

ENTGLEISUNG ZUG 66505

Bf Sankt Veit an der Glan

Untersuchungsbericht

Anlage C


Beilagen:

Seite C –

Expertise [5]: Ursachenbestimmung für die Beschädigung des Vollrades, erstellt vom Radscheibenhersteller, am 10. Oktober 2011

2 bis 33

Expertise[5]: Ursachenbestimmung für die Beschädigung des Vollrades, erstellt vom Radscheibenhersteller, am 10. Oktober 2011

 BONATRANS BONATRANS GROUP a.s., Metallurgische Prüfstelle		Revoluční 1234, 735 94 Bohumín, Tel./Fax:597 082 266, E-Mail:zjendrejck@bonatrans.cz		Protokoll Nr. 77/2011/Mz		Seite 1/31
Kunde:	ORJ - BONATRANS	Vertragsnummer: (Bestellung, Verzeichnis)	POV 11/155/TK	Annahmedatum der Probe:	12.9.2011.	
Prüfgegenstand:	Auftrag: 45.5001/11	Stahlklasse: R7T	Umformverfahren: 212.25	Abmessungen: Ø 920 mm		Erzeugnis: Kompaktes Rad
	Ursachenbestimmung für die Beschädigung des Vollrads - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T an der Innenseite der Scheibe im Übergangsbereich Kranz – Scheibe.					

Einleitung

Im Juni 2011 kam es im Betrieb der österreichischen Bahnen ÖBB zum Entgleisen des 4-Achsen-Kesselfahrzeugs vom Typ Uacns. Das Entgleisen wurde durch den Bruch des Rads der 3. Achse des Wagens verursacht, wo es aufgrund der Abtrennung des Kranzes vom Restquerschnitt am Umfang des Rads zur Beschädigung der Kompaktheit kam. Siehe Abb. 1, 2 und 3. Zum Entstehen von Umfangsrissen an der Innenseite des der Radscheibe im Übergangsbereich (Radius) Kranz – Scheibe ist es auch an den weiteren Rädern dieses Wagens gekommen.

BTG hat für die Analysen das Rad mit der Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T (Abb.7) mit dem Auftreten der Umfangsrisse an der Innenseite der Scheibe erhalten. Siehe Abb. 4, 5 und 6.

Die Vollräder im Durchmesser von 920 mm - Schmelze 38249 – wurden aus Strangguss vom Stahlwerk TŽ Třinec in Qualität R7T laut UIC 812-3 und TP TLB 12-98 hergestellt. Qualitätsabnahme 15.3.2001.

Materialprüfungen – Qualitätsabnahme

Schmelzeanalyse

Nr. d. Schmelze	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
38249	0,51	0,24	0,70	0,016	0,008	0,06	0,03	0,26	0,005	0,004

Chemische Analyse des Erzeugnisses

Nr. d. Schmelze	Nr. d. Prüfrads	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Al
38249	39	0,52	0,23	0,67	0,015	0,009	0,06	0,02	0,23	0,01	0,00	0,026

Vorschrift UIC 812-3 a TP TLB 12-98 für Qualität R7T

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
Max. 0,50	Max. 0,40	Max. 0,90	Max. 0,035	Max. 0,035	Max. 0,30	Max. 0,30	Max. 0,30	Max. 0,08	Max. 0,05

Mechanische Eigenschaften

Nr. d. Schmelze	Nr. d. Prüfrads	Entnahmestelle	Re N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	KU +20°C J	KU -20°C J
38249	39	Kranz	602	930	18,4	25 24 29	16 17 23
		Scheibe	357	719	21,6	-	-
	346	Kranz	622	939	17,6	25 23 24	19 20 15
		Scheibe	361	720	21,7	-	-

Vorschrift UIC 812-3 und TP TLB 12-98 für Qualität R7T

Entnahmestelle	Re N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	KU +20°C J	KU -20°C J
Kranz	informativ	820 až 940	Min.14	Min.15	informativ
Scheibe	informativ	Max.740	Min.16	-	-

Datum der Prüfung:	15.9., 20.-21.9., 3.-6.11.2011	Kontrolliert:	Rudolf Faja	Genehmigt:	Ing. Jendřejčík Zdeněk Vedoucí Metalurgické zkušebny
Gepprüft:	R.Faja, Ing.O.Halfar, Ing.I.Jurková, R.Gibiecová, I.Kovář.	Unterschrift:		Unterschrift:	
Ausstellungsdatum:	10.10.2011.				
Ausgestellt:	Rudolf Faja				

Die Prüfergebnisse betreffen nur die geprüften Gegenstände. Das Protokoll darf nur als Ganzes reproduziert werden.
60-800f

Brinell-Härte am Querschnitt

Platzierung des Eindrucks laut UIC 812-3, Abb.

Nr. d. Schmelze	Nr. d. Prüfrads	Brinell-Härte (HB)				
		38249	39	1. 257	3. 255	6. 232
		2. 244	4. 246	7. 244		
			5. 219			

Nr. d. Schmelze	Nr. d. Prüfrads	Brinell-Härte (HB)				
		38249	346	1. 269	3. 269	6. 260
		2. 255	4. 255	7. 252		
			5. 219			

Vorschrift UIC 812-3 und TP TLB 12-98

230 bis 275 HB.

Prüfumfang

1. Ultraschallprüfung.
2. Magnetische Prüfung
3. Messung der Restspannung im Kranz mittels Ultraschall.
4. Brinell-Härte am Radkranzumfang.
5. Brinell-Härte in der Scheibe.
6. Ausrichtung der Innenspannungen laut UIC 812-3, 5. Ausgabe.
7. Vergleich des Radprofils mit dem Zeichnungsprofil.
8. Vergleich der Form mit der Zeichnung mittels 3D-Gerät.
9. Chemische Kontrollanalyse.
10. Mechanische Eigenschaften.
11. Brinell-Härte am Querschnitt des Kranzes und Teils der Scheibe.
12. Makrostruktur.
13. Mikrostruktur.

Prüfprotokoll

1. Ultraschallprüfung – Protokoll Nr. 24245/2011/DK/A.

Benutztes Gerät:	DIO 2000, Starmans 05-55	
Benutzte Sonde:	PQA26/20x5-4D	PQA 26/20-4C
	SN:06.219	SN:06.236
Frequenz der Sonde:	4MHz	4MHz
Winkel der Sonde:	0°	0°
Bereich der Zeitbasis	0-100 mm	0-150 mm
Eingestellt. Bewertungsniveau:	DAC 1 mm FBH	DAC 1 mm FBH, 4dB
Kopplungsmedium:	Wasser	Wasser
Geprüft laut	EN 13262, SOP60-955	

Das Prüfrad mit der Ordnungsnummer 103, Schmelze 38249 hat den geforderten Kriterien für Kategorie 1 entsprochen.

2. Magnetprüfung – Protokoll Nr. 21246/2011/DK/A

Benutztes Gerät:	Magnetisches Defektoskop DIO 5000 (No. 2007/1001)
Magnetisierung	Kombinierte M. - min. 3000 A.m ⁻¹
Lichtintensität:	UVA min. 15W.m ⁻²

Seite 2 (insgesamt 332)

Detektionsmittel: Fluoreszenz-Suspension, Sedimentgehalt min.0,2 ml/100 ml
Geprüft laut: EN 13262, SOP60-955

Am Prüfrad - Ordnungsnummer 103, Schmelze Nr. 38249 wurden an der Innenseite der Scheibe Indikationen von Rissen detektiert, die fast am gesamten Umfang desselben auftreten. Die Stelle für das Auftreten der Indikation ist der Übergang zwischen Radscheibe und -kranz. Die Stellen, an denen die indizierten Risse auftreten, sind auf Abb. 4 mit Farbe hervorgehoben.

3. Messung der Restspannung im Kranz mittels Ultraschall – Protokoll 21248/2011/DK

Benutztes Gerät: DEBIE 98
Anisotropie: 10 MPa
B-Konstante: - 79
Messfehler: ± 10 MPa
Kopplungsmedium: Epoxid
Platzierung der Sonde: an der Fläche der Außenstirn des Kranzes zwischen der Fahrfläche und der Abnutzungsnut

Prüfergebnis:

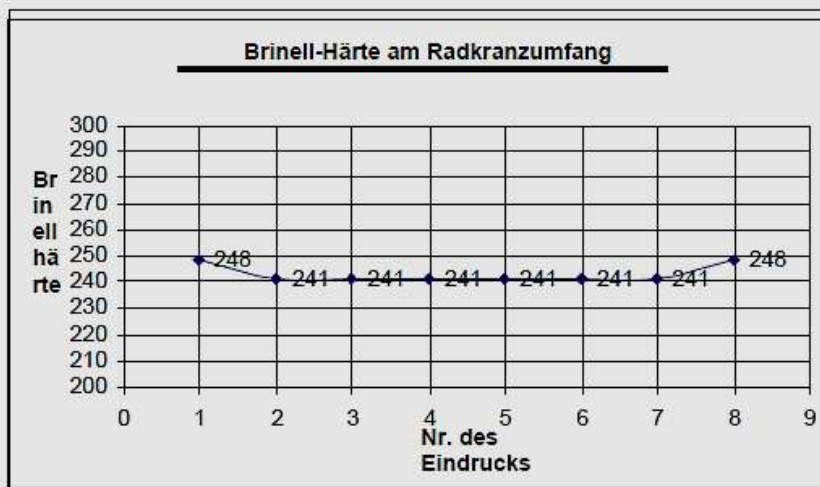
Nr. d. Schmelze	Nr. d. Prüfrads	1 0°	2 120°	3 240°
38249	103	+ 8	+ 10	- 11

Das Prüfrad weist im Radkranz überwiegend Zugspannungen auf, die auf eine thermische Beeinflussung des Kranzes infolge einer intensiven Bremsung hinweisen.

4. Brinell-Härte am Radkranzumfang.

Das Messen der Brinell-Härte (ČSN EN ISO 6506-1) an der Außenstirn am Umfang der Prüfräder wurde am Betriebs- Brinell-Härtemessgerät, mit einer Kugel vom Durchmesser 10 mm bei einer Belastung von 29430 N (3000 kg) durchgeführt. Die Härte wurde in einem Abstand von ca. 10 mm von der Kante der Fahrfläche – Außenstirn - gemessen. Die Anordnung der einzelnen Eindrücke ist in einem gegenseitigen Abstand von 45°. In der folgenden Tabelle sind die Meßwerte angeführt, unter der Tabelle befindet sich die graphische Darstellung des Härteverlaufs.

Nr. d. Eindrucks	Anordnung des Eindrucks	Brinell-Härte
1	0°	248
2	45°	241
3	90°	241
4	135°	241
5	180°	241
6	225°	241
7	270°	241
8	315°	248



Das Prüfrad weist einen gleichmäßigen Härteverlauf am Umfang auf. Die Meßwerte der Härte stimmen gut mit den Härtewerten bei der Qualitätsabnahme im Abstand von 35 mm von der Fahrfläche – Ebene B - überein (siehe Abb.4 der Vorschrift UIC 812-3) – siehe Kapitel „Materialprüfungen – Qualitätsabnahme“ – Brinell-Härte am Querschnitt, Eindrücke Nr. 2, 4 und 7.

5. Brinell-Härte in der Scheibe.

Die Brinell-Härte an der Oberfläche der Radscheibe wurde mit dem transportablen dynamischen Härtemessgerät DynaMIC DI, Hersteller Krautkrämer GmbH, Satz G, gemessen. Die Anordnung der Eindrücke inkl. gemessenen Härtemesswerte sind auf Abb.8 dokumentiert. Die Messwerte der Härte stimmen nach der Umrechnung auf Festigkeit gut mit dem wirklich erzielten Festigkeitswert in der Radscheibe überein, und zwar sowohl bei der Qualitätsabnahme als auch am Prüfrad. Durchschnittshärte der Scheibe (10 Eindrücke) = 196 HB = 682 MPa.

6. Ausrichtung der Innenspannungen laut UIC 812-3. 5. Ausgabe.

Die Prüfung betreffs Ausrichtung der Innenspannungen wurde gemäß Vorschrift UIC 812-3, 5. Ausgabe, Art. 5.2.6 und 7.8.9 mit Ergebnissen wie folgt durchgeführt:

Abstand der Strichmarken vor dem Schnitt in mm	Abstand der Strichmarken nach dem Schnitt in mm	Differenz in mm	Bemerkung
100	101,4	+ 1,4	Brennschneidschnitt (Flamme)

Vorschrift UIC 812-3, 5. Ausgabe, Art. 5.2.6.

Der Abstand zwischen den Strichmarken muss minimal um 1 mm kleiner sein als der ursprüngliche Abstand vor dem Brennschnitt.

Die Prüfung betreffs Ausrichtung der Innenspannungen am gebremsten Rad entspricht nicht der Vorschrift. Die Restspannungen sind Zugspannungen. Die Abnahmeprüfung der Räder Nr. 39 und 346 wies den Wert -2,2 und -1,9 mm auf, also Druckspannungen. Die Restspannungen weisen ebenfalls auf die thermische Beeinflussung des Kranzes infolge einer intensiven Bremsung hin.

Probeentnahme

Stelle der Entnahme der Proben in BTS, der Vorprodukte für die Prüfungen bei ÜFM Brunn und der Segmente für den Gewaltbruch des Umfangsrisses sind auf den Abb. 11 und 12 dokumentiert.

7. Vergleich des Radprofils mit dem Zeichnungsprofil.

Das Prüfrad weist die Abnutzung der Fahrfläche infolge des Abfahrens und der Reprofilierung um ca. 21 mm auf. Siehe Abb. 9.

8. Vergleich der Form mit der Zeichnung mittels 3D-Gerät.

Abb.10 dokumentiert den Vergleich der Form des Prüfrads mit der Zeichnung mittels 3D-Gerät. Wie aus den Abbildungen ersichtlich ist, kam es am Prüfrad zur Veränderung der Spurweite. Der Radkranz weist der Nabe gegenüber eine Verschiebung um 1,96 mm auf. Diese Spurweitenveränderung weist auf Umverteilung der Restspannungen im Kranz und im Übergang zur Scheibe infolge der hohen thermischen Belastung des Rads hin, und zwar mit aller größter Wahrscheinlichkeit durch den Einfluss der Dauerbremsung.

9. Chemische Kontrollanalyse – Protokoll Nr. 2420/2011/Mchd/A₂

Nr. d. Schmelze	Nr. d. Prüfrads	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Al
38249	103	0,53	0,26	0,72	0,013	0,010	0,07	0,02	0,24	0,006	0,003	0,031

Die chemische Kontrollanalyse am Prüfrad entspricht der Vorschrift für Qualität R7T und stimmt gut mit der oben angeführten Schmelz- und chemischen Analyse vom Produkt bei der Qualitätsabnahme überein.

10. Mechanische Eigenschaften – Protokoll Nr. 2420/2011/Mchd/A₂

Entnahme der Probestäbe laut UIC 812-3, 5. Ausgabe. Die Entnahmestellen der Probestäbe sind auf Abb. 12 eingezeichnet.

Nr. d. Schmelze	Nr. d. Prüfrads	Entnahmestelle	Re N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	Z %	KU +20°C J
38249	103	Kranz	447	789	18,0	48,0	27 25 26
		Scheibe	399	712	19,9	43,0	-

Die mechanischen Eigenschaften am Prüfrad haben nicht den Vorschriften UIC 812-3, 5. Ausgabe für die Qualität R7T entsprochen, und zwar aufgrund des niedrigeren Festigkeitswerts (Rm) im Radkranz, der gegenüber der Vorschrift um 31 Mpa niedriger liegt. Gegenüber der Qualitätsabnahme ist die Festigkeit bis um 150 MPa niedriger. In der Scheibe stimmt der Festigkeitswert gut mit dem Wert bei der Qualitätsabnahme überein. Auch die Streckgrenze (Re) wies im Kranz im Vergleich mit der Qualitätsabnahme einen niedrigeren Wert auf. Dieser niedrigere Wert der Festigkeit und Streckgrenze wurde durch die Verringerung der Kranzdicke infolge des Abfahrens und der Reprofilierung beeinflusst, was das Verschieben der Entnahmestelle des Probestabs für die Zugprobe im Kranz an Stellen (in Bereiche) mit niedrigerer Härte und damit auch Festigkeit zur Folge hatte. Siehe Abb. 9. Die Dehnung (A) und die Werte der Schlagarbeit (KU) im Kranz haben den Vorschriften entsprochen und befinden sich ebenfalls in guter Übereinstimmung mit den Werten bei der Qualitätsabnahme.

11. Brinell-Härte am Querschnitt des Kranzes und Teils der Scheibe.

Die Brinell-Härte laut ČSN EN ISO 6506-1 wurde am Brinell-Härtemessgerät BRFest29-A mit einer Kugel vom Durchmesser 5 mm bei einer Belastung von 750 kg gemessen. Die Anordnung der einzelnen Eindrücke inkl. Messwerte der HB-Härte befinden sich auf Abb. 17. Die graphische Darstellung des Härteverlaufs im Querschnitt vom Kranz in Richtung von der Fahrfläche befindet sich auf Abb. 18. Aus der oben genannten Abbildung ist ersichtlich, dass der Härtegradient der gegebenen Technologie der Wärmebehandlung „Härten“ – entspricht, d. h. der beschleunigten Abkühlung der Fahrfläche mittels Abbrausen mit Wasser und anschließendem Anlassen.

Die Härtemesswerte in Ebene B – siehe Abb. 4 der Vorschrift UIC 812-3 (35 mm von der Fahrfläche – Abnutzungsnut) befinden sich in guter Übereinstimmung mit den Härtewerten bei der Qualitätsabnahme.

12. Makrostruktur.

Bauman-Abdruck

Die Baumann-Abdrücke (laut UIC 812-3, 5. Ausgabe, Art. 5.2.3.2, 7.7.3.5 und 7.8.6) an den Makroprüfplättchen Nr. 3 und 4 weisen eine gleichmäßige Umverteilung der Sulfide auf der gesamten Prüffläche auf. Die Umverteilung der Sulfide überschreitet nicht die im Nachtrag der Anweisung UIC 812-3, 5. Ausgabe, angeführten Grenzzustände. An der Stelle des Vorkommens der untersuchten Fehler an der Innenseite der Scheibe im Übergangsbereich Scheibe – Kranz und in deren Umgebung sind an den Baumann-Abdrücken keine Abnormalitäten ersichtlich, die auf einen Stahlwerk-/Materialursprung des Fehlers hinweisen. Siehe Abb. 13 und 15.

Makrostruktur – Makroätzung 10% HNO₃

Abbildungen 14 und 16 dokumentieren die Makrostruktur eines stochastischen Quer-(Radial)Schnitts über den Riss (Schnitt mit Nr. 3 gekennzeichnet) und außerhalb des Risses (Schnitt mit Nr. 4 gekennzeichnet). Die Makrostruktur beider Schnitte ist auf der gesamten Prüffläche homogen, feinkörnig. An der Stelle des Risses an der Innenseite der Scheibe im Übergangsbereich Scheibe – Kranz (Schnitt 3) und deren Umgebung sind keine Abnormalitäten ersichtlich, die auf deren Stahlwerk-/Materialursprung des Fehlers hinweisen. Am Schnitt Nr. 4 außerhalb des Risses wurde in der gleichen Lokalität ebenfalls kein Auftreten von Abnormalitäten festgestellt.

13. Mikrostruktur.

Die Kontrolle der Mikrostruktur an der Stelle des Vorkommens der Umfangsrisse an der Innenseite der Scheibe im Übergangsbereich Kranz – Scheibe, weiterhin über die gesamte Scheibendicke in diesem Bereich, im Kranz unter der Fahrfläche und an der Entnahmestelle des Probestabs für den Zugversuch wurde am optischen Mikroskop NEOPHOT 21 und Reichert-Jung MeF3A durchgeführt. Die Korngröße wurde mittels Vergleichsmethode laut ISO 643 bewertet. Ferritgehalt - dessen %-Anteil – wurde laut ASTM E 562-05, Raster 100, bestimmt.

Die Abbildungen 19 bis 20 dokumentieren das Aussehen der Umfangsrisse, die sich an der Innenseite der Scheibe im Übergangsbereich der Scheibe in den Kranz an einem stochastischen Quer-(Radial-)Schnitt befinden. Der Riss kommt von der Oberfläche der Scheibe und reicht bis in eine Tiefe von 2,23 mm und ist senkrecht zur Scheibenoberfläche ausgerichtet. Abb.21 bis 23 dokumentieren die Mikrostruktur in der Rissumgebung. Der Riss ist nicht entkohlt, womit die Anwesenheit einer Faltung von der Radherstellung in diesem Bereich ausgeschlossen ist. An der Stelle und in der Umgebung des Risses wurde kein erhöhtes Vorkommen von Verunreinigungen - (nichtmetallischer) Einschlüsse und weiterer Abnormalitäten eines Materialursprungs festgestellt. Der Riss verläuft über die Fasern (Ferrit- und Perlitzeilen).

Die Mikrostruktur der Scheibe wurde an beiden Oberflächen und deren Mittelbereich in der gleichen Ebene mit dem untersuchten Fehler bewertet. Sie ist ferritisch-perlitisch, feinkörnig mit einem Ferritgehalt von 24 bis 25%. Ferrit wird in ca. 55 bis 60% in Form von Zeilen ausgeschieden, der Rest als schmal und fast völlig netzartig um die Perlitkörner herum. Die Korngröße entspricht Stufe 7. Der Perlit ist lamellar, sehr fein bis fein, vereinzelt mittelfein. Sphärolithisierung des Perlits max.5%. Siehe Abb. 24 bis 29. Das hohe Zeilengefüge der Scheibe weist auf eine niedrigere Scheibentemperatur vor der Formgebung auf der Biegepresse hin.

Die Abbildungen 30 und 33 dokumentieren die durchschnittliche Mikrostruktur des Kranzes unter der Fahrfläche und in einem Abstand von 15 mm von der Fahrfläche, d. h. an der Entnahmestelle des Probestabs für den Zugversuch. In beiden untersuchten Lokalisationen ist die Mikrostruktur des Kranzes ferritisch-perlitisch, feinkörnig. Der Ferritgehalt beträgt in einem Abstand von 15 mm von der Fahrfläche 13 bis 14%, an der Fahrfläche ist niedriger – an die 10%. An der Fahrfläche ist Ferrit in sehr schmal und nicht völlig netzartig ausgeschieden, im Abstand von 15 mm von der Fahrfläche fast völlig netzartig an den Grenzen der Perlitkörner. Die Korngröße entspricht in beiden untersuchten Lokalisationen der Stufe 6. Das Perlit ist lamellar, sehr fein. Sphärolithisierung des Perlits max.10%. Das Aussehen der Mikrostruktur des Kranzes entspricht der gegebenen Wärmebehandlung, den mechanischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung.

In Anbetracht der von OBB durchgeführten Reprofilierung der Fahrfläche war es nicht möglich den Einfluss der Klotzbremsung auf die Mikrostruktur des Kranzes direkt unter der Fahrfläche zu beurteilen.

Die Abbildungen 34 und 35 dokumentieren das Aussehen der Bruchflächen nach dem Gewaltbruch des Umfangsrisse. Die Bruchstücke wurden an das Institut ÜFM Brunn zur Untersuchung geschickt.

Wahrscheinliche Ursache für das Entstehen des Umfangsrisse:

Es war nicht möglich mittels mikroskopischer Analyse und weiteren Prüfungen die Entstehungsursache des Umfangsrisse, der sich an der Innenseite der Scheibe im Bereich des Übergangs Kranz – Scheibe befindet, eindeutig zu bestimmen. Völlig eindeutig kann der Materialursprung des Fehlers (Einfluss nichtmetallischer Einschlüsse und weiterer Abnormalitäten) ausgeschlossen werden, und zwar auch das, dass der untersuchte Fehler aufgrund einer Faltung (nicht entkohlt) entstehen konnte.

Abb.1
Beschädigung des Vollrads infolge der Umfangsabtrennung des Kranzes vom Restquerschnitt des Rads.



neg . 7177

Abb.2
Teil eines Bruchs – die vorausgesetzte Initiierungsstelle ist mit Pfeilen gekennzeichnet.



neg . 7188

Abb.3
Detail zu Abb.2.



neg . 7191

Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.4

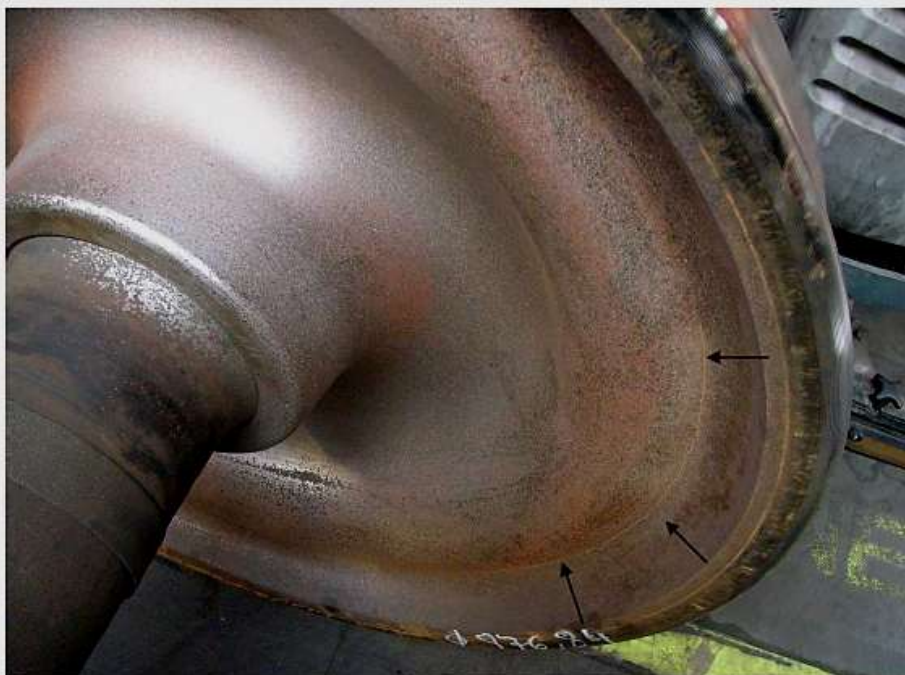
Die Stellen des Auftretens von Umfangsrissen am Rad Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T an der Innenseite des Scheibe im Übergangsbereich Scheibe – Kranz, indiziert bei der Magnetprüfung, sind farblich hervorgehoben.



neg.7166

Abb.5

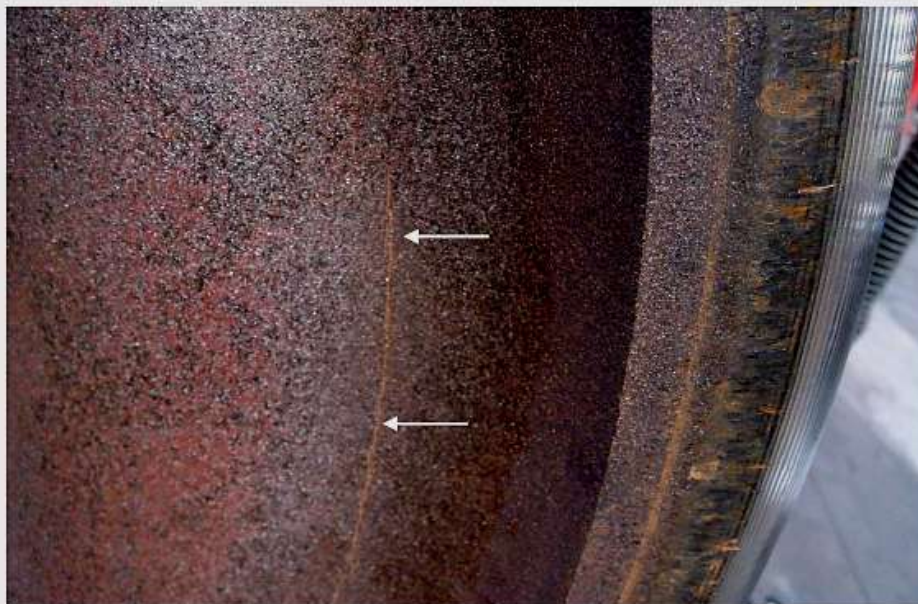
Aussehen und Anordnung der Umfangsrisse.



neg.7171

Vollrad - Kenzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.6
Detail zu
Abb.5.



neg. 7170

Abb.7
Identifikationszeichen - Rad mit Umfangsrissen – geprüft in BTS.

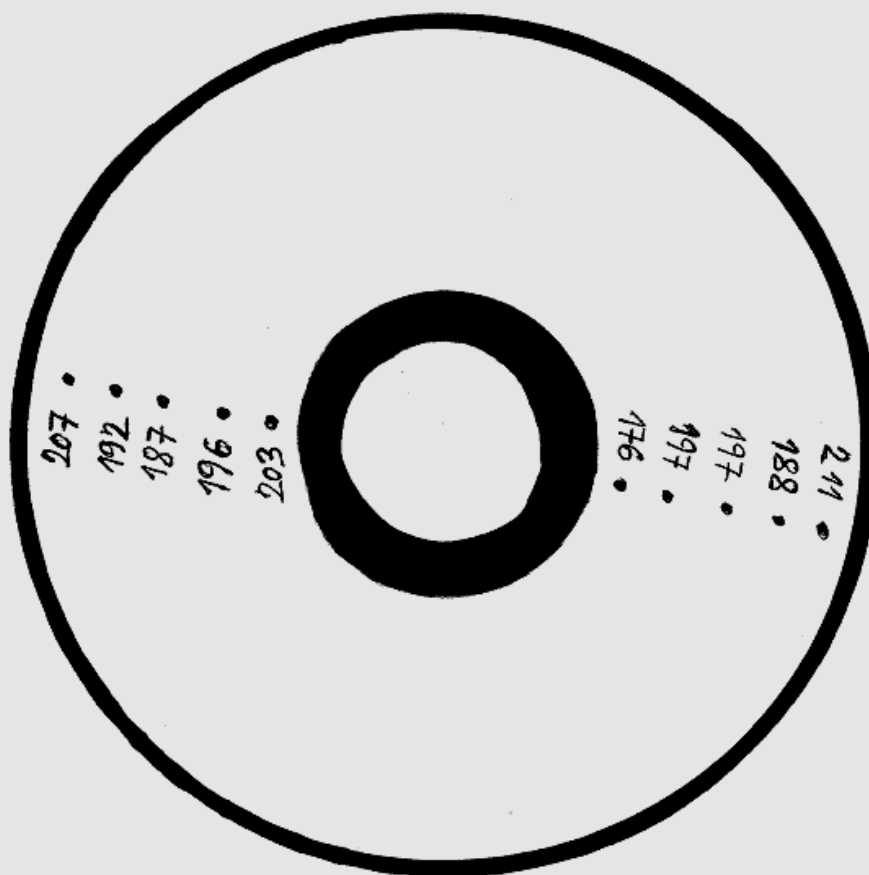


neg. 7167

Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.8

Härte an der Scheibenoberfläche. Anordnung der einzelnen Eindrücke, Härtemesswerte.



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

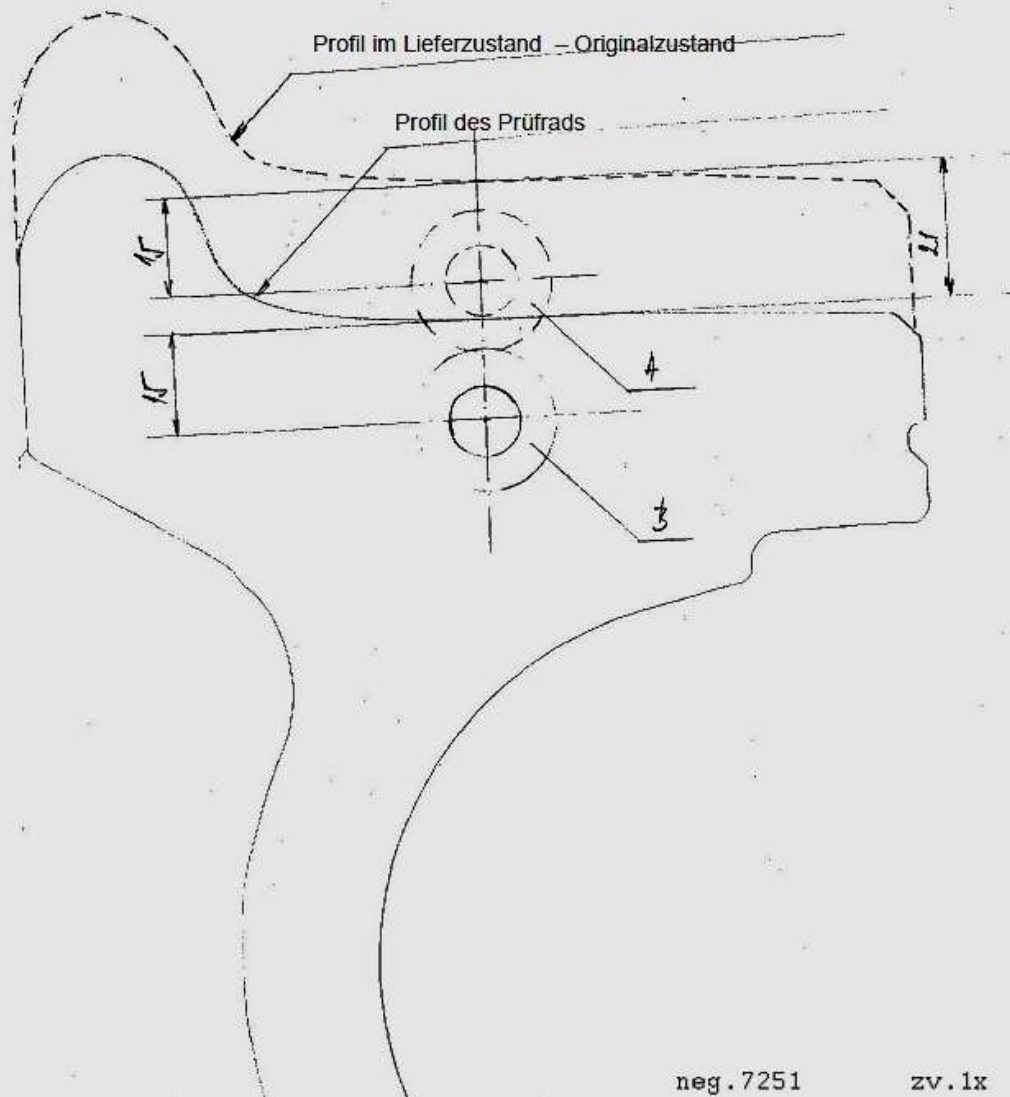


Abb.9

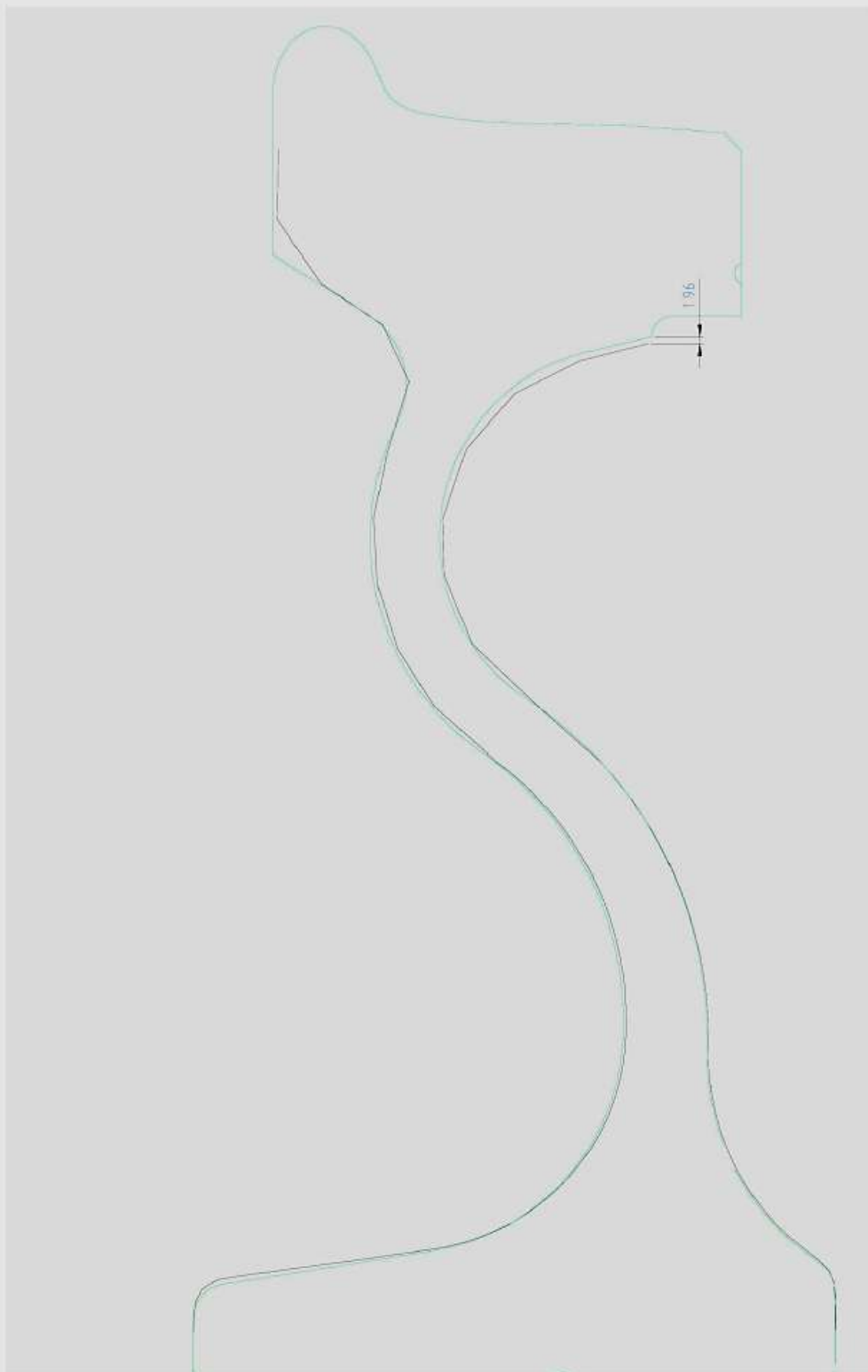
Vergleich des Profils des reklamierten Rads mit dem Zeichnungsprofil – im Lieferzustand.

A – Entnahmestelle des Probestabs für den Zugversuch bei der Qualitätsabnahme.

B – Entnahmestelle des Probestabs für den Zugversuch am reklamierten Rad.

Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.10
Formvergleich des Prüfrads mit der Zeichnung mittels 3D-Gerät.



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.11
Entnahme der Segmente vom Prüfrad für die Prüfungen in BTS und ÜFM Brünn.

Segment für den Gewaltbruch des Risses.



neg . 7195

Segmente für Zugversuche, Kerbschlagversuche und Makroprüfplättchen

Segment für den Gewaltbruch des Risses

Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.12

Entnahme der Probestäbe für den Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch (Kerbschlagzähigkeit), und der Makroprüfplättchen für die HB-Härteprüfung am Kranz- und Scheibenquerschnitt des Rads, Makrostruktur und Mikrostruktur.



Zugversuch
Kranz + Scheibe

Zugversuch Kranz + Scheibe
Vorprodukt für ÜFM Brunn

Kerbschlagbiegeversuche

Kerbschlagbiegeversuche –
Vorprodukt für ÜFM Brunn

neg. 7197



Makroprüfplättchen Nr.4

Makroprüfplättchen Nr.3

Makroprüfplättchen Nr.2

Makroprüfplättchen Nr.1

neg. 7198

Abb. 13
Baumann-Abdruck – Schnitt 3.



neg. 7226

Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.14
Makrostruktur – Makroätzung 10% HNO₃ – fez.3.

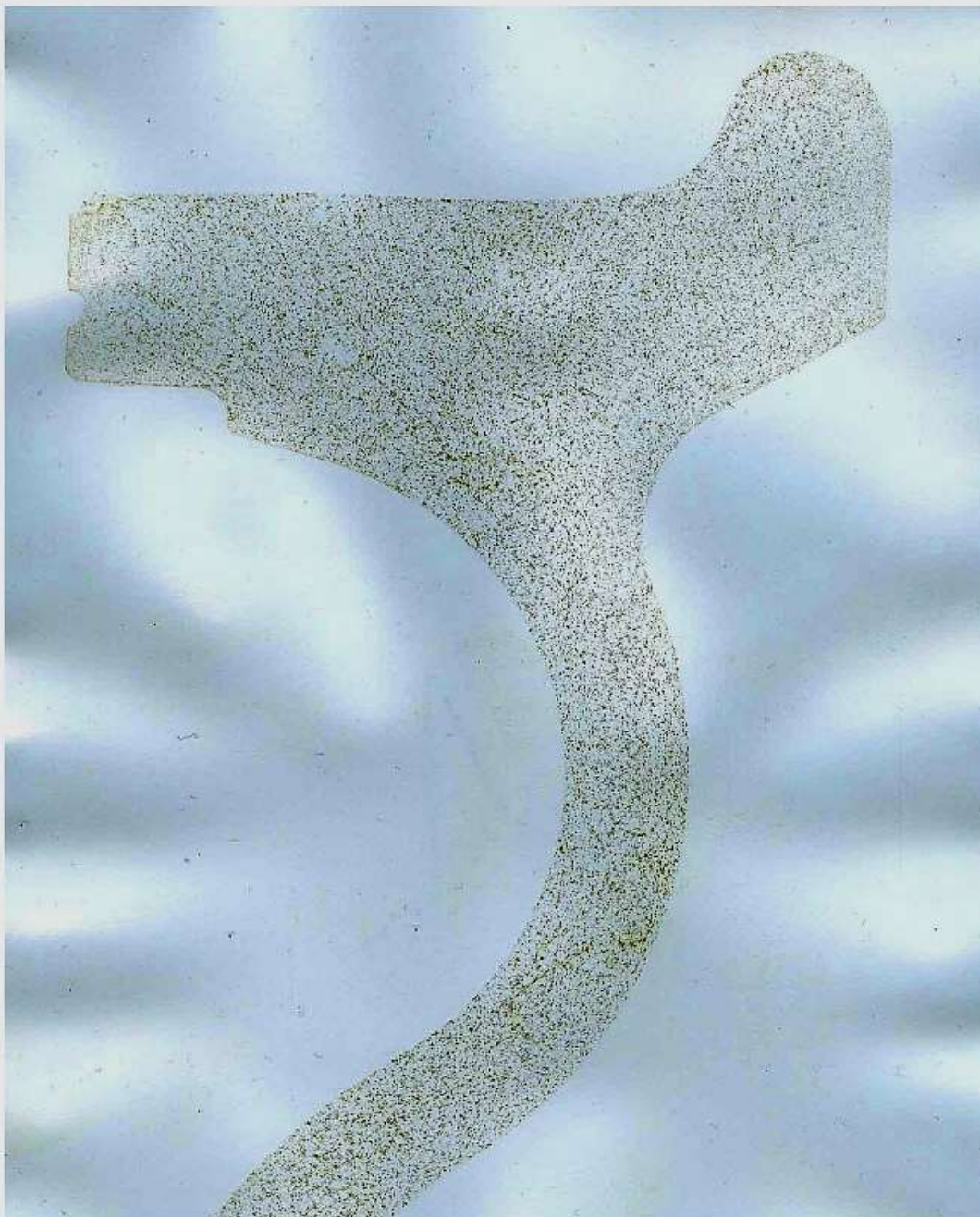


neg . 7224

1x

**Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite
der Scheibe.**

Abb.15
Baumann-Abdruck – Schnitt 4.



neg.7227

Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.16
Makrostruktur – Makroätzung 10% HNO₃ – Schnitt 4.

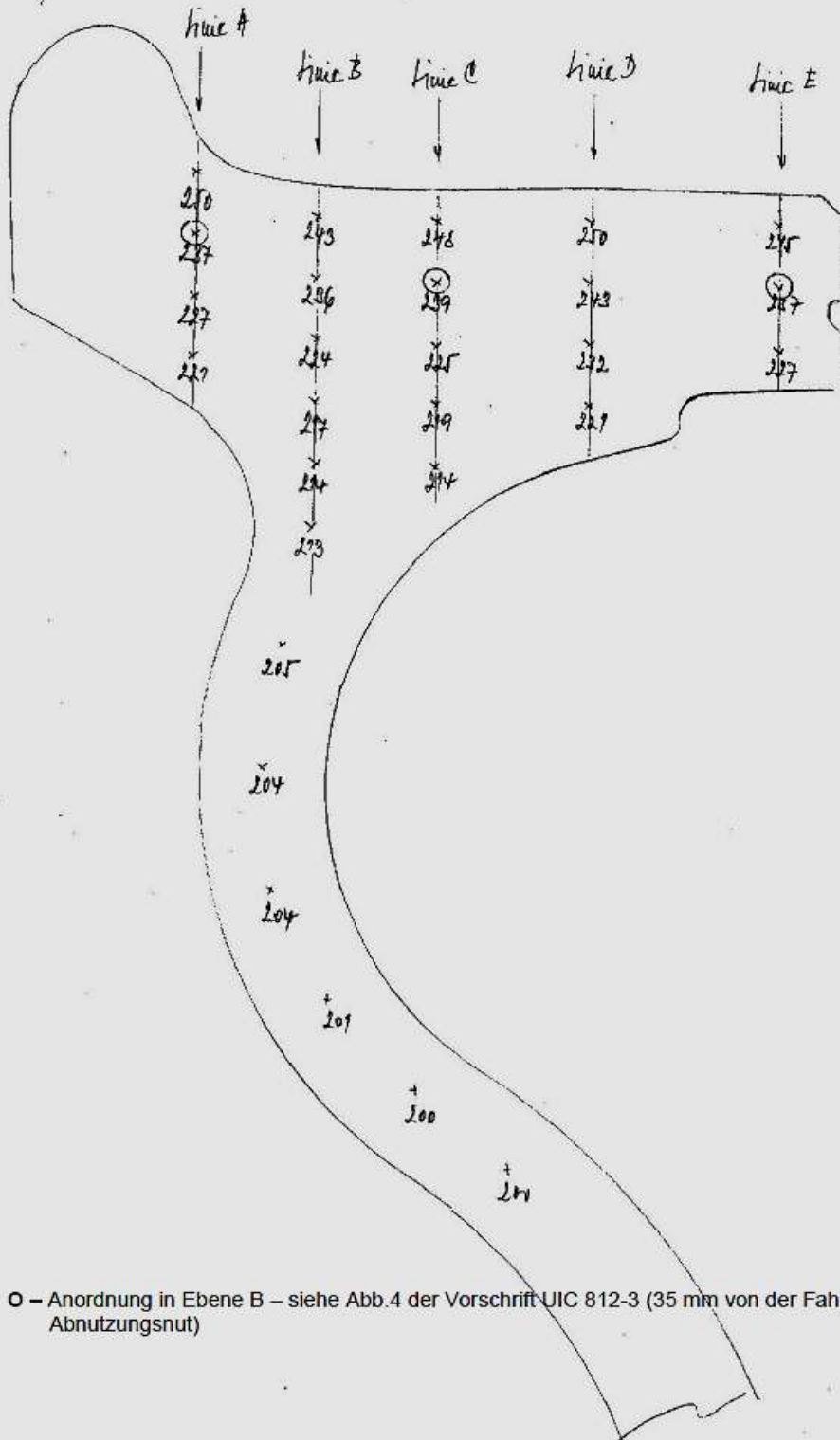


neg . 7225

1x

Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.17
Brinell-Härte am Umfang des Kranzes und Teils der Scheibe – Schnitt 4.



○ – Anordnung in Ebene B – siehe Abb.4 der Vorschrift UIC 812-3 (35 mm von der Fahrfläche – Abnutzungsnut)

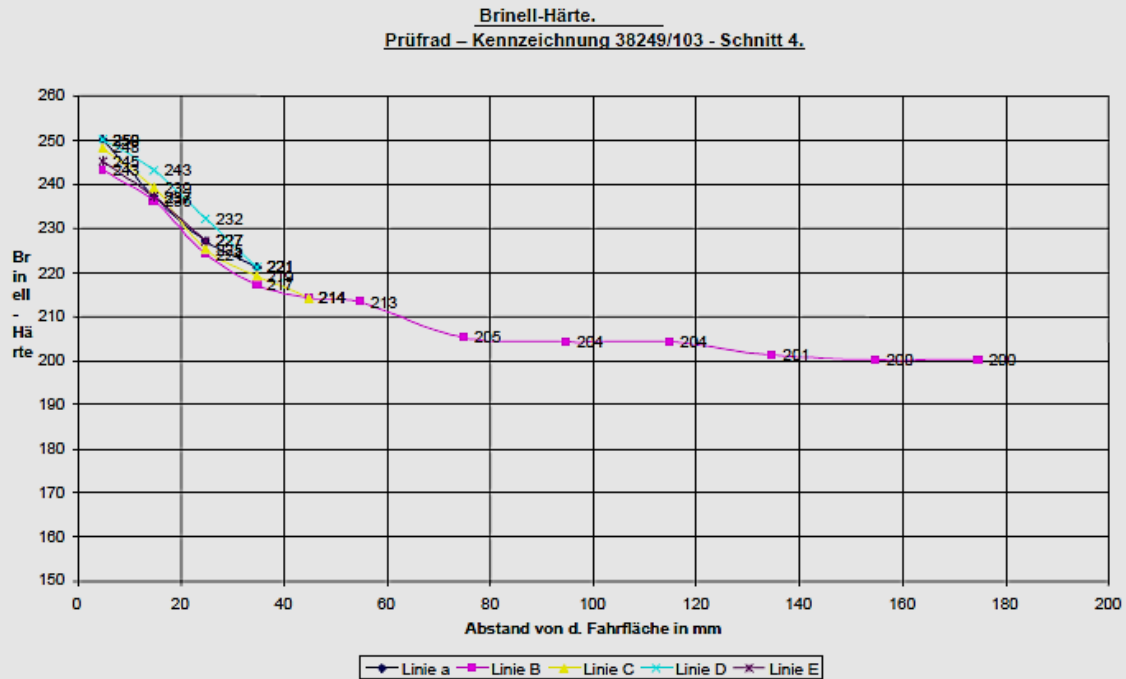
67/21

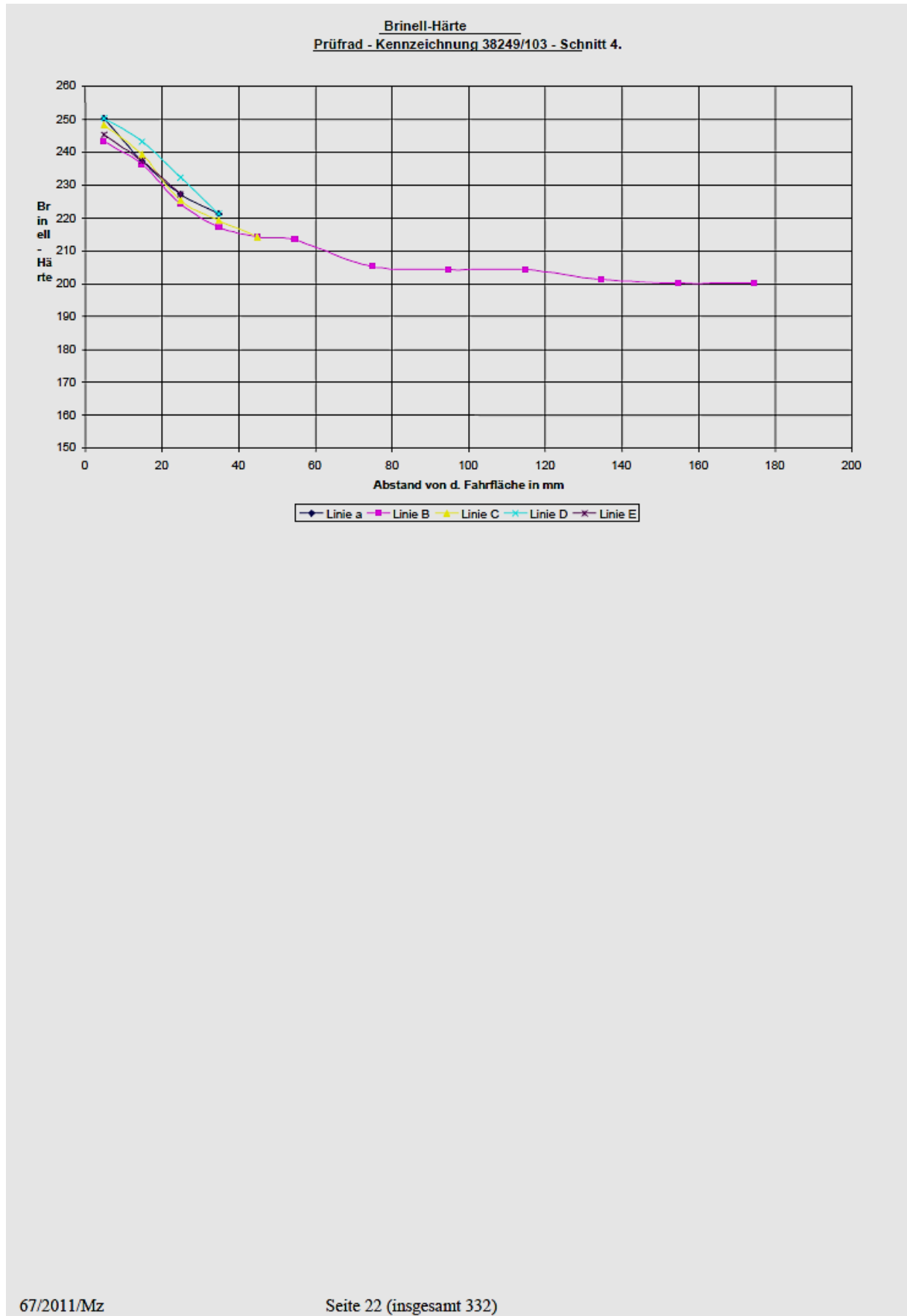
neg.7252

zv. 1x

Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.18
Graphische Darstellung des Härteverlaufs im Kranz und Scheibenteil in Richtung von der Fahrfläche zur Scheibe in den Linien A, B, C D und E.



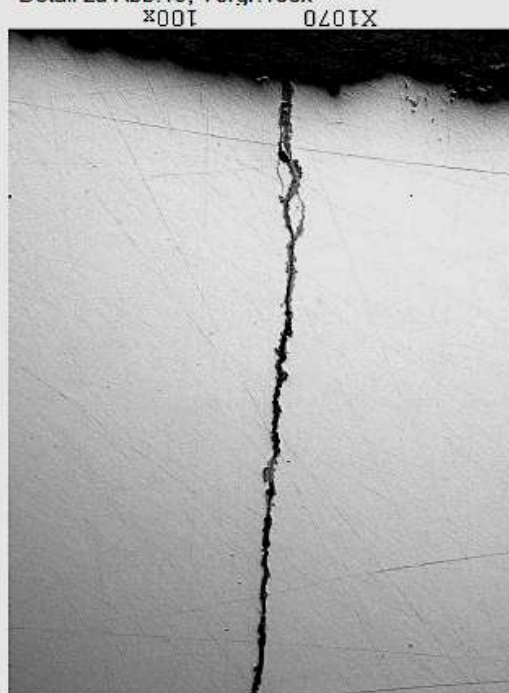


Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb. 19
Ansicht der Umfangsrisses an der Innenseite der Scheibe
am Quer- (Radial-)Schnitt im Übergangsbereich Kranz – Scheibe.
Der Fehler reicht bis in eine Tiefe von 2,23 mm von der Oberfläche.
Nicht geätzt 50x



Abb. 20
Detail zu Abb. 19, Vergr. 100x



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.21

Mikrostruktur an der Stelle des Auftretens des Umfangsrisses an der Innenseite der Scheibe im Übergangsbereich Kranz – Scheibe am Quer- (Radial-) Schnitt
Lept.Nital, zv x100

50X 1701X



Abb.22

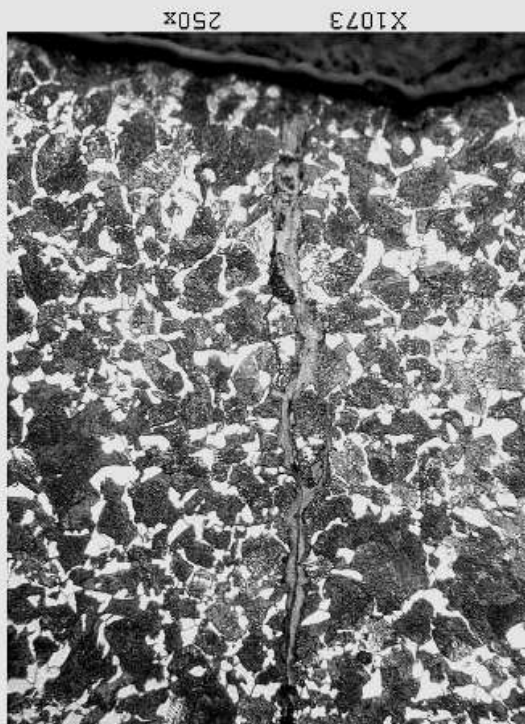
Detail zu Abb.21, Vergr. 100x.

100X 1701X



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.23
Detail zu Abb.21 und 22, Vergr.250x.



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.24
Durchschnittliche Mikrostruktur an der Innenoberfläche der Scheibe
im Bereich de Auftretens des Umfangsrisses.
Ätzung - Nital. 100x

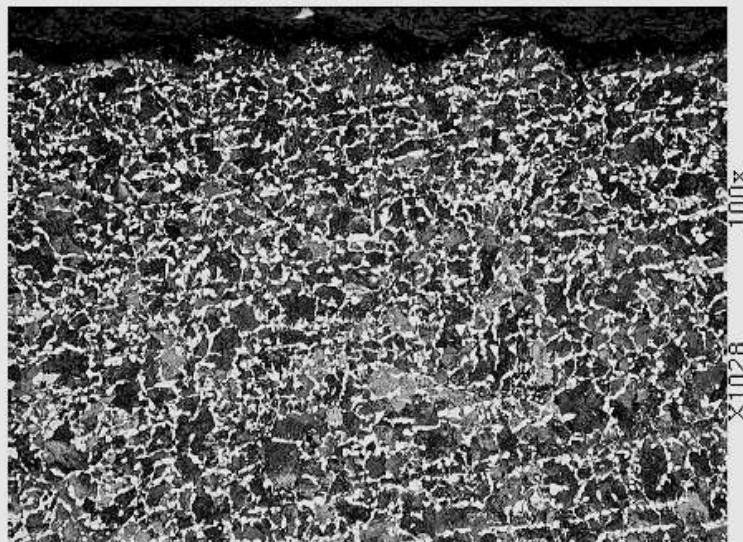


Abb.25
Detail zu Abb.24, Vergr.500x.



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.26
Durchschnittliche Mikrostruktur Mittenbereich der Scheibe.
Ätzung - Nital.

100x

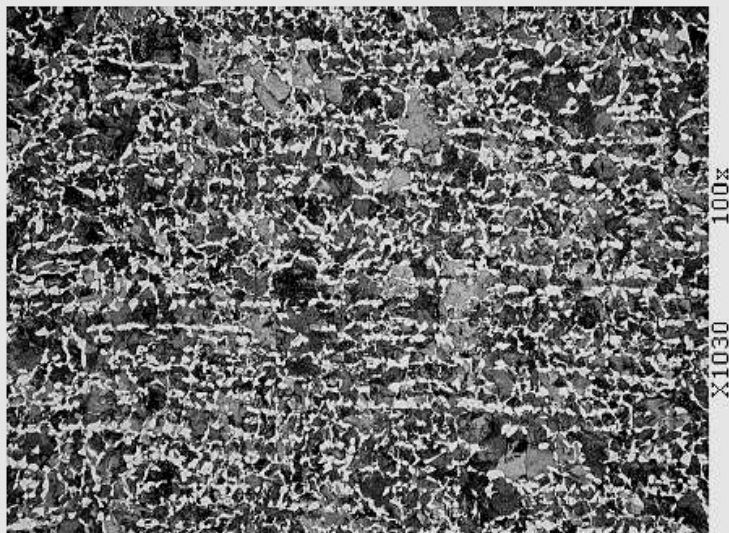
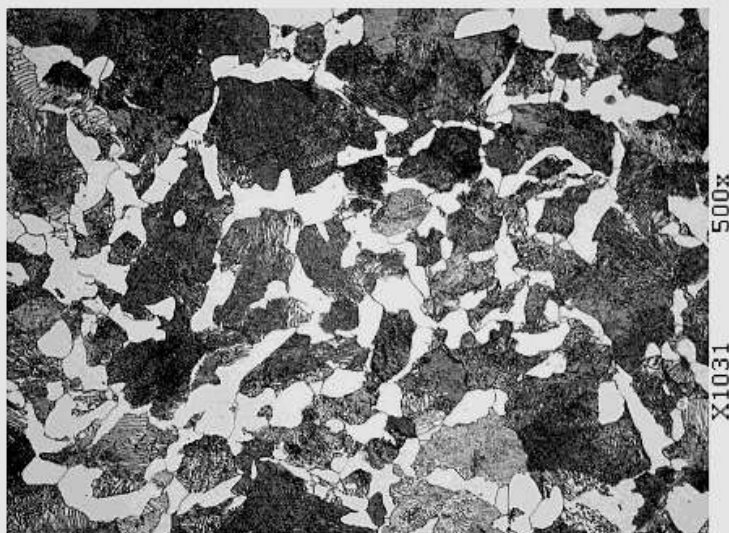


Abb.27
Detail zu Abb.26, Vergr.500x.



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.28
Durchschnittliche Mikrostruktur an der Außenoberfläche der Scheibe.
Ätzung - Nital. 100x

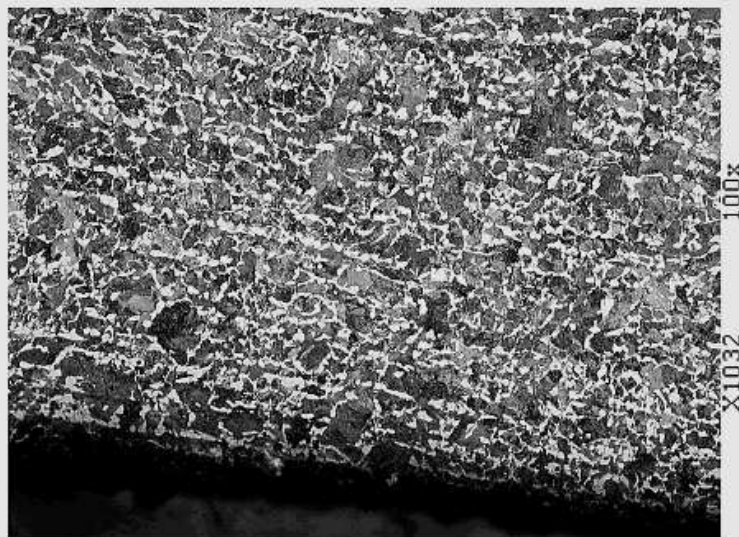


Abb.29
Detail zu Abb.28, Vergr.500x.



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.30
Durchschnittliche Mikrostruktur unter der Oberfläche der Fahrfläche.
Ätzung - Nital. 100x

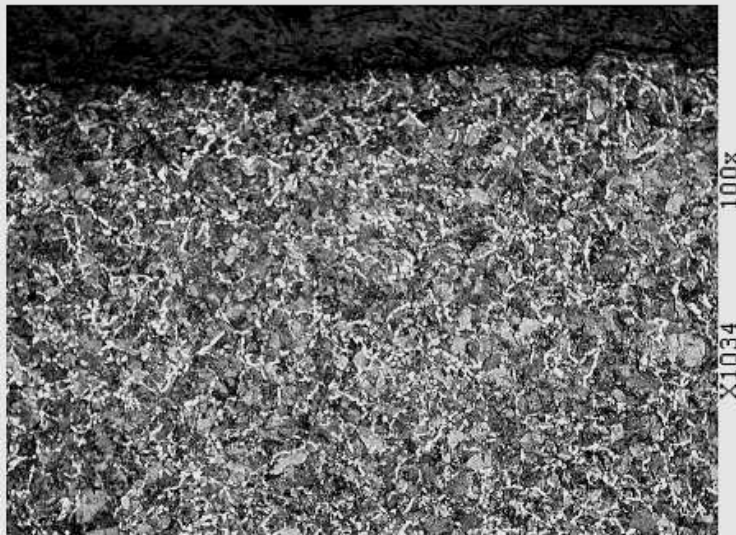
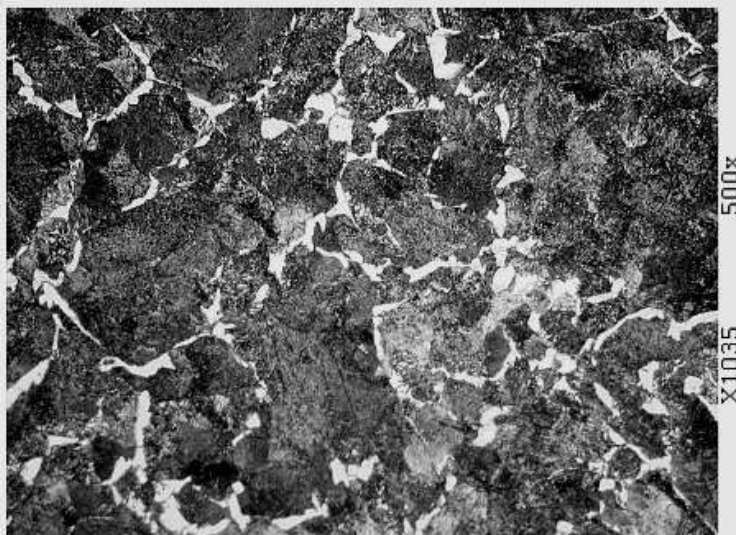


Abb.31
Detail zu Abb.30, Vergr.500x.



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.32
Durchschnittliche Mikrostruktur des Kranzes an der Entnahmestelle
des Probestabs für den Zugversuch.
Ätzung - Nital. 100x

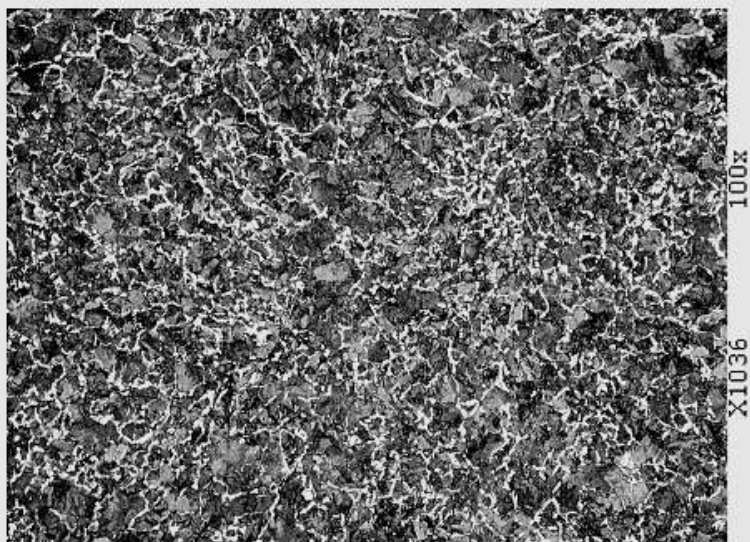
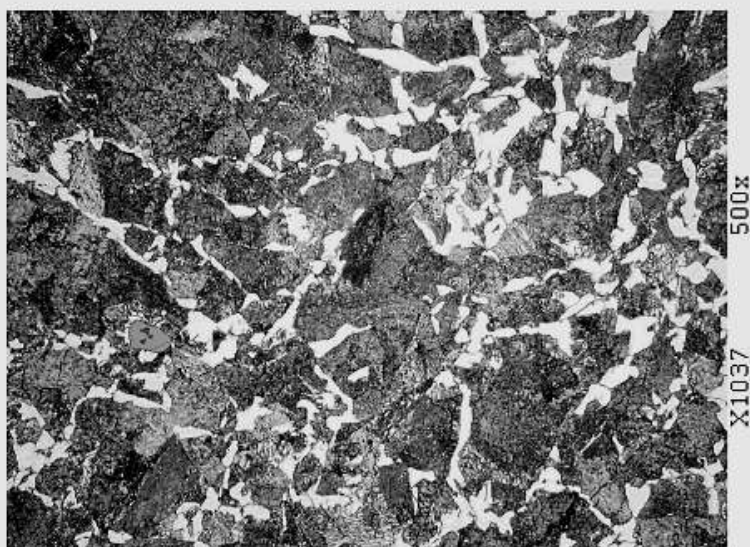


Abb.33
Detail zu 32, Vergr.500x.



Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.34

Ansicht der Bruchfläche des Segments mit Umfangsriß im Übergangsbereich Kranz – Scheibe an der Innenseite der Radscheibe nach dem Gewaltbruch.



neg . 7205



neg . 7206



neg . 7208

Vollrad - Kennzeichnung ZB 04 01 38249/103 R7T mit Auftreten von Umfangsrissen an der Innenseite der Scheibe.

Abb.35

Ansicht der Bruchfläche des Segments mit Umfangsriß im Übergangsbereich Kranz – Scheibe an der Innenseite der Radscheibe nach dem Gewaltbruch.



neg. 7209



neg. 7210



neg. 7211