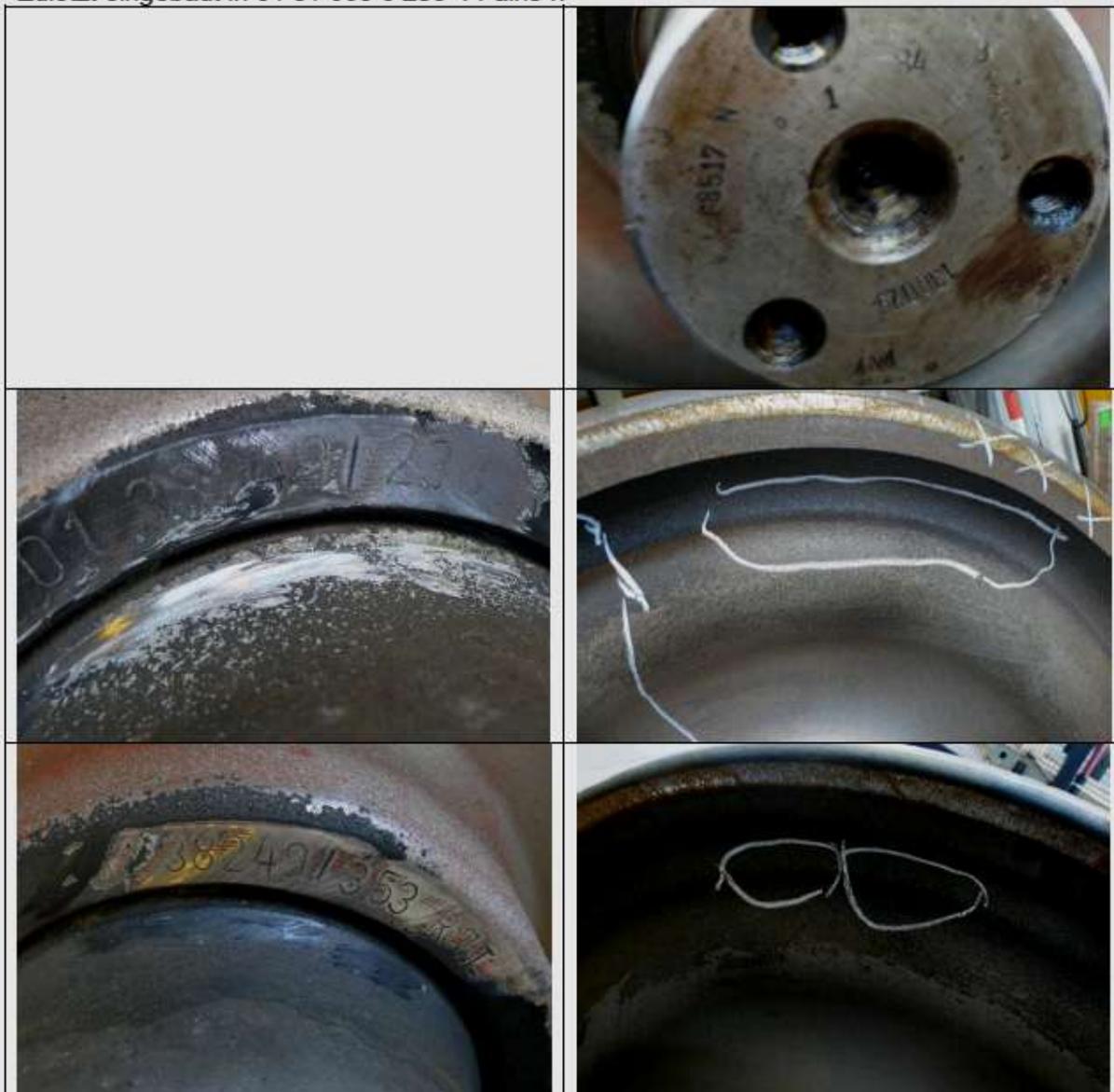


Scheibe 1: eine Rißanzeige von ca. 100mm

mehrere Rissanzeigen

4.4. Radsatz 130.029 - mit Rissanzeigen

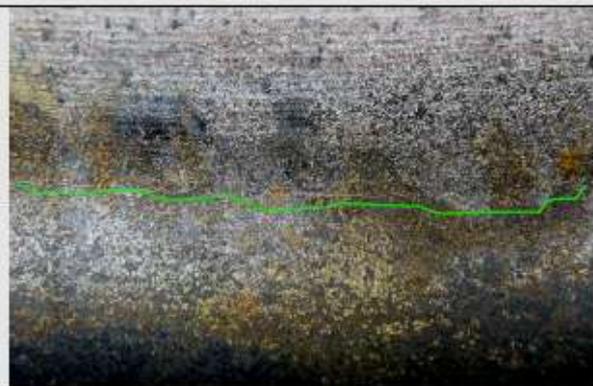
Zuletzt eingebaut in 31 81 663 6 203-4 Falns-x



4.5. Radsatz 138.047 - mit Rissanzeigen

Zuletzt eingebaut in 31 81 466 8 195-8 Shimmns

Scheibe „A“

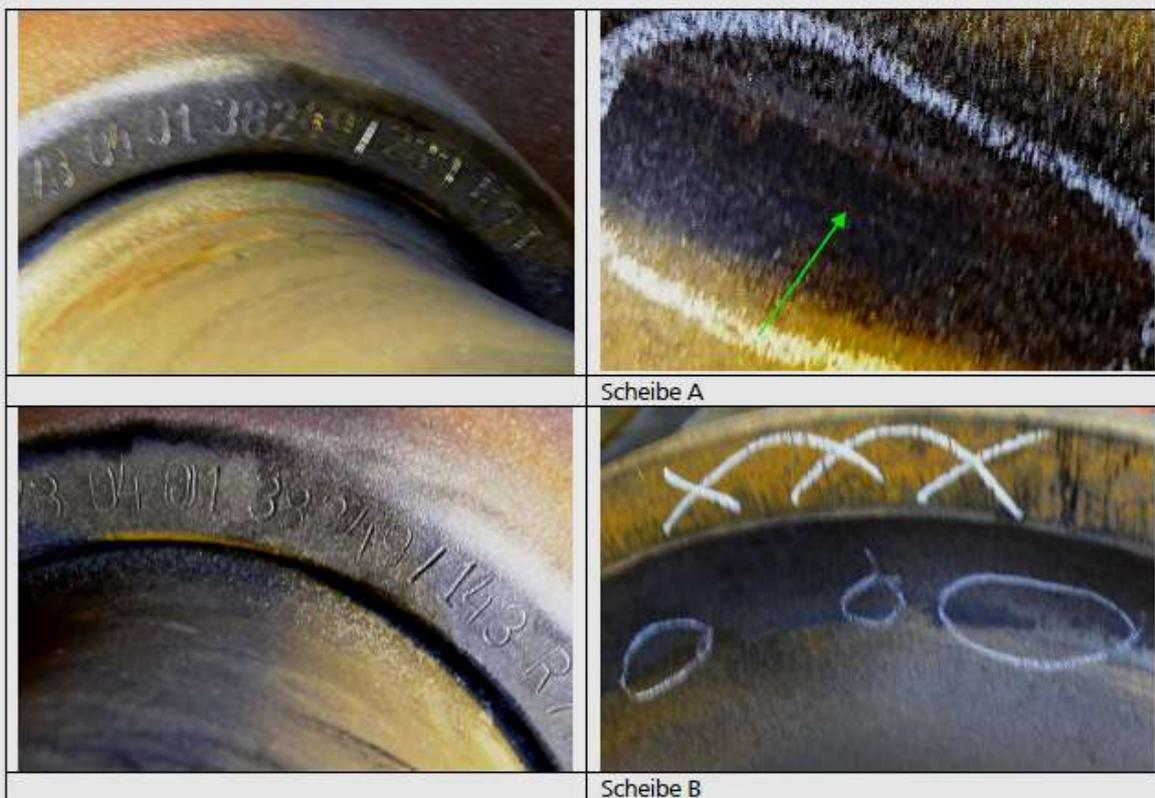


Scheibe „B“



4.6. Radsatz 129.669 - mit Rissanzeigen

Zuletzt eingebaut in 35 81 467 3 221-1 Shimmns



5. Resümee:

Es erfolgt seit Okt. 2009 eine kontinuierliche Radsatzdatenerfassung (bei jedem Werkstätaufenthalt in Österreich) die solange durchgeführt wird bis allen Wagen (RCA+RE) eine Radsatznummer zugeordnet ist.

Durch die bereits im Jahr 2001 durchgeführten Datenerfassung bei Radsätzen und den 2009 gestarteten Erfassung „Radsatznummer↔Wagennummer“ liegen bereits bei 15.719 Wagen (79%) die entsprechenden Daten vor.

Innerhalb der letzten 2 Jahre wurden bei 79% aller Wagen die Radsatznummern erfasst.
Daher ist davon auszugehen, dass innerhalb des nächsten Jahres bei den verbliebenen 4.084 (21%) Wagen die Radsatznummern erhoben werden.

6. Beilagen:

- FE-Berechnung
- Protokoll der Prüfstandsversuche
- Zeichnung Radscheibe
- Untersuchungsbericht
- Untersuchungsbericht MU Leoben

Festigkeitsberechnung der Radscheibe [2b] erstellt vom Radscheibenhersteller, Ausgabe vom 30. August 2011

 **BONATRANS**

23 – 1148

Exemplar Nr.: 2
Seite Nr.: 1

Festigkeitsberechnung des Rades ϕ 920 mm gemäß dem UIC 510-5 für 22,5 t

ERARBEITUNG: JAROMÍR PAVČO

KONTROLLE: PAVEL WILCZEK

HERAUSGABE: KONSTRUKTIONSABTEILUNG BONATRANS

DATUM: 30.08.2011

 BONATRANS	23 – 1148	Exemplar Nr.: 2 Seite Nr.: 2
--	-----------	---------------------------------

VERTEILER:

EXEMPLAR NR.:

KONSTRUKTIONSORIGINAL

1

ÖBB

2

 BONATRANS	23 – 1148	Exemplar Nr.: 2 Seite Nr.: 3
--	-----------	---------------------------------

1. EINLEITUNG:

Die Berechnung des Rades (Zeichnungsnummer 455.0.212.000.25) wurde gemäß dem UIC 510-5 (2. Ausgabe) durchgeführt.

Der Planschnitt des Rades wurde mittels des Programms AUTOCAD 2007 hergestellt. Zur Ermittlung des Spannungsverlaufs wurde auch das Programm FEM COSMOS/M v.2007 angewandt. Die Analyse wurde für maximal abgenutztes Rad durchgeführt.

2. EINGABEDATEN:

Raddurchmesser:	D = $\phi 920$ mm
Berechnungsdurchmesser des Rades:	D _v = $\phi 856$ mm
Radsatzwellebelastung:	Q ₀ = 22,5 t
Radbelastung:	Q = 11,25 t
Schwerebeschleunigung:	g = 9,81 m/s ²
Elastizitätsmodul E:	2,1*10 ⁵ MPa
Poissonskonstante μ :	0,3
Material:	ER7
Zulässige Amplitude nach dem Merkblatt UIC 510-5:	$\sigma_{\text{dyn}} = 180$ MPa
Streckgrenze:	Re = 355 MPa

3. BESCHREIBUNG DES BERECHNUNGSMODELLS:

Die geometrische Grundform des Planschnitts wurde im Programm AUTOCAD 2007 konstruiert. Diese Form wurde in der Datei .dxf in das Pre- und Postprozessor GEOSTAR des Programm COSMOS/M exportiert. Hier wurde das 3D-plansymmetrische Berechnungsmodell geschaffen. Die Größe der Elemente im Planschnitt entspricht 4 ÷ 8 mm. In der Tangentialrichtung vergrößert sich die Elementengröße mit wachsendem Raddurchmesser gleichmäßig von 5,2 mm in der Radnabenbohrung bis zu 22,4 mm auf der Radkranzlauffläche. Das Modell des abgenutzten Rades bilden 50447 Knoten und 43140 3D-SOLID Elementen.

Dieses Modell wurde Belastungszuständen bei drei verschiedenen Belastungskräften ausgesetzt (s. Kapitel Nr. 4 dieses Berichtes). In der Radnabe wurde ein Aufpreßübermaß infolge der Knotenverschiebung in Radialrichtung simuliert um den Wert, welcher gleich der Hälfte des mittleren Übermasses (s. Kapitel 5 dieses Berichtes). Es wurde auch mit der Zentrifugalkraft gerechnet (s. Kapitel 6 dieses Berichtes).

Wir setzen Spannungsergebnisse im linearen Bereich voraus. Die Berechnung der Spannungsverläufe für alle Spannungszustände wurde im Lösungsweg für die Linearstatik STAR durchgeführt. Die Ergebnisse der Spannungsverläufe sind in den graphischen Beilagen zu diesem Bericht aufgeführt.

Berechnungsdurchmesser des Radmodells war 856 mm.

Belastungsfall 1: zusammengesetzte Belastung aus dem Kapitel 4.1+5+6

Belastungsfall 2: zusammengesetzte Belastung aus dem Kapitel 4.2+5+6

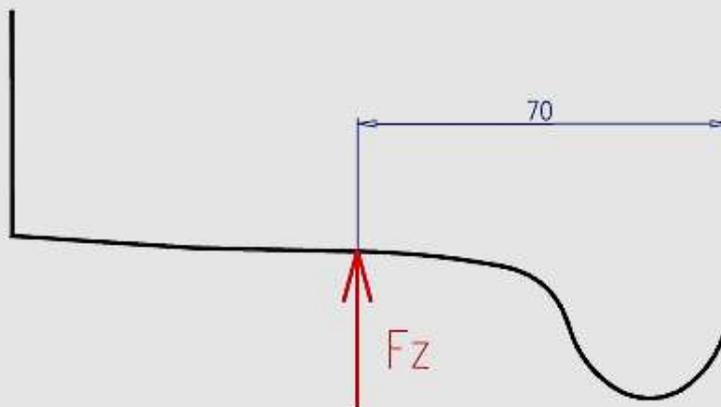
Belastungsfall 3: zusammengesetzte Belastung aus dem Kapitel 4.3+5+6

 BONATRANS	23 - 1148	Exemplar Nr.: 2 Seite Nr.: 4
--	-----------	---------------------------------

4. BELASTUNGSKRÄFTE:

4.1 FAHRT IM GERADEN GLEIS:

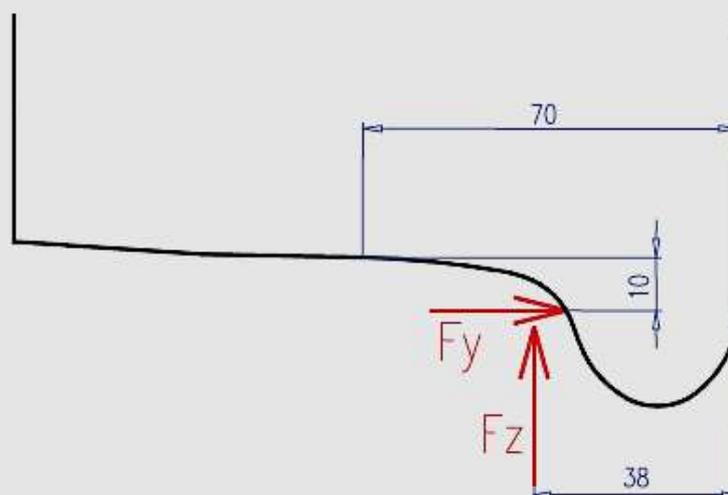
Die Kraft in vertikaler Richtung: $F_z = -1,25 * Q * g = -1,25 * 11250 * 9,81 = - 137953,125 \text{ N}$



4.2 FAHRT IM GLEISBOGEN:

Die Kraft in vertikaler Richtung: $F_z = -1,25 * Q * g = -1,25 * 11250 * 9,81 = - 137953,125 \text{ N}$

Die Kraft in Querrichtung: $F_y = 0,6 * Q * g = 0,6 * 11250 * 9,81 = 66217,5 \text{ N}$





BONATRANS

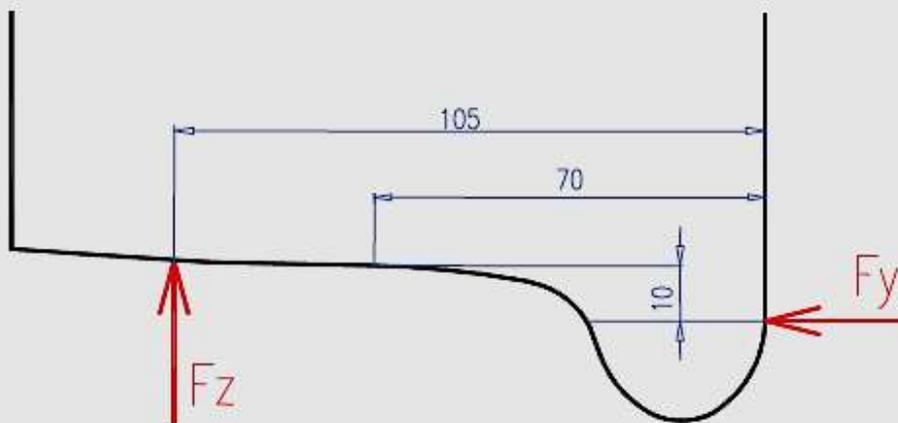
23 – 1148

Exemplar Nr.: 2
Seite Nr.: 5

4.3 WEICHENFAHRT:

Die Kraft in vertikaler Richtung: $F_z = -1,25 * Q * g = -1,25 * 11250 * 9,81 = - 137953,125 \text{ N}$

Die Kraft in Querrichtung: $F_y = -0,36 * Q * g = -0,36 * 11250 * 9,81 = - 39730,5 \text{ N}$



5. BELASTUNG DURCH ÜBERMAß DER PREßPASSUNG:

Es ist mittleres Übermaß beim Sitz 200 U8/js7 bedacht.

Toleranzfeld der Bohrung $\phi 200 \text{ U8}$ ist $\begin{matrix} -0,236 \\ -0,308 \end{matrix} \text{ mm}$

Toleranzfeld des Nabensitzes $\phi 200 \text{ js7}$ ist $\pm 0,023 \text{ mm}$

Maximales Übermaß: 0,331 mm

Minimales Übermaß: 0,213 mm

Mittleres Übermaß: 0,272 mm

6. BELASTUNG DURCH ZENTRIFUGALKRÄFTE:

Für den Durchmesser des Rades $D_v = \phi 856 \text{ mm}$, und Geschwindigkeit 160 km / h wurde Drehgeschwindigkeit des Rades gerechnet:

$$\omega = 2 * v / D_v = 2 * 160 / (3,6 * 0,856) = 103,8 \text{ rad/s}$$

7. METHODIK DER AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE NACH DEM MONOAXIALKRITERIUM:

Die Methodik der Auswertung des mechanischen Verhaltens beruht auf dem UIC-Merkblatt 510-5.

Verfahren der Spannungsauswertung:

1. Ermittlung der Hauptspannungen in allen Netzknoten für alle drei Belastungszustände.
2. Ermittlung der Höchstspannung bei allen drei Belastungszuständen (σ_{\max}) für alle Knoten.
3. Ermittlung der Mindestspannung (σ_{\min}), die der niedrigsten Normalspannung in der Richtung σ_{\max} gleicht, für alle Spannungszustände in allen Knoten.
4. Ermittlung folgender Größen für alle Knoten:

$$\sigma_{\text{mittel}} = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma_{\text{dyn}} = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

$$\Delta\sigma_{\text{dyn}} = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

σ_{\max} und σ_{\min} werden folgenderweise ermittelt:

1. Nach den Matrizen der Hauptspannungstensenoren wird der Belastungszustand mit höchster ersten Hauptspannung gewählt. Dieser Belastungszustand entspricht dem Wert σ_{imax} von allen Belastungszuständen und bestimmt die Richtung der Normale der maximalen Spannung.
2. Die Transformation zwischen dem globalen Koordinatensystem und der Ebene der Hauptspannungen bestimmt die Matrix der Richtungskosinuswerte.
3. Der Wert σ_{\max} entspricht dem Höchstwert der Projektionen der Spannungstensenoren von allen Belastungszuständen in Richtung der ersten Hauptspannung im berücksichtigten Radknotenpunkt.
4. Der Wert σ_{\min} entspricht dem Mindestwert der Projektionen der Spannungstensenoren von allen Belastungszuständen in Richtung der ersten Hauptspannung im berücksichtigten Radknotenpunkt.
5. Im Falle, daß die Hauptspannungen σ_2 und σ_1 ähnlich sind, müssen außerdem die Projektionen der Spannungstensenoren von allen Belastungszuständen in Richtung der zweiten Hauptspannung im berücksichtigten Radknotenpunkt beurteilt werden.

Entscheidungskriterium :

$$\sigma_{\text{dyn}} < 180 \text{ MPa für Räder mit bearbeiteter Radscheibe.}$$

 BONATRANS	23 – 1148	Exemplar Nr.: 2 Seite Nr.: 7
--	-----------	---------------------------------

8. ERGEBNISSE DER ANALYSE NACH DEM MONOAXIALKRITERIUM:

Im folgenden Teil des vorliegenden Berichtes wird der Spannungszustand in dem am meisten belasteten Punkt der Radscheibe bewertet (die Knote Nr. 176 an der Außenseite der Radscheibe am Radius $r = 181$ mm).

TABELLE DER SPANNUNGEN BEI JEDEM LASTFALL:

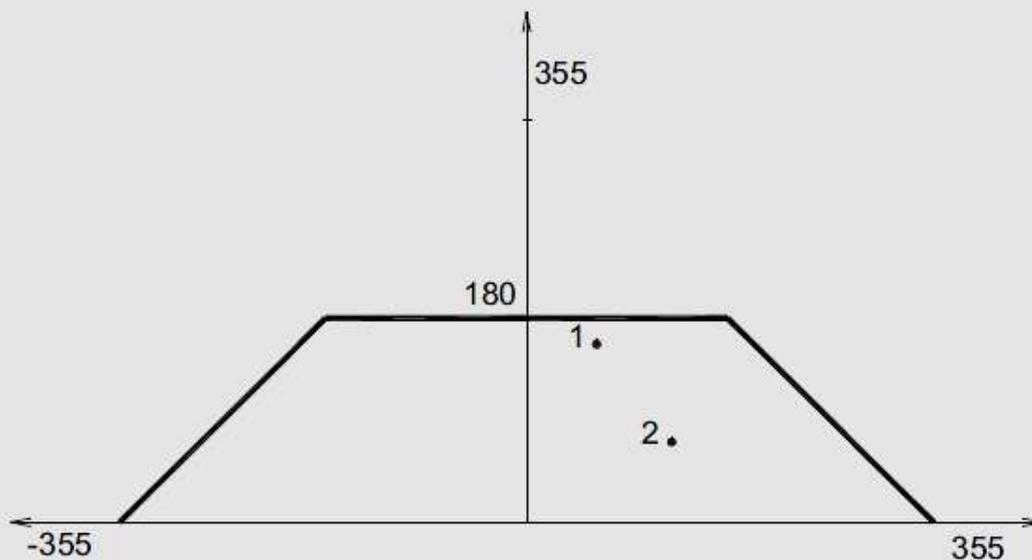
Lastfall	Spannungsmatrix								
	radial [MPa]			tangential [MPa]			axial [MPa]		
1	30,6			112,6			-0,4		
Ausrichtung	1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	215,3			197,2			5,6		
Ausrichtung	1	0	0	0	1	0	0	0	1
3	-93,9			55,6			-4,4		
Ausrichtung	1	0	0	0	1	0	0	0	1

Lastfall	Hauptspannungen								
	maximal [MPa]			mittel [MPa]			minimal [MPa]		
1	112,7			30,5			-0,4		
Ausrichtung	0,0250	-0,9997	0,0000	0,9997	0,0250	-0,0085	0,0084	0,0000	1,0000
2	218,2			197,2			2,7		
Ausrichtung	0,9932	-0,0117	-0,1155	-0,0122	0,9999	0,0000	0,1155	0,0000	0,9933
3	55,7			-1,6			-96,8		
Ausrichtung	0,0238	-0,9997	0,0000	0,1722	0,0000	0,9851	-0,9848	-0,0234	0,1722

TABELLE DER ERMÜDUNGS-AUSWERTUNGEN:

σ_{ij}	Auswertung					Ermüdung		
	σ_{\max} [MPa]	LC	Projektion der Spannungsmatrix in die gewählte Richtung ($\sigma_{N,ch}$)			σ_{\min} [MPa]	σ_{mittel} [MPa]	σ_{dyn} [MPa]
			LC1	LC2	LC3			
σ_{11}	218,2	2	30,5	218,2	-95,9	-95,9	61,15	157,05
σ_{12}	197,2	2	112,6	197,2	55,6	55,6	126,4	70,8
σ_{21}	218,2	2	30,5	218,2	-95,9	-95,9	61,15	157,05
σ_{22}	197,2	2	112,6	197,2	55,6	55,6	126,4	70,8

HAIGH-DIAGRAM

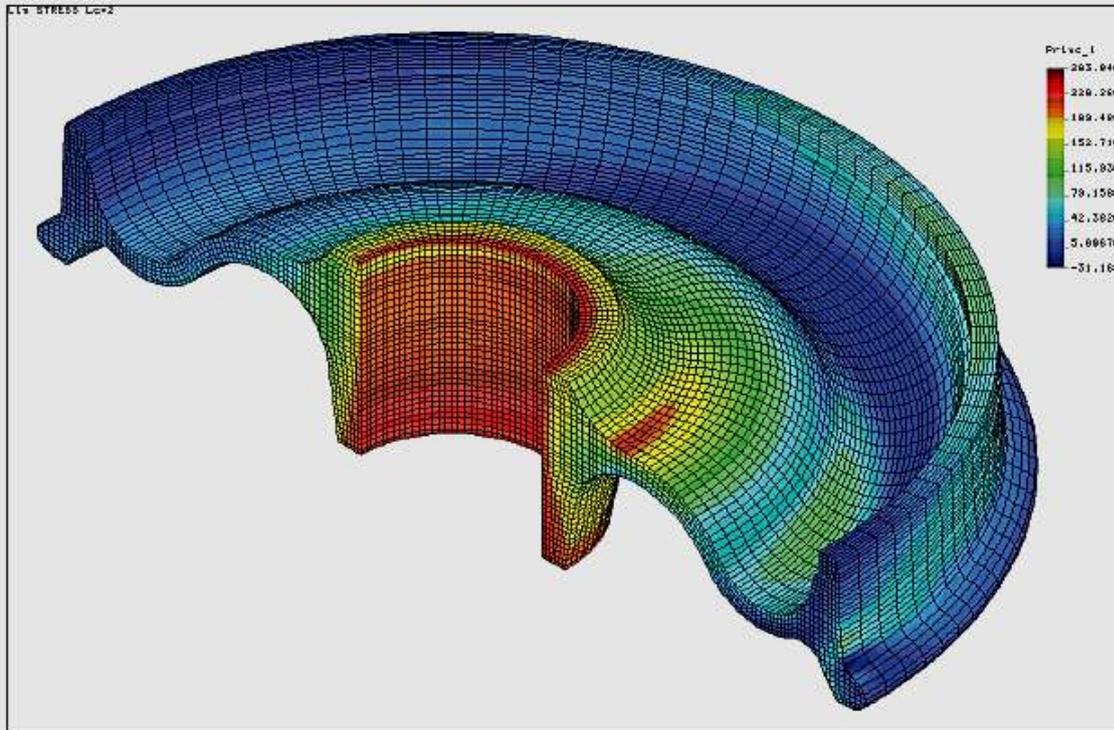


- 1 Auswertung nach σ_{11} oder σ_{21}
- 2 Auswertung nach σ_{12} oder σ_{22}

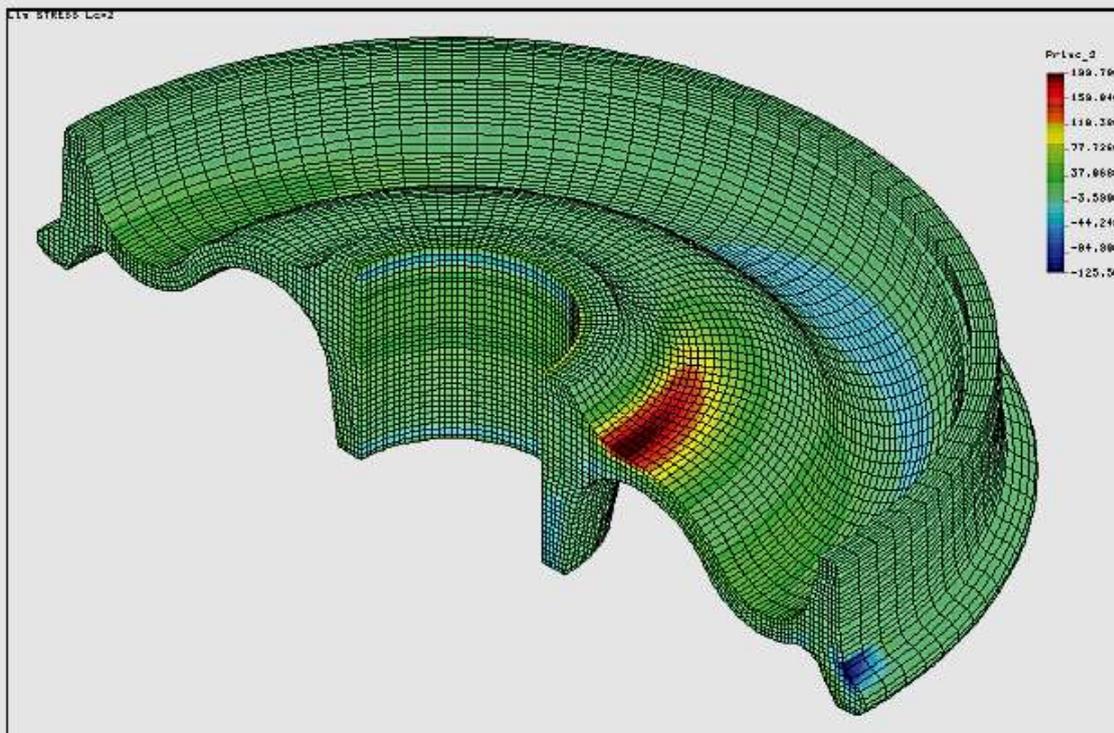
Auswertung der Vergleichsspannungen in der Radscheibe:

LC 1: 150 MPa
LC 2: 264 MPa
LC 3: 210 MPa

 BONATRANS	23 – 1148	Exemplar Nr.: Seite Nr.:	2 9
--	-----------	-----------------------------	--------

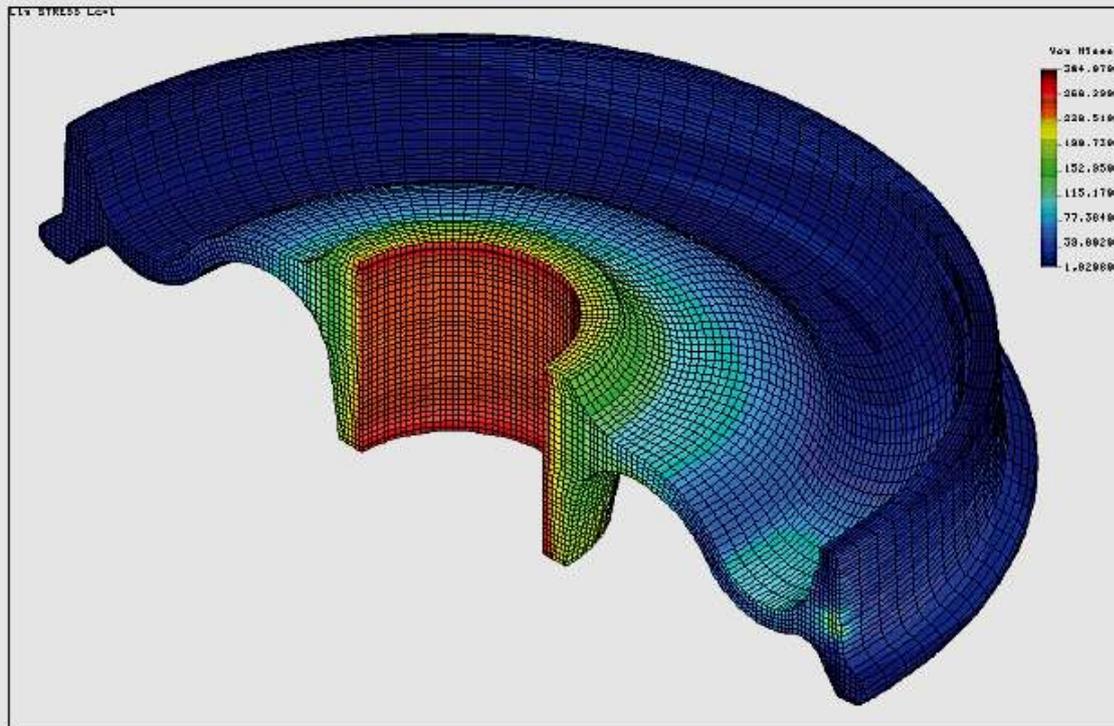


1. Hauptspannung für den Lastfall 2 [MPa]

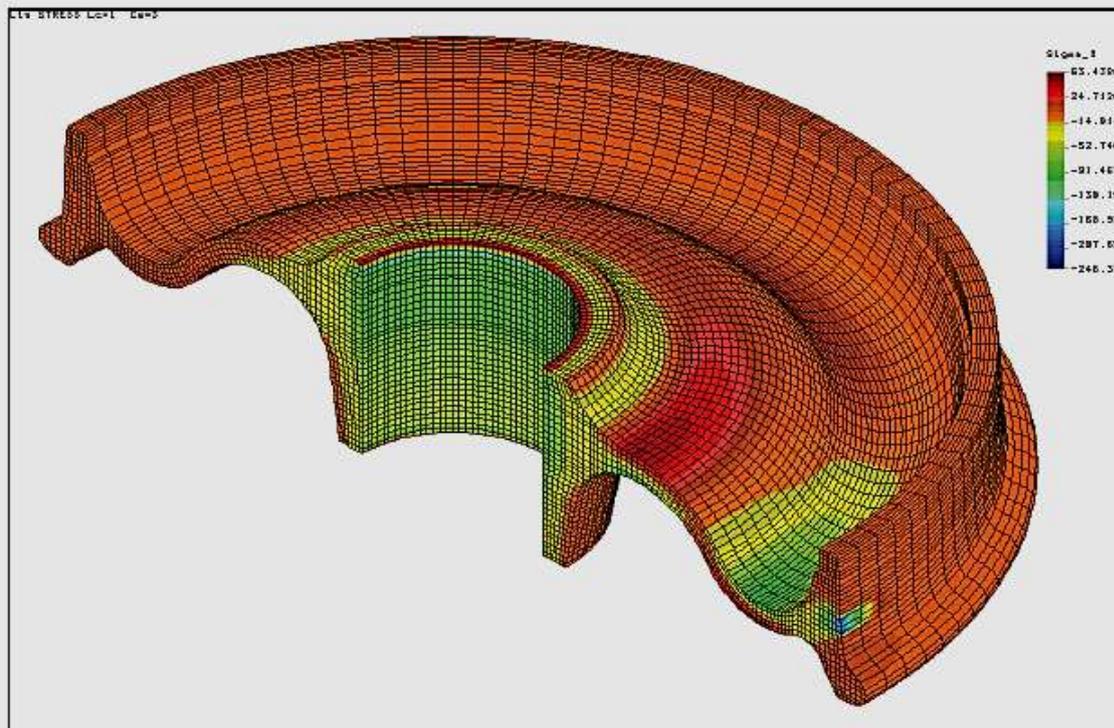


2. Hauptspannung für den Lastfall 2 [MPa]

 BONATRANS	23 – 1148	Exemplar Nr.: Seite Nr.:	2 10
--	-----------	-----------------------------	---------

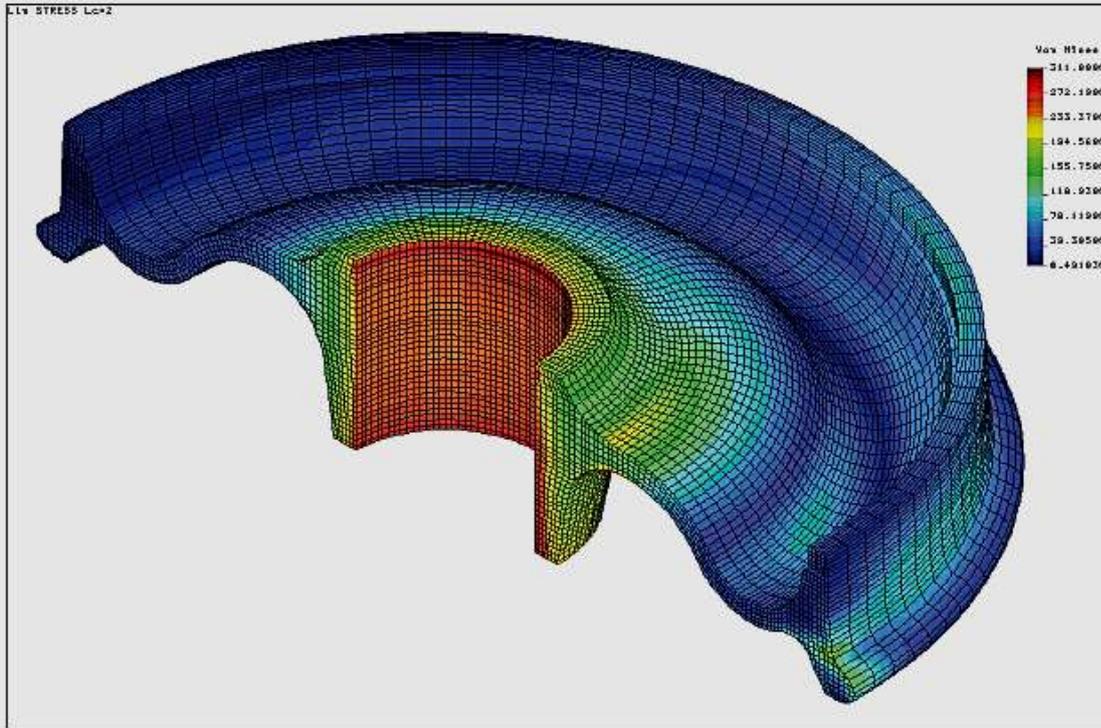


Vergleichsspannung für den Lastfall 1 [MPa]

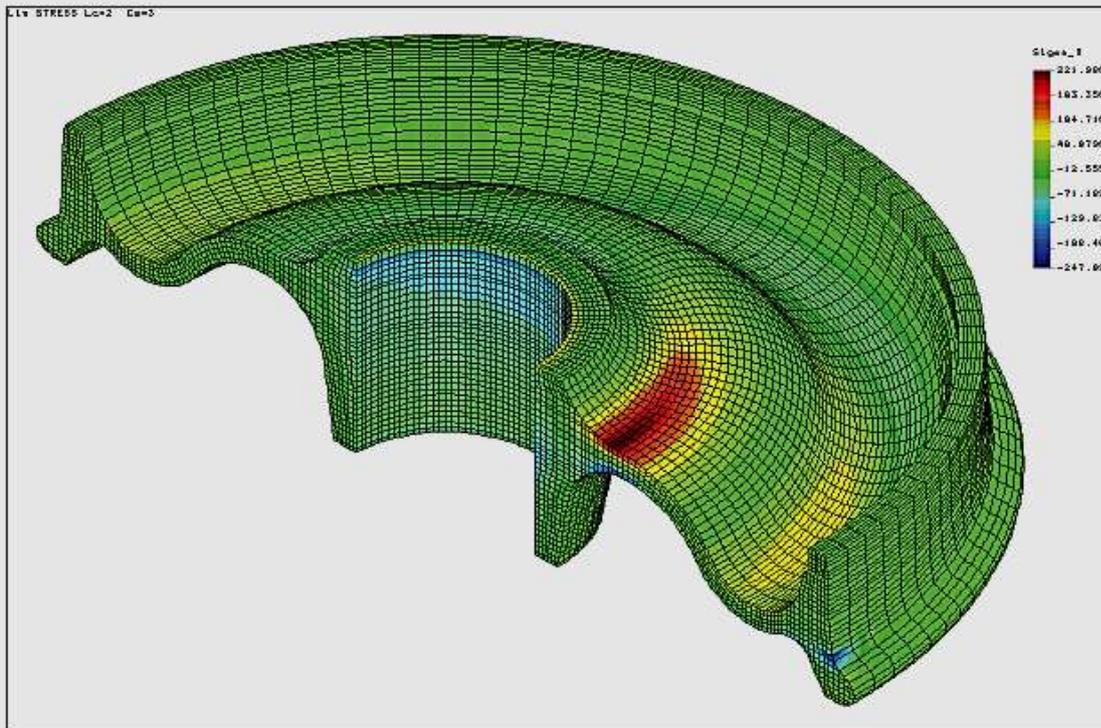


Radialspannung für den Lastfall 1 [MPa]

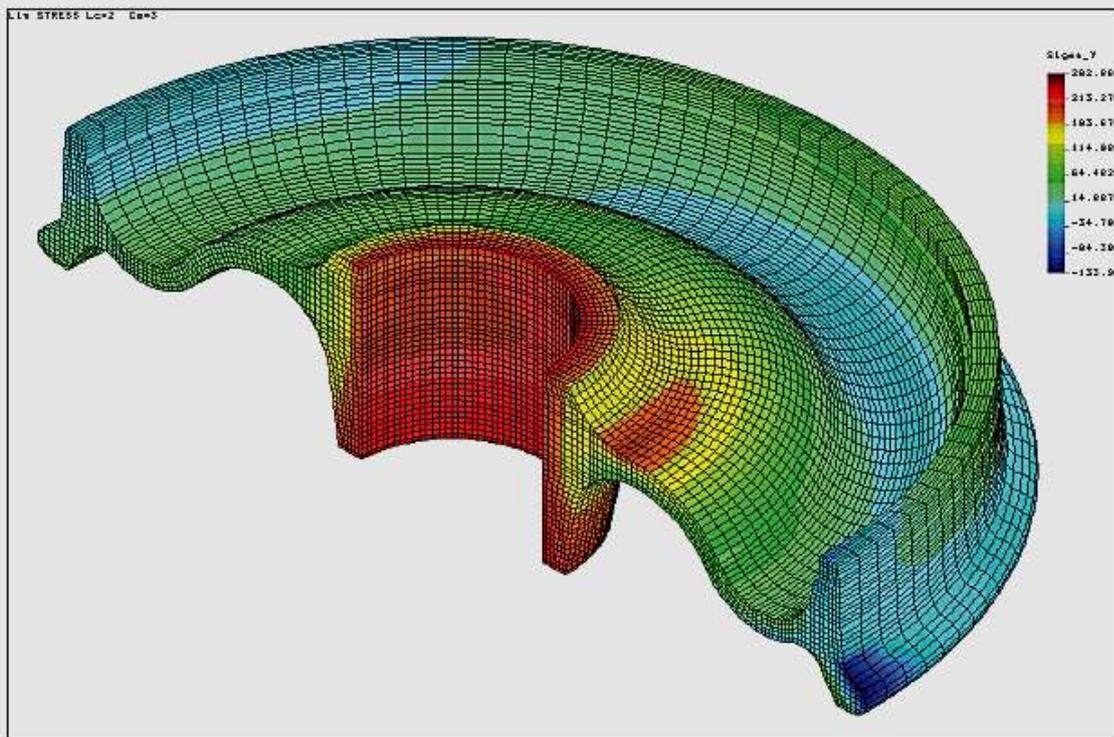
 BONATRANS	23 – 1148	Exemplar Nr.: Seite Nr.:	2 11
--	-----------	-----------------------------	---------



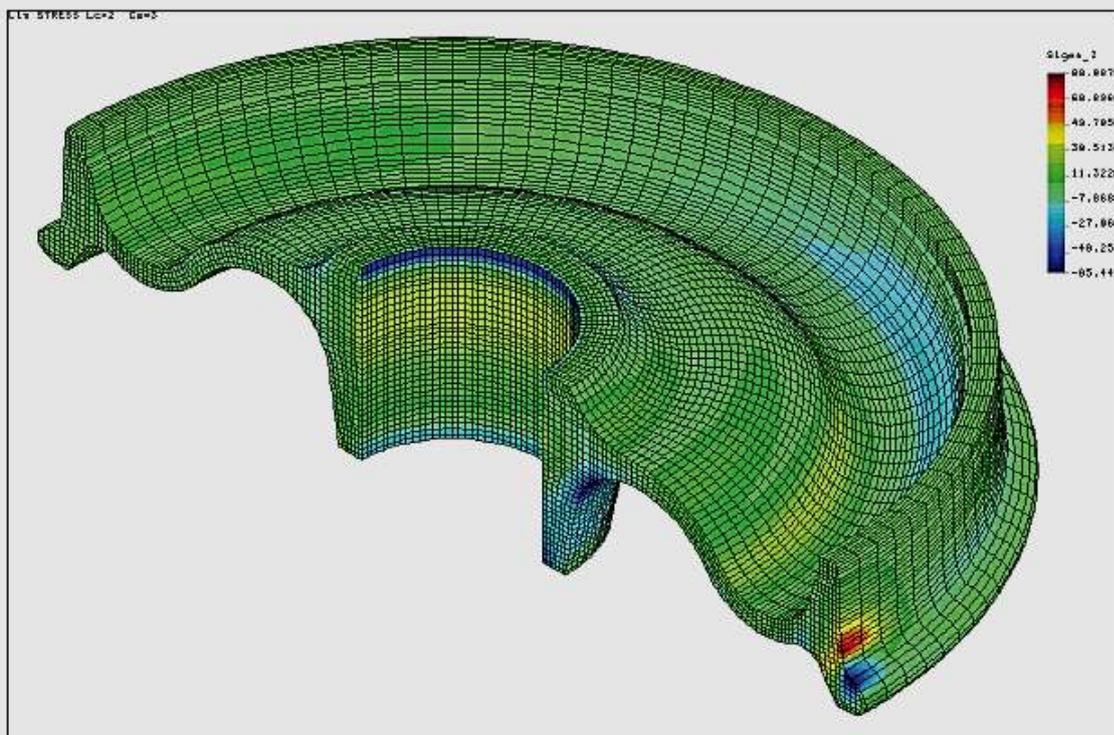
Vergleichsspannung für den Lastfall 2 [MPa]



Radialspannung für den Lastfall 2 [MPa]



Tangentialspannung für den Lastfall 2 [MPa]



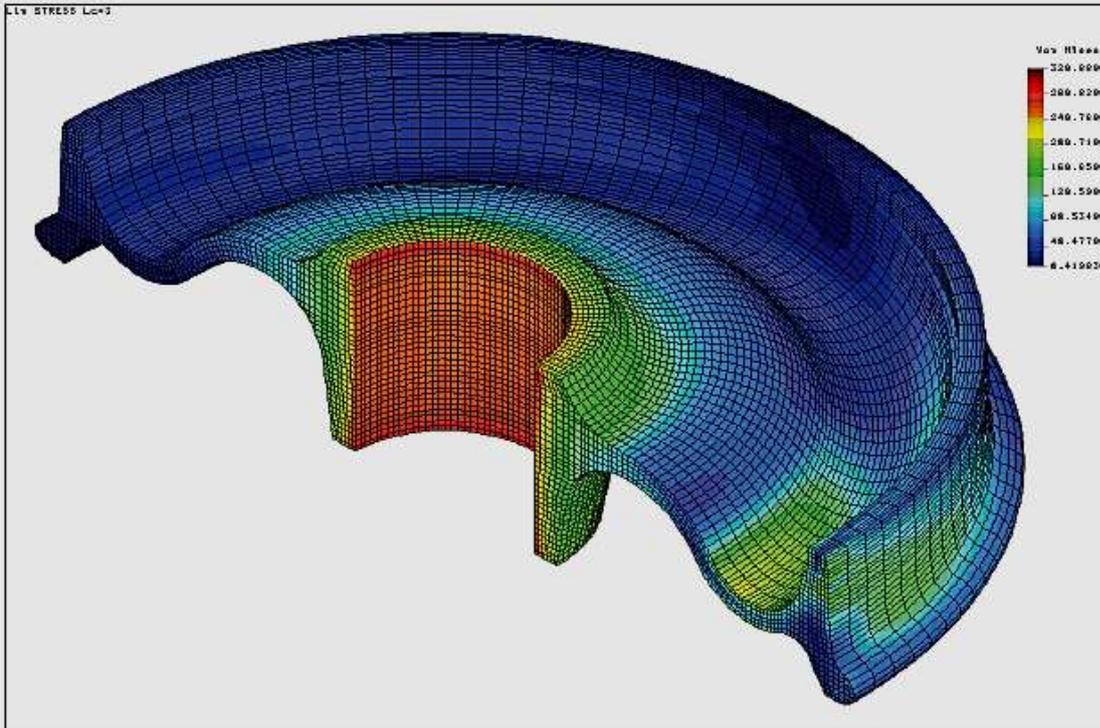
Axialspannung für den Lastfall 2 [MPa]

 **BONATRANS**

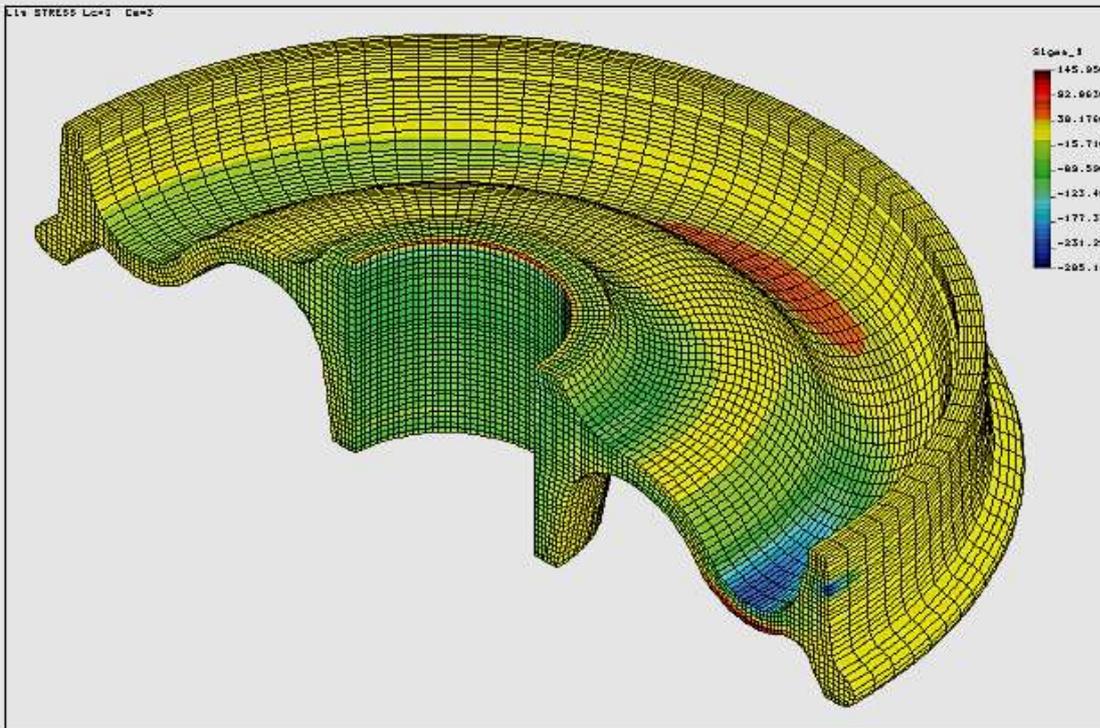
23 – 1148

Exemplar Nr.:
Seite Nr.:

2
13

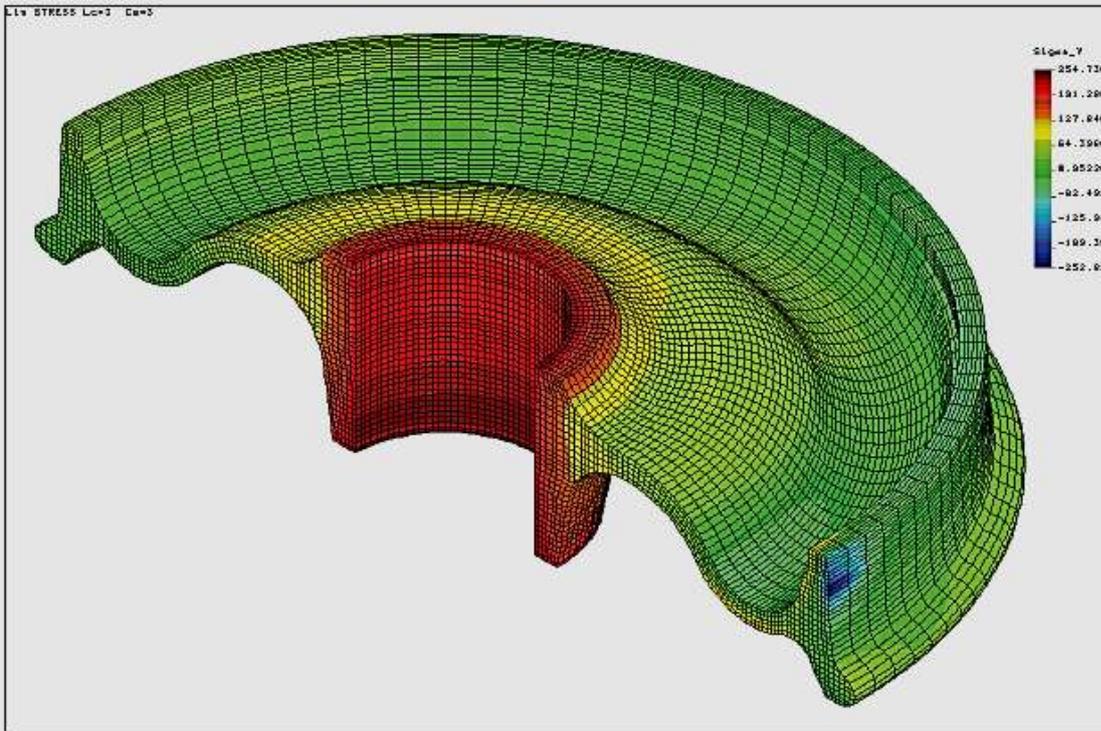


Vergleichsspannung für den Lastfall 3 [MPa]

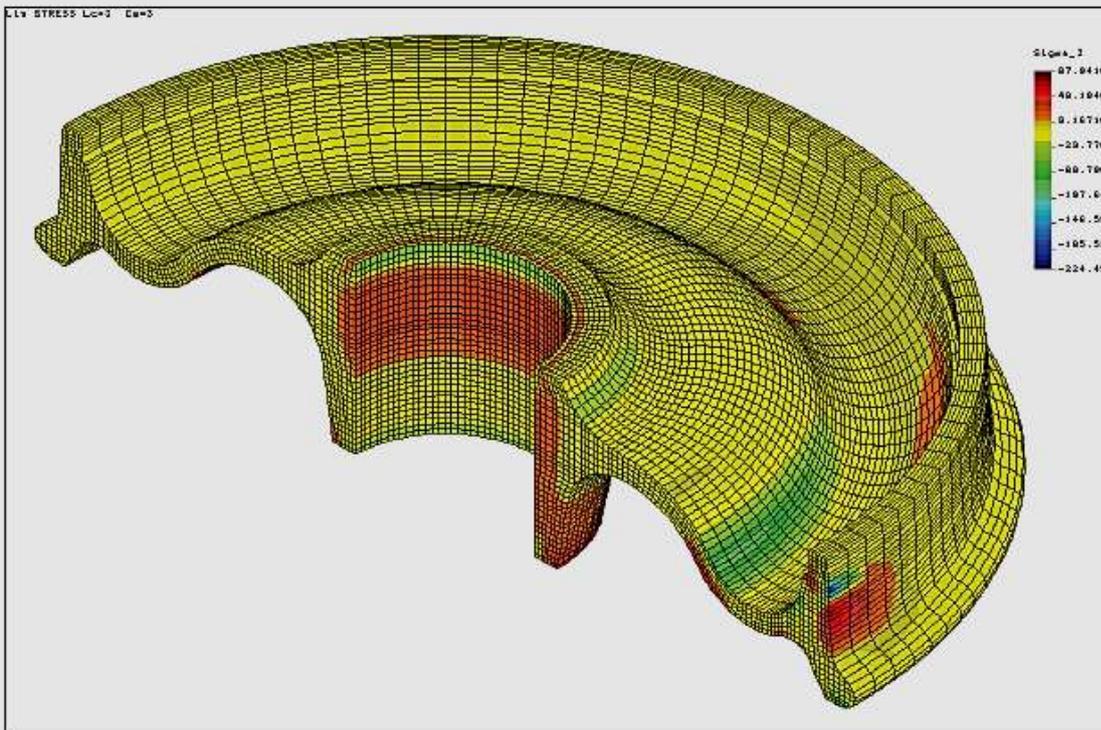


Radialspannung für den Lastfall 3 [MPa]

 BONATRANS	23 – 1148	Exemplar Nr.: Seite Nr.:	2 14
--	-----------	-----------------------------	---------



Tangentialspannung für den Lastfall 3 [MPa]



Axialspannung für den Lastfall 3 [MPa]

 BONATRANS	23 – 1148	Exemplar Nr.: 2 Seite Nr.: 15
--	-----------	----------------------------------

9.KONTROLLE BEI AUßERGEWÖHNLICHER BELASTUNG:

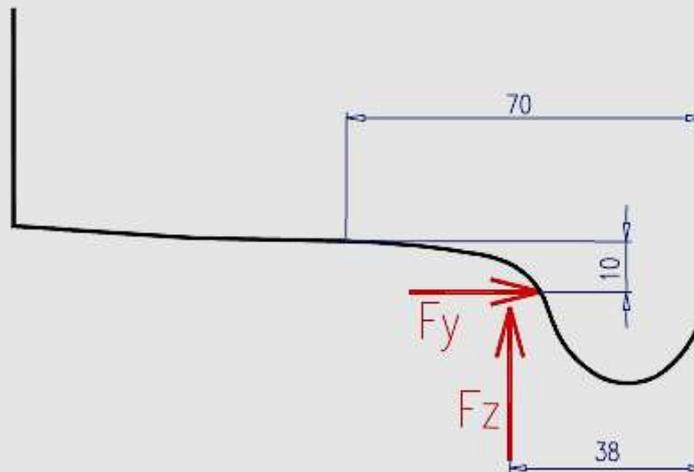
BELASTUNGSKRÄFTE:

Die Kraft in vertikaler Richtung: $F_z = F_{zlim} = 90 + Q_{kN} = 90 + 11,25 * 9,81 = 200,36 \text{ kN}$

Die begrenzte Vertikalkraft mit einer Rücksicht auf die Geschwindigkeit 160 km/h ist $F_{zlim} = 190 \text{ kN}$

Für Analyse wir nehmen $F_{zlim} = 190 \text{ kN}$

Die Kraft in Querrichtung: $F_y = F_{ylim} = \alpha (10 + P_{0kN} * g / 3) = 1 * (10 + 22,5 * 9,81 / 3) = 83,575 \text{ kN}$



BELASTUNG DURCH ÜBERMAß DER PREBPASSUNG:

Es ist mittleres Übermaß beim Sitz 200 U8/js7 bedacht.

Toleranzfeld der Bohrung $\phi 200 \text{ U8}$ ist $\begin{matrix} -0,236 \\ -0,308 \end{matrix} \text{ mm}$

Toleranzfeld des Nabensitzes $\phi 200 \text{ js7}$ ist $\pm 0,023 \text{ mm}$

Maximales Übermaß: 0,331 mm

Minimales Übermaß: 0,213 mm

Mittleres Übermaß: 0,272 mm

BELASTUNG DURCH ZENTRIFUGALKRÄFTE:

Für den Durchmesser des Rades $D_v = \phi 856 \text{ mm}$, und Geschwindigkeit 160 km / h wurde Drehgeschwindigkeit des Rades gerechnet:

$$\omega = 2 * v / D_v = 2 * 160 / (3,6 * 0,856) = 103,8 \text{ rad/s}$$



BONATRANS

23 – 1148

Exemplar Nr.:

2

Seite Nr.:

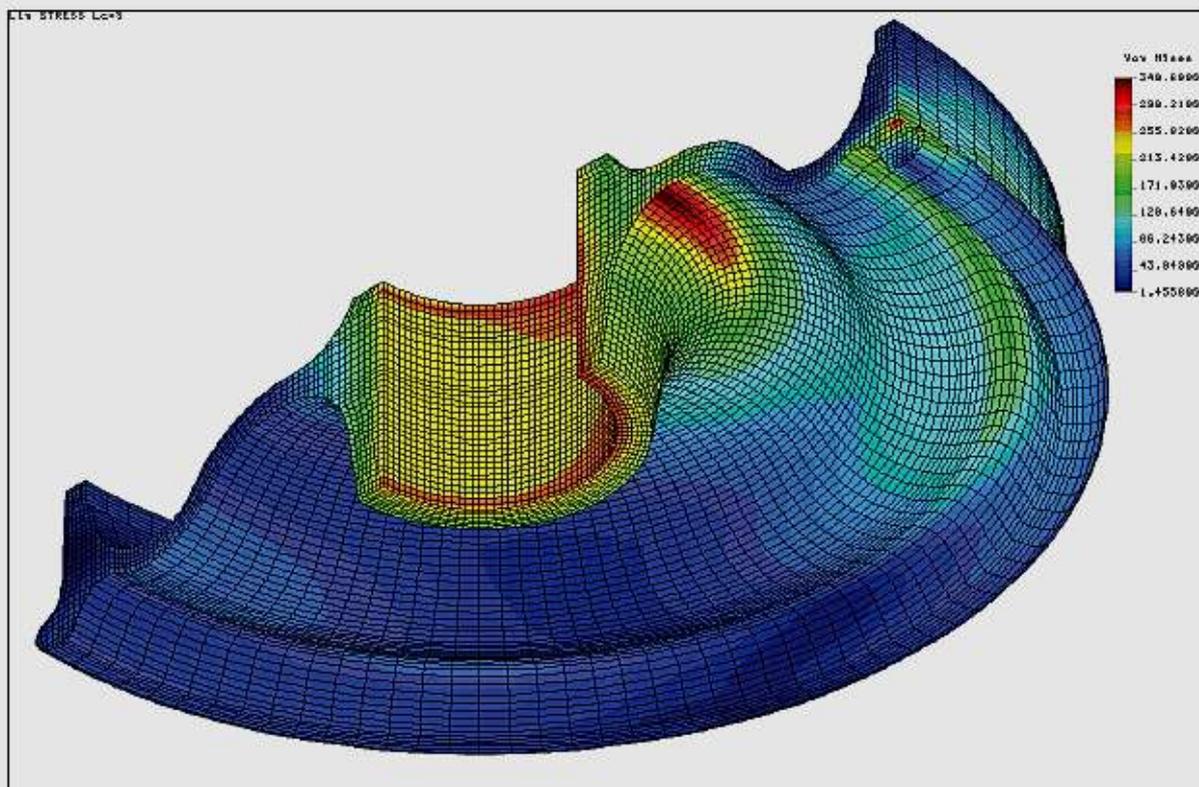
16

10. ERGEBNISSE BEI AUßERGEWÖHNLICHER BELASTUNG:

Maximale Vergleichspannung in der Radscheibe: 341 MPa

341 MPa < 355 MPa

ES GILT



Vergleichspannungen bei außergewöhnlicher Belastung [MPa]

11. SCHLUSSFOLGERUNG:

Aus den angeführten Ergebnisse hervorgeht, dass das beurteilte Vollrad (Zeichnungsnummer 455.0.212.000.25) erfüllt die Entscheidungskriterien der Vorschrift UIC 510-5 (2. Ausgabe) für die gegebene Belastung. Vorschrift UIC 510-5 ist das Anwendungsdokument für die EN 13979-1:2003.

Expertise [2c]: Deformation und Restspannung der Radscheibe, erstellt von der Universität Žilina, Fakultät für Maschinenbau, Insti- tut für Schienenfahrzeuge, Motoren und Hebezeuge, vom Mai 1998

Universität Žilina in Žilina

Fakultät für Maschinenbau

Institut für Schienenfahrzeuge, Motoren und Hebezeuge

DEFORMATION UND RESTSPANNUNG DES RADES ŽDB TYP 29

Berichtsnummer: **KKVMZ-HČ- 57/97**

Ausgearbeitet von: **Ing. Rudolf Řezníček CSc**

Unter Mitarbeit von: **Stanislav Šmída
Juraj Šmárik**

Mai 1998

ANOTATION

Řezníček, Rudolf und Kollektiv: „Deformation und Restspannung des Rades ŽDB TYP 29“

Der Bericht beschreibt die Messungen und Ergebnisse von Deformationen (Änderung des Abstandes der Radkranzrückenflächen), von Restspannungen bei definierten Bremsbetrieben im Kranz des Vollrades ŽDB TYP 29 für Eisenbahngüterwaggons, ursprünglicher Durchmesser 920 mm, abgedreht auf einen Durchmesser von 858 mm für die Simulation eines abgenutzten Rades.

Weiterhin beinhaltet er eine Beschreibung der Geräte und Einrichtungen einschließlich der Prüfmethodiken. Es sind hier Ergebnisse von Messungen der Änderung des Innenabstandes und der Werte der tangentialen Restspannungen im Radkranz aufgeführt, die durch ein Ultraschallgerät vor und nach dem Bremsprogramm auf einem Bremsstand mit Schwungrad KKVMZ gemessen wurden.

Berichtsnummer: **KKVMZ-HČ- 57/97**

Der Bericht beinhaltet:	Seiten	14
	Bilder	9
	Tabellen	2
	Anlagen	1

INHALT:

ANOTATION.....	3
1. EINLEITUNG.....	4
2. PARAMETER DES ZU PRÜFENDEN RADES.....	4
3. VERWENDETE GERÄTE UND EINRICHTUNGEN.....	4
4. PRÜFMETHODIK.....	6
5. AUSWERTUNG DER PRÜFERGEBNISSE.....	9
5.1 Bremsparameter.....	9
5.2 Werte der Restspannungen	10
5.3 Seitliche Deformation des Rades.....	11
5.4 Temperaturverlauf während der Bremsungen.....	13
6. FAZIT	14

Anlage Nr. 1: Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204 Nr. 293/97/MŽ

1. EINLEITUNG

Auf der Grundlage der Bestellung Ž/97361/990/dvojkolf VaV wurde zwischen der ŽD Bohumín, Betrieb für Eisenbahnradsätze und der Fakultät für Maschinenbau der Universität Žilina der Werkvertrag Nr. 57/97 abgeschlossen, der die Durchführung von Gefällebremsprüfungen im Rahmen des vereinbarten Programms, die Messung der Restspannungen und der Änderungen der Innenabstände des gegebenen Rades ŽDB Typ 29 auf einem Schwungrad-Bremsstand KKVMZ betrifft. Ziel war es, die Widerstandsfähigkeit gegenüber Beschädigungen und Formänderungen dieses Rades, seine Deformation (Änderung des Innenabstandes, der ein Rad betrifft) warm und kalt nach dem Bremsen auf Gefällen mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h mit einer vereinbarten Bremsleistung und Bremszeit festzustellen.

2. PARAMETER DES ZU PRÜFENDEN RADES

- Die Form des Rades entspricht der Konstruktion nach der Zeichnung ŽDB Nr. 455.0.212.000.03, dessen grundlegenden Anschlussabmessungen einem typisierten Rad mit einem Durchmesser von 920 mm UIC-ORE für Drehgestelle Y25 von Güterwaggons entsprechen.
- Der Durchmesser in der Mitte der Lauffläche wurde für die aufgeführte Prüfung durch Abdrehen auf einen Durchmesser von 858 mm verringert, darum wurde das gegebene Rad zu den Prüfungen ohne Verschleißmarke geliefert, was auch hinsichtlich der Messungen der Restspannungen durch Ultraschall auf dem Außenstirn des Kranzes entsprach.
- Radmaterial R7T nach UIC 812-3 (letzte Ausgabe).
- Schmelznummer 25 792 (siehe Anlage Nr. 1)
- Chemische Zusammensetzung und mechanische Werte sind im Prüfzeugnis Nr. 293/97/MŽ (Anlage Nr. 1) aufgeführt.

3. VERWENDETE GERÄTE UND EINRICHTUNGEN

Der Bremsstand KKVMZ, dessen Konstruktion und seine Messung und Auswertungseinrichtung wurde schon ausführlich in der Literatur beschrieben. Deshalb erwähnen wir lediglich ausführlich den Bremsstandplatz für die Prüfung der Klotzbremse und die neu angeschlossenen Schwungscheiben.

Der Bremsstandplatz der Klotzbremse ist auf der *Abb. 1* und wird durch einen eigenen Messrahmen, der auf der Radwelle auf Lagern und auf einem Dehnungsmessstreifen der tangentialen Tangentenkraft gelagert ist, gebildet. Auf diesem Rahmen sind zwei Lokomotiv-Klotzbremseinheiten mit ihren Bremsluftzylindern gelagert. Die Andruckbremskraft wird aus dem Luftdruck in diesen Zylindern nach einer Eichung durch einen eingefügten mechanischen Kraftmesser zwischen Rad und Brems Schuh bestimmt.

5

Die Eichung der tangentialen Berührungskraft, die durch den Dehnungsmessstreifen gemessen wird, wird mit Hilfe von schrittweise eingespannten Gewichten ausgeführt, die auf einem in den Messrahmen eingefügten Träger befestigt werden.

Für die Messung der Temperatur im Radkranz wurde ein Thermoelement Typ K der amerikanischen Firma OMEGA verwendet, welches wir am Befestigungsort in der Radscheibe durch ein Keramikröhrchen versahen und zukitteten.

Die Signale aus diesen Thermoelementen wurden über einen Schleifringkopf Höttinger geleitet und durch ein Board PCLD-889, das mit einem kalten Vergleichsende der Thermoelemente versehen ist. Das aufgeführte Verstärkungs- und Multiplexboard PCLD-889 wird bei Multiplexsignalen durch digitale Befehle der Messkarte ACL-8112 PG gesteuert, welche ebenfalls weitere Signale verarbeitet, wie es aufbereitete analoge Signale vom Tachodynamo (Drehgeschwindigkeit) und den Kraft- und Drucksensoren sind. Gleichzeitig steuert diese Einschubmess- und Auswertekarte, die sich in einem Steuer-PC AT befindetet, den externen Eingang des Thyristorwandlers, welcher die Drehzahl des Antriebselektromotors des Bremsstandes reguliert, so dass der Antrieb mit den angeschlossenen Schwungscheiben zusammen arbeitet und ergänzend ihr Trägheitsmoment steigert. Bei der Messung der Änderung der axialen Verschiebung des Radkranzes (nachfolgend seitliche Deformation des Rades) auf der Ebene der Lauffläche an der inneren Stirnseite des Kranzes nach einer Erwärmung des Kranzes und der Scheiben nach der Bremsung wurden Mikrometerschrauben verwendet, Platzierung siehe *Abb. 2* und weiter wurde dieser Mikrometer auch für den Vergleich an dem seitlichen Unterstützungsrahmen des Bremsstandes platziert.

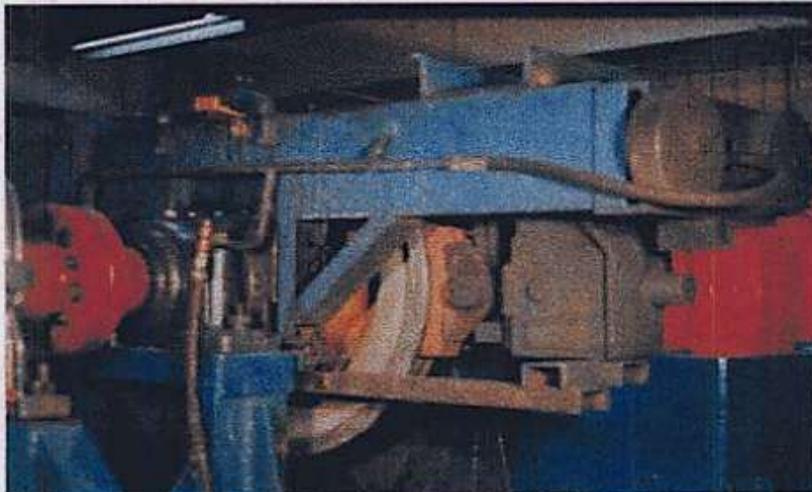


Abb. 1 Bremsstandplatz, der Klotzbremse

6

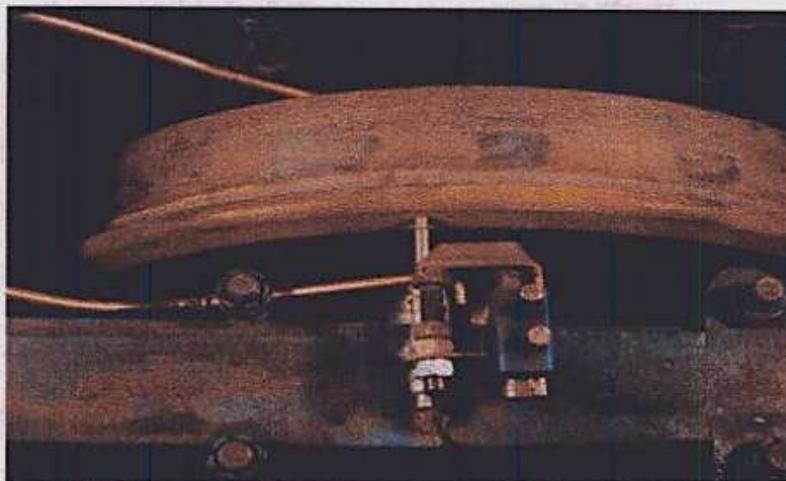


Abb. 2 Messung der Änderung des Abstandes der Radkranzrückflächen mit einer Mikrometerschraube

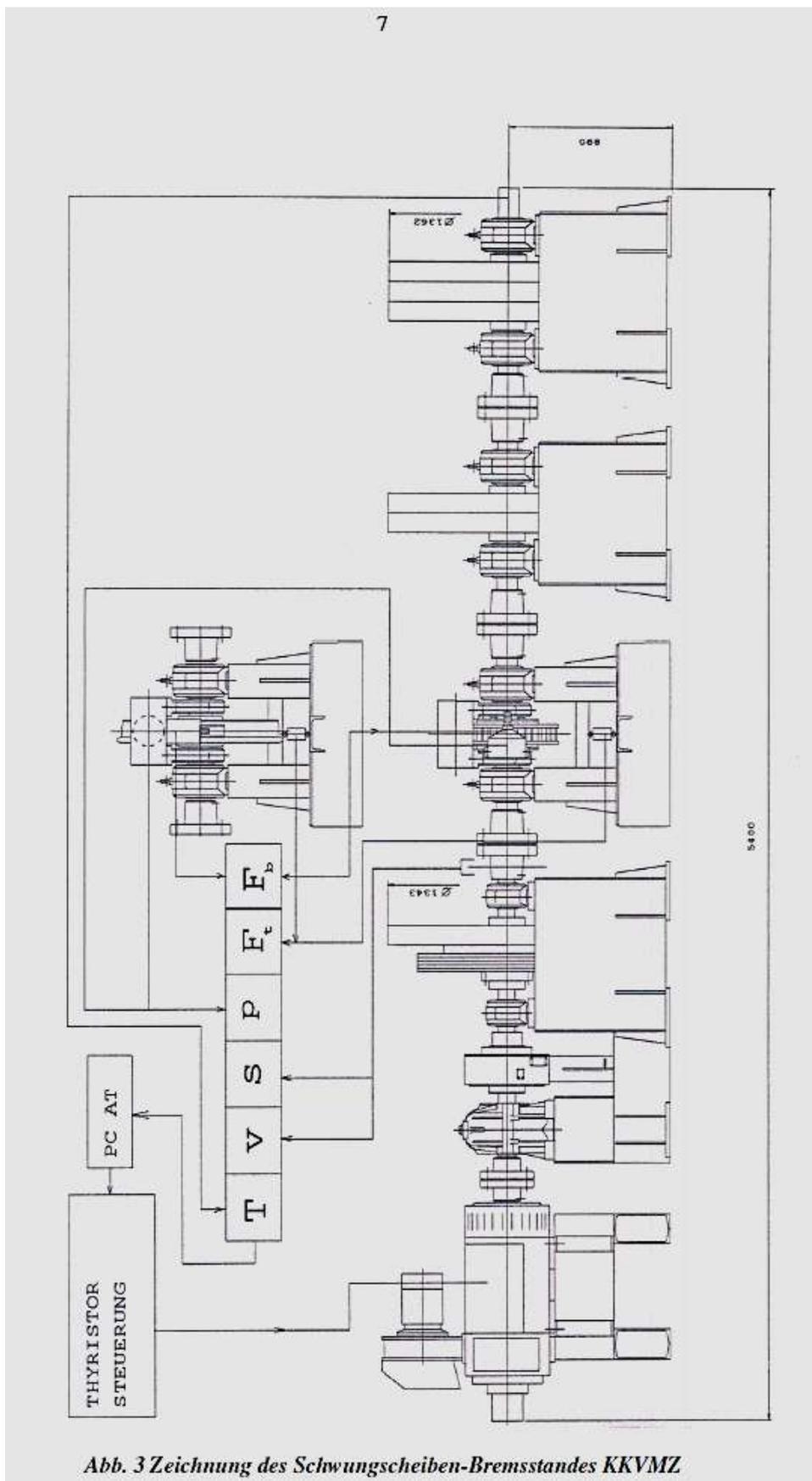
Auf der *Abb. 3* ist eine Zeichnung des Bremsstandes mit Schwungrad KKVMZ, für diese Prüfungen wurden zwei Schwungräder mit einem Trägheitsmoment von 600 und 900 kgm² angeschlossen – siehe *Abb. 3 und 4*.

4. PRÜFMETHODIK

Die Prüfmethodik wurde für die Prüfungen der sog. Spannungsräder entworfen. Die seitliche Deformation der Räder wurde an den aufgeführten vier Stellen gemessen. Weiterhin wurde bei dieser Messung ein optisches Lasergerät für die Messung der Abweichungen vom Typ LD 1605-100 - siehe *Abb. 5* – verwendet. Die gegenseitige Lage des Kranzes gegenüber der Radnabe wurde vor den Prüfungen nach der 5. Bremsung und am Ende der Prüfungen nach der 13. Bremsung bei ŽDB mit Hilfe einer Zentesimal-Messuhr gemessen, und zwar an den gleichen vier Stellen an der inneren Stirnfläche des Kranzes in Höhe der Mitte der Lauffläche des Rades.

Das eigentliche Bremsprogramm bestand aus diesen Bremsungen auf Gefällen:

1. Gefällebremsung mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h, Bremsleistung 20 kW, Bremszeit 45 Minuten 1 x
2. Gefällebremsung mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h, Bremsleistung 30 kW, Bremszeit 45 Minuten 1 x
3. Gefällebremsung mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h, Bremsleistung 40 kW, Bremszeit 45 Minuten 1 x
4. Gefällebremsung mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h, Bremsleistung 50 kW, Bremszeit 45 Minuten 10 x



8

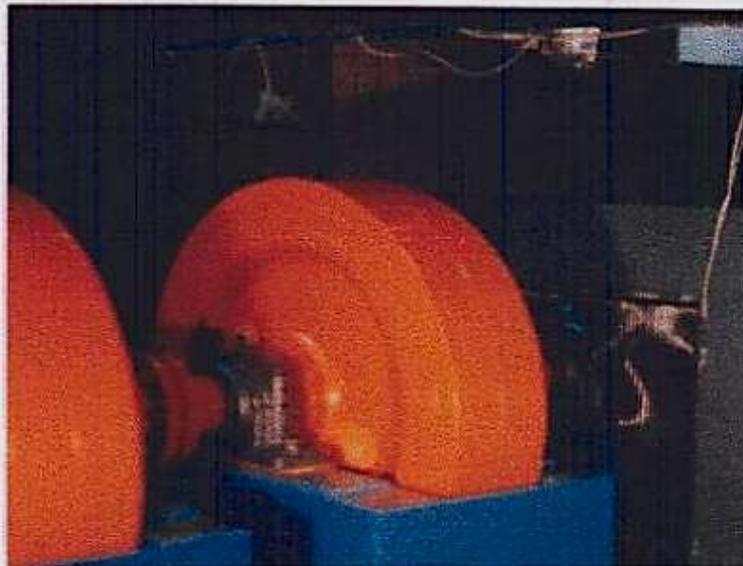


Abb. 4 Ansicht der zwei angeschlossenen Schwungscheiben bei den Prüfungen

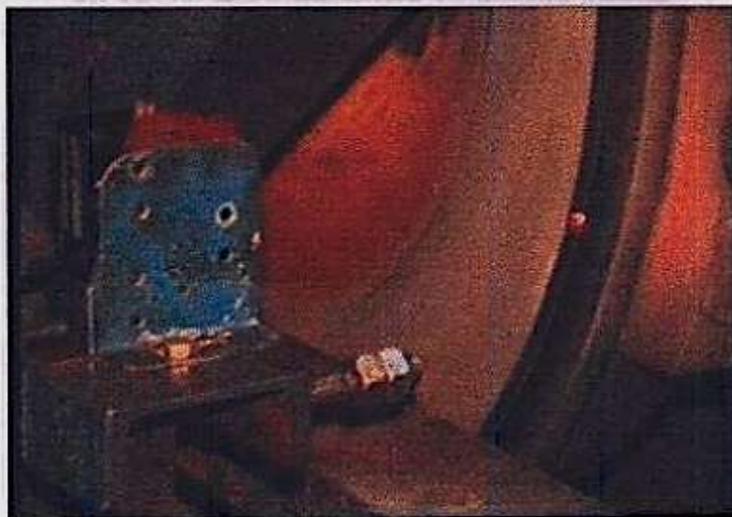
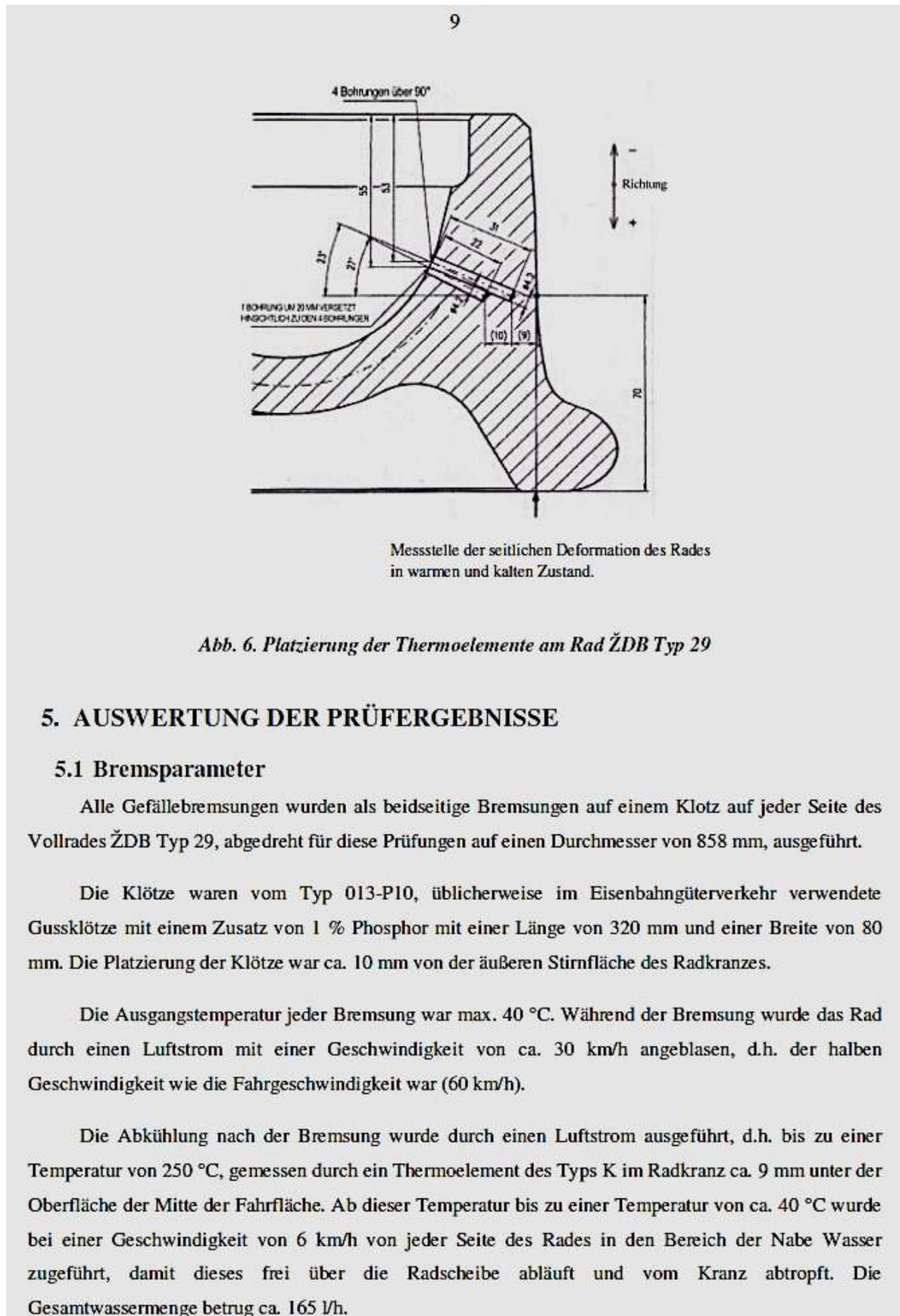


Abb. 5 Messung der axialen Abweichungen des Kranzes unter Drehung durch die Lasereinrichtung



Insgesamt wurden 5 Thermoelemente verwendet, vier Thermoelemente wurden symmetrisch über 90° verteilt (Tiefe 9 mm unter der Oberfläche), wobei an einer Stelle 2 Thermoelemente nah beieinander platziert wurden (in einer Tiefe von 9 und 13 mm), nach *Abb. 6*.

5.2 Werte der Restspannungen

Die Werte der Restspannungen der tangentialen Spannung wurden vor dem Prüfprogramm durch ein Ultraschallgerät DEBRO 30 als Ausgangszustand gemessen. Die Messung wurde an vier Stellen, und zwar jeweils ca. 150 mm rechts vom Schnitt, in welchem die Thermoelemente eingebaut waren, durchgeführt, und zwar auf der äußeren Stirnseite des Kranzes. Im Verlauf nach der 5. Gefällebremsung und nach Beendigung des Prüfprogramms wurden die gleichen Messungen der tangentialen Restspannungen durchgeführt.

Die Ergebniswerte der Restspannungen im Kranz des Rades ŽDB Typ 29 sind in *Tab. 1* aufgeführt. Die verwendete Ultraschallkonstante $\beta = -79$ und die Konstante der Materialanisotropie ist gleich -005 .

Tab. 1 Werte der tangentialen Restspannungen

Bremsnummer	Messstelle N1 Spannung [MPa]	Messstelle N2 Spannung [MPa]	Messstelle N3 Spannung [MPa]	Messstelle N4 Spannung [MPa]
Anfang	- 5	+ 16	+ 8	+ 5
1.	-	-	-	-
2.	-	-	-	-
3.	-	-	-	-
4.	-	-	-	-
5.	+ 237	+ 229	+ 226	+ 237
6.	-	-	-	-
7.	-	-	-	-
8.	-	-	-	-
9.	-	-	-	-
10.	-	-	-	-
11.	-	-	-	-
12.	-	-	-	-
13.	+ 240	+ 262	+ 201	+ 249

5.3 Seitliche Deformation des Rades

Die seitliche Deformation des Rades wurde an den vier Messstellen MI bis M4 über 90° über den Umfang der inneren Stirnfläche des Rades gemessen, und zwar in Höhe der Mitte der Fahrfläche durch einen mechanischen Tiefenmesser – Mikrometerschraube, und zwar an den zwei Stellen, welche in *Abb. 2 und Abb. 5* zu sehen sind. Die aufgeführten vier Messstellen lagen in den Platzierungsschnitten der Thermoelemente.

In *Tab. 2* sind die einzelnen gemessenen Werte der seitlichen Deformation des Rades in den aufgeführten Stellen des Kranzes aufgeführt, und zwar jeweils vor dem Bremsen kalt und nach dem Bremsen warm. Negative Werte kennzeichnen eine Erhöhung des Abstandes.

In *Abb. 7* sind Durchschnittswerte der seitlichen Deformation des Rades aus den aufgeführten vier Punkten über den Kranzumfang aufgeführt. In *Abb. 8* sind die Temperaturen bei der Messung der seitlichen Deformation des Rades aufgeführt, festgelegt als mittlere Temperaturen von den aufgeführten Thermoelementen.

Tab. 2 Seitliche Deformation des Rades vor/nach den einzelnen Bremsungen kalt und warm

Bremsnummer	Messstelle M1 kalt/warm	Messstelle M2 kalt/warm	Messstelle M3 kalt/warm	Messstelle M4 kalt/warm	Durchschnitt kalt/warm
1.	0,00/ - 0,41	0,00/ - 0,38	0,00/ - 0,35	0,00/ - 0,46	0,00/ - 0,40
2.	- 0,02/ - 0,38	- 0,02/ - 0,64	- 0,04/ - 0,62	- 0,00/ - 0,68	- 0,02/ - 0,58
3.	- 0,13/ - 0,94	- 0,05/ - 1,01	- 0,12/ - 0,94	- 0,06/ - 1,00	- 0,09/ - 0,97
4.	- 0,26/ - 1,20	- 0,42/ - 1,16	- 0,38/ - 1,32	- 0,34/ - 1,28	- 0,35/ - 1,24
5.	- 0,40/ - 1,20	- 0,65/ - 1,38	- 0,51/ - 1,52	- 0,53/ - 1,46	- 0,52/ - 1,44
6.	- 0,42/ - 1,40	- 0,69/ - 1,66	- 0,57/ - 1,61	- 0,56/ - 1,54	- 0,56/ - 1,53
7.	- 0,44/ - 1,41	- 0,70/ - 1,68	- 0,59/ - 1,51	- 0,58/ - 1,53	- 0,58/ - 1,53
8.	- 0,48/ - 1,40	- 0,73/ - 1,66	- 0,62/ - 1,51	- 0,65/ - 1,51	- 0,61/ - 1,49
9.	- 0,42/ - 1,30	- 0,74/ - 1,73	- 0,64/ - 1,58	- 0,60/ - 1,57	- 0,60/ - 1,55
10.	- 0,43/ - 1,32	- 0,64/ - 1,74	- 0,62/ - 1,61	- 0,63/ - 1,57	- 0,58/ - 1,53
11.	- 0,45/ - 1,43	- 0,72/ - 1,66	- 0,68/ - 1,55	- 0,63/ - 1,44	- 0,62/ - 1,52
12.	- 0,44/ - 1,45	- 0,72/ - 1,75	- 0,62/ - 1,66	- 0,58/ - 1,54	- 0,59/ - 1,60
13.	- 0,45/ - 1,41	- 0,72/ - 1,80	- 0,60/ - 1,68	- 0,62/ - 1,55	- 0,60/ - 1,61
14.	- 0,41/ -	- 0,83/ -	- 0,59/ -	- 0,61/ -	- 0,61/ -

12

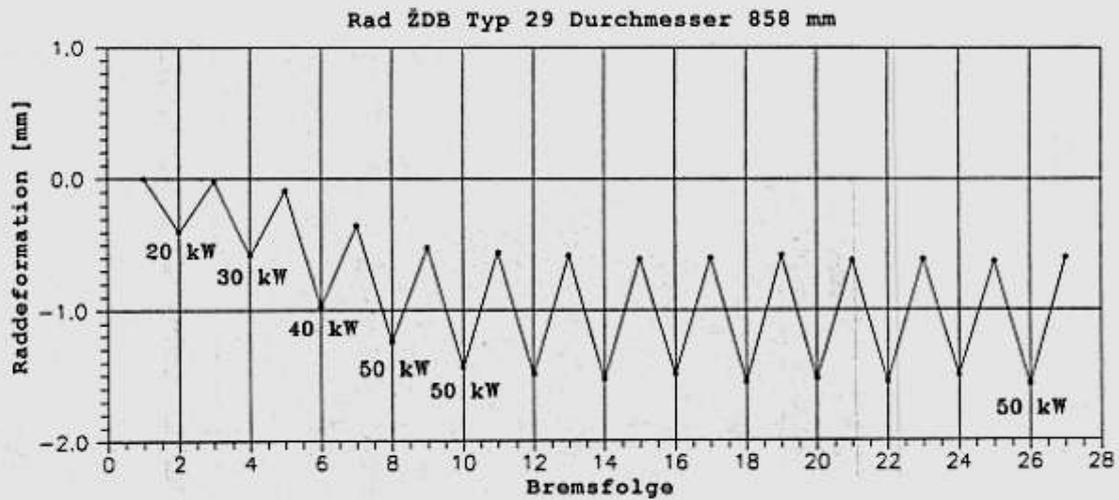


Abb. 7 Durchschnittswerte der seitlichen Deformation des Rades warm und kalt

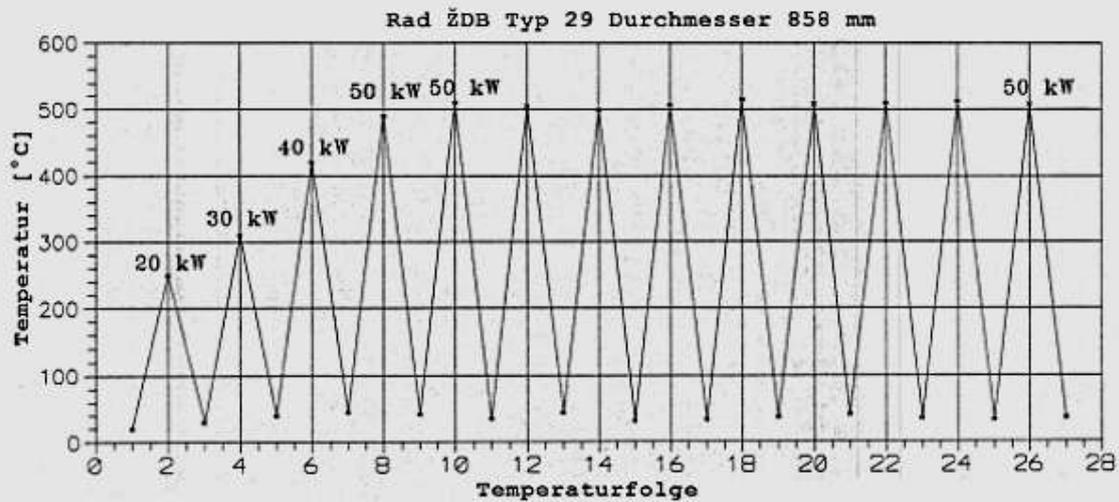


Abb. 8 Durchschnittstemperaturen des Radkranzes bei der Messung der seitlichen Raddeformation

Weiterhin wurde die seitliche Raddeformation über dem Umfang der inneren Stirnfläche des Kranzes in Höhe der Mitte der Fahrfläche mit einer Lasermessuhr des Typs LD 1605-100 kalt und warm direkt nach der Bremsung gemessen. Diese Messung bestätigte die Änderungswerte, die mit der Mikrometerschraube gemessen wurden.

Im Fertigungsbetrieb des Radsatzes der ŽDB wurden ebenfalls die seitliche Deformation des Rades kalt gegenüber der Nabe gemessen, und zwar nach den ersten Bremsungen an den aufgeführten vier Stellen M1 bis M4 und am Ende der Bremsung nach den Prüfungen.

5.4 Temperaturverlauf während der Bremsungen

In der *Abb. 9* sind die Temperaturverläufe der Thermoelemente Nr. 1 bis 4 (das Thermoelement Nr. 5 wurde wegen einer Störung ausgeschlossen) aufgeführt, bei der zweiten Gefällebremsung mit einer Bremsleistung von 50 kW. Die örtlichen Ausschläge der Temperaturen der Thermoelemente sind durch die Übertragung von heißen Spritzern auf die Fahrfläche des Rades über den Thermoelementen hervorgerufen, und zwar durch ihre Bewegung über den Umfang ggf. axial über den Kranz. Aus diesen Verläufen ist erkenntlich, dass die Erwärmung des Rades in den aufgeführten verschiedenen Messstellen relativ gleichmäßig war.

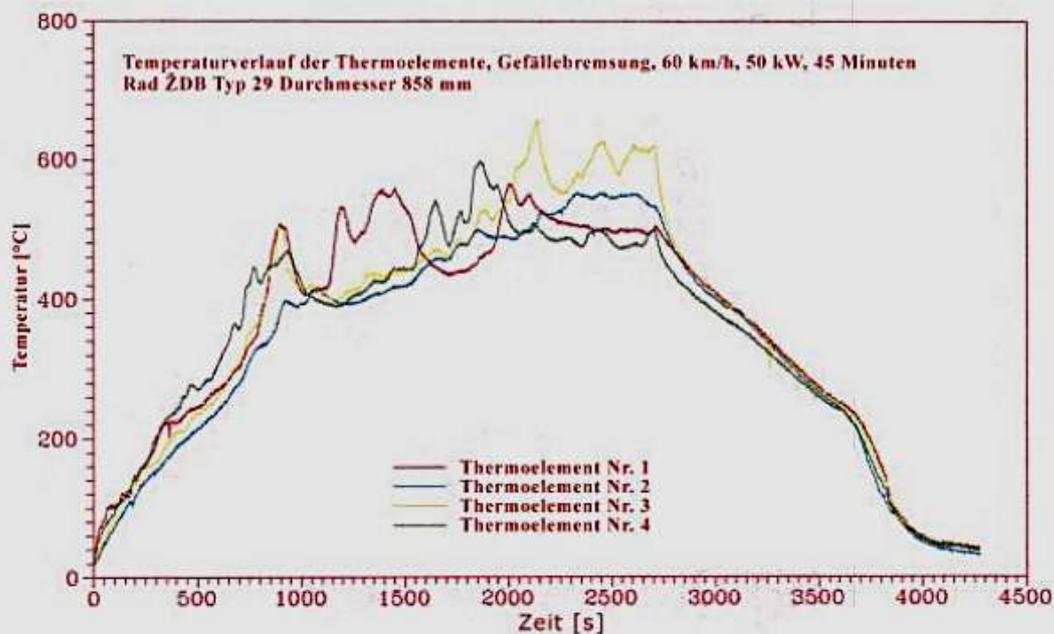


Abb. 9 Temperaturverlauf bei der 5. Gefällebremsung, 60 km/h, 50 kW, 45 Minuten

6. FAZIT

Die aufgeführten Prüfungen der Gefällebremsungen auf dem Bremsstand KKVMZ zeigten, dass ein abgenutztes Rad ŽDB Typ 29 mit einem abgedrehten Kranz auf einen Durchmesser von 858 mm eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegenüber einem Wärmegradienten aufzeigte, der während und nach intensiven Bremsungen auf Gefällen auftrat, und zwar durch relativ kleine vorübergehende seitliche Deformationen des kalten Rades, welche nicht die gewöhnlich erwogenen Deformationswerte von 1 mm überschreiten.

Ebenso sind die maximalen seitlichen Deformationen des Rades bei und nach der Bremsung, d.h. in erwärmten Zustand, bei weitem nicht so groß wie die gewöhnlich erwogenen erlaubten Werte von 2,5 mm.

Die durchschnittliche tangentielle Restzugspannung im Radkranz nach den aufgeführten intensiven Bremsungen liegt unter einem Niveau von ca. + 250 MPa. Diese Werte gewährleisten einen sicheren Betrieb, wo die gewöhnlich genannten Werte der erlaubten Restzugspannungen im Kranz kleiner als + 300 MPa sein müssen.

Nach den aufgeführten intensiven Bremsungen und den Abkühlungsmodi wurden keine Risse im Bereich des Kranzes und der Scheibe des Prüfrades beobachtet.

15

QUALITÄTSSTEUERUNG AUSGANGSKONTROLLE					
Vyhotoveni 6 krát Ausfertigung fach		Přílohy - Anlagen		ZDB a.s. BOHUMÍN Bezručova 300 736 93 Bohumín Závod železniční dvojkolí Tel.: +42 (69 608) 3272 Fax: +42 (69 608) 2804	
PŘEJÍMACÍ CERTIFIKÁT DLE ABNAHMEPRÜFZEUGNIS NACH			EN 10204 č. 293/97/MZ EN 10204 Nr.		
Dokument Bescheinigung ...			3.1.8		
Zakázka č. Auftrag Nr.			Objednávající Besteller TÚ železniční dvojkolí konstrukční oddělení		
Kontrakt / Objednávka č. Vertrags-/Bestell.-Nr.			Číslo výkresu a technické podmínky Zeichnung Nr. und techn. Lieferbedingungen 212.02 UIC 812-3, DB TL 918 277		
Pozice Pos.	Kusy Stück	Hmotnost Masse kg	Čís. tavby Schmelze Nr.	Předmět kontraktu, rozměry výrobku Vertragsgegenstand, Abmessung des Erzeugnisses mm	
1.	11		Z 792	Monoblock Ø 920 mm RTT	
Předložené doklady o zkouškách Vorgelegte Prüfdokumente					

16

Tahová zkouška Zugversuch								Zkouška řízem v ohybu Kerbschlagbiegeversuch						
Zl. č. Probe Nr.	Rozměry zkoušek Probenabmessungen			Měř. délka Mess. länge	Mez zkůzu Streckgrenze	Pevnost v tahu Zugfestigkeit	Poměrné prodlou- žení Bruch- dehnung	Tvar zkoušky Probenform						
	Průměr Durchmesser		Průřez Quer- schnitt					Re			Rm		A	
	Šířka Breite	Tloušť. Dicke												
	mm	mm	mm ²	mm	N/mm ²	N/mm ²	%	J	J	J	Temp. C			
Předpis Vorschrift		∅ 10	78,5	50	informativ.	v. 820 - 940	14		15		20			
						d. max. 760	16							
Výsledek zkoušky Istwerte	6/1v.	∅ 10	78,5	59,0	643	940	18,0	32	31	36	20			
	6/2d.	∅ 10	78,5	62,0	365	707	24,0							
Chemická analýza % Chemische Analyse %														
	Čís. tavby Schmel. Nr.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V			
Předpis Vorschrift		0,52	0,40	0,80	0,020	0,015	0,30	0,30	0,30	0,08	0,05			
Tavební anal. Schmelzenanal.														
Rozbor z vyr. Stückanalyse	25 792	0,49	0,29	0,72	0,013	0,005	0,05	0,01	0,19	0,00	0,00			
Orientace zbytkových prutů Richtung der Eigenspannungen				Tvrdość HB v průřezu vlnce Brinellhärte Radkreisquerschnitt										
Předpis Vorschrift	min. 1 mm			6.										
Výsledek zkoušky Istwerte	6 - 2,7 mm			1.	255	3.	259	6.	266	1.	3.	6.		
				2.	252	4.	249	7.	260	2.	4.	7.		
					5.	215					5.			
Ostatní zkoušky dle kontraktu Weitere Prüfungen laut Kontrakts														
1. Baumann 2. Mikrostruktura														
Vyše uvedené zkoušky vyhovely předpisům Die oben angeführten Prüfungen stimmen mit den Vorschriften überein.								Bohumín 1.9.1997						
ŽDB a.s. 4 Bohumín, Bezručova 300 ZÁVOD ŽELEZNIČNÍ DVOJKOLÍ METALURGICKÉ ZKOUŠEBNY 24														