



Verkehrssicherheitsarbeit  
für Österreich

## ENTGLEISUNG ZUG 66505

am 20. Juni 2011

**Österreichische Bundesbahnen  
Strecke 41301  
Bf Bruck an der Mur – Staatsgrenze  
nächst Thörl-Maglern  
Bf Sankt Veit an der Glan**

**BMVIT-795.250-IV/BAV/UUB/SCH/2011**

**BUNDESANSTALT FÜR VERKEHR  
Sicherheitsuntersuchungsstelle  
des Bundes – Schiene**

Untersuchungsbericht

Die Untersuchung erfolgt in Übereinstimmung mit dem mit 1. Jänner 2006 in Kraft getretenen Bundesgesetz, mit dem die Unfalluntersuchungsstelle des Bundes errichtet wird (Unfalluntersuchungsgesetz BGBl. I Nr. 123/2005, i. d. F. BGBl. I, Nr. 40/2012) und das Luftfahrtgesetz, das Eisenbahngesetz 1957, das Schifffahrtsgesetz und das Kraftfahrzeuggesetz 1967 geändert werden, sowie auf Grundlage der Richtlinie 2004/49/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 29. April 2004. Zweck der Untersuchung ist ausschließlich die Feststellung der Ursache des Vorfalles zur Verhütung künftiger Vorfälle. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens oder der Haftung. Bei den verwendeten personenbezogenen Bezeichnungen gilt die gewählte Form für beide Geschlechter.

Ohne schriftliche Genehmigung der Bundesanstalt für Verkehr darf dieser Bericht nicht auszugsweise wiedergegeben werden.

Besuchsadresse: A-1210 Wien, Trauzlgasse 1  
Postadresse: A-1000 Wien, Postfach 207  
Homepage: <http://versa.bmvit.gv.at>

## Inhalt

Seite

Verzeichnis der Abbildungen .....	3
Verzeichnis der Gutachten und Expertisen.....	3
Verzeichnis der Tabellen.....	4
Verzeichnis der Beilagen .....	4
Verzeichnis der Regelwerke .....	5
Verzeichnis der Regelwerke des IM/RU/VK/ECM .....	5
Verzeichnis der Abkürzungen und Begriffe.....	6
Untersuchungsverfahren.....	7
Vorbemerkungen.....	7
Empfänger.....	8
1. Zusammenfassung.....	9
2. Allgemeine Angaben .....	9
2.1. Zeitpunkt.....	9
2.2. Örtlichkeit.....	10
2.3. Witterung, Sichtverhältnisse.....	10
2.4. Behördenzuständigkeit.....	10
2.5. Örtliche Verhältnisse .....	10
2.6. Zusammensetzung der beteiligten Fahrt.....	11
2.7. Zulässige Geschwindigkeiten .....	12
3. Beschreibung des Vorfalles .....	14
4. Verletzte Personen, Sachschäden und Betriebsbehinderungen .....	16
4.1. Verletzte Personen .....	16
4.2. Sachschäden an Infrastruktur.....	16
4.3. Sachschäden an Fahrzeugen und Ladegut .....	16
4.4. Schäden an Umwelt .....	16
4.5. Summe der Sachschäden .....	16
4.6. Betriebsbehinderungen .....	16
5. Beteiligte, Auftragnehmer und Zeugen .....	17
6. Aussagen / Beweismittel / Auswertungsergebnisse .....	17
6.1. Auswertung der Registriereinrichtung des Tzf .....	17
6.2. Auswertung der HOA in Sankt Georgen .....	18
6.3. Aussage Tzf Z 66505 .....	18
6.4. Aussage Fdl Bf Sankt Veit an der Glan.....	19
6.5. Aussage Vershubkoordinator Bf Treibach-Althofen .....	19
6.6. Auswertung des elektronischen Stellwerks Bf Sankt Veit an der Glan .....	19
6.7. Fahrweg.....	20
6.8. Zuerst entgleister Güterwagen .....	20
6.9. Zweiter entgleister Güterwagen.....	23
6.10. Regelwerke bei thermischer Beanspruchung von Rädern .....	24
6.11. Untersuchung der gebrochenen Radscheibe .....	25
6.12. Instandhaltung von Radsätzen durch ECM .....	28
6.13. Daten und Historie des Radsatzes .....	29
6.14. Prüfung der Radscheiben des entgleisten Uacns 31 81 932 6 039-1 .....	30
6.15. Regelwerke für die Messung der Eigenspannungen.....	31
6.16. Berechnung der Radscheibe .....	33
6.17. Regelwerke für die Berechnung von Radscheiben .....	34
6.18. Parameter für die thermomechanische Bewertung .....	36
6.19. Einreihung des Wagens in Züge vorhergehender Zugfahrten .....	38
6.20. Gutachten und Expertisen zum gebrochenen Rad (Charge 38249) .....	38
6.21. Gutachten zu einem rissbehafteten Rad derselben Charge (38249).....	39
6.22. Gutachten zu einem rissbehafteten Radsegment einer anderen Charge (36904).....	44
6.23. Zusätzliche Untersuchung für eine mögliche thermische Überlastung der Radscheibe .....	47
6.24. Zusammenfassung der Erkenntnisse der Gutachten und Expertisen .....	49
7. Schlussfolgerungen.....	51
7.1. Signalisierung.....	51
7.2. Fahrgeschwindigkeit.....	51
7.3. Fahrweg.....	51
7.4. Entgleister Güterwagen Uacns.....	51
7.5. Entgleister Güterwagen Zacns .....	52
7.6. Erkenntnisse aus den Gutachten und Expertisen .....	52
7.7. Regelwerke für die Berechnung von Radscheiben .....	52
7.8. Regelwerke für die thermomechanische Bewertung von Radscheiben .....	52
7.9. Prüfung der Eigenspannung von thermisch überlasteten Radscheiben .....	53
7.10. Regelwerke für die Bremsung auf großen Gefällestrecken.....	53
8. Maßnahmen des VK und ECM des auslösenden Güterwagens.....	54
9. Sonstige, nicht unfallkausale Unregelmäßigkeiten und Besonderheiten .....	55
10. Ursache.....	55
11. Berücksichtigte Stellungnahmen.....	56
12. Sicherheitsempfehlungen .....	56

## Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
Abbildung 1	Skizze Eisenbahnlinien Österreich ..... 10
Abbildung 2	Skizze Auszug aus Lageplanskizze Bf Sankt Veit an der Glan - Quelle IM ..... 11
Abbildung 3	Auszug aus VzG Strecke 41301 - Quelle IM ..... 12
Abbildung 4	Auszug aus Buchfahrplan - 6. Änderungsheft nP/2 - 2. Teil – Quelle IM ..... 12
Abbildung 5	Auszug aus Buchfahrplan - 6. Änderungsheft nP/2 - 2. Teil – Quelle IM ..... 13
Abbildung 6	Entgleisungsspuren am Herzstück der Weiche 12 - Quelle [1] ..... 14
Abbildung 7	Beschädigte Befestigungsschrauben - Quelle [1] ..... 14
Abbildung 8	Entgleisungsspuren am linken Schienenstrang - Quelle [1] ..... 15
Abbildung 9	Entgleisungsspuren am n-ö EÜ - Quelle [1] ..... 15
Abbildung 10	Entgleiste Wagen - Quelle TUE ..... 16
Abbildung 11	Zeitbezogene Auswertung Registriereinrichtung Tfz 1163 014-2 – Quelle Traktionsleister ..... 17
Abbildung 12	Auszug aus Auswertung des elektronischen Stellwerks Bf Sankt Veit an der Glan – Quelle [1] ..... 19
Abbildung 13	Anschrift des zuerst entgleisten Wagens - Quelle [1] ..... 20
Abbildung 14	Ansicht der gebrochenen Radscheibe - Quelle TUE ..... 20
Abbildung 15	Kennzeichnung des entgleisten Radsatzes als „thermisch stark beanspruchbar“ - Quelle TUE ..... 21
Abbildung 16	Anschrift des zweiten entgleisten Wagens - Quelle TUE ..... 23
Abbildung 17	Bestimmungen bei thermischer Beanspruchung von Rädern – Quelle RIV ..... 24
Abbildung 18	Bestimmungen bei thermischer Beanspruchung von Rädern – Quelle RIV, Anlage XII ..... 24
Abbildung 19	Bestimmungen bei thermischer Beanspruchung von Rädern – Quelle AVV, Anlage 9, Anhang 1 ..... 25
Abbildung 20	Innenansicht der gebrochenen Radscheibe vor Ort - Quelle TUE ..... 25
Abbildung 21	Ansicht der Bruchfläche am Radkranz - Quelle [1] ..... 26
Abbildung 22	Ansicht der Bruchfläche am Radkranz – Detail – Quelle TUE ..... 26
Abbildung 23	Ansicht des in Segmente zerteilten Radkranzes – Quelle SUB ..... 27
Abbildung 24	Ansicht des Radsatzes mit dem Scheibenkörper – Quelle SUB ..... 27
Abbildung 25	Ansicht der gegenüberliegenden Radscheibe desselben Radsatzes – Quelle SUB ..... 28
Abbildung 26	Grenzwerte der Eigenspannungen – Quelle ERRI B169/RP6 ..... 31
Abbildung 27	Einleitungspunkte der verschiedenen Kräfte - Quelle EN 13979-1 Bild 1 ..... 35
Abbildung 28	Auszug EN 13979-1 Anhang F ..... 37
Abbildung 29	Gefügeumwandlung an der Lauffläche - Quelle [3] Abb. 5.10 ..... 38
Abbildung 30	Eine der zahlreichen Rissausgangsstellen - Quelle [4] Abb. 1.3 ..... 39
Abbildung 31	Innenseite eines rissbehafteten Radsegments - Quelle [4] ..... 40
Abbildung 32	Riss auf der Innenseite eines rissbehafteten Radsegments - Quelle [4] ..... 40
Abbildung 33	Anzeige der Risse auf dem Teil B - Quelle [7] - Abb. 7 ..... 44
Abbildung 34	Riss in der Scheibe - Quelle [7] - Abb. 15 ..... 44
Abbildung 35	Riss der vorstehenden Abbildung gemeinsam mit der Mikrostruktur des Materials - Quelle [7] - Abb. 19 ..... 44
Abbildung 36	Anfang des Risses an der Oberfläche der Scheibe, Anzeige SEM - Quelle [7] - Abb. 22 ..... 45
Abbildung 37	Makroskopische Ansichten eines Formfehlers an der Oberfläche der Scheibe, Anzeige SEM - Quelle [7] - Abb. 26 und Abb. 27 ..... 46
Abbildung 38	Seitliche Ansicht der Erhebung (Ansicht um 90 ° gedreht) - Quelle [7] - Abb. 30 ..... 46
Abbildung 39	Auszug 1 aus AN GZ. OS-089-02-2008 – Quelle IM ..... 47
Abbildung 40	Auszug 2 aus AN GZ. OS-089-02-2008 – Quelle IM ..... 48
Abbildung 41	Auszug 3 aus AN GZ. OS-089-02-2008 – Quelle IM ..... 49
Abbildung 42	Temperaturverlauf bei der Simulation der Gefällefahrt – Quelle [2c] ..... 50

## Verzeichnis der Gutachten und Expertisen

Expertise **[2]**: Statusbericht des ECM, vom 30. September 2011

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

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

Gutachten **[3]**: Untersuchungsbericht über einen gebrochenen Radsatz,  
erstellt vom Institut für Schadensanalytik, vom 26. September 2011

Gutachten **[4]**: Untersuchungsbericht über einen rissbehafteten Radsatz,  
erstellt vom Institut für Schadensanalytik, vom 14. Oktober 2011

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

Gutachten **[6]**: Analyse der wahrscheinlichen Ursachen für die Beschädigung des Vollrades BTG,  
erstellt vom Institut für Materialphysik AV ČR, v.v.i., im Oktober 2011

Gutachten **[7]**: Analyse der Zerstörung eines Vollrades BTG, das bei der ÖBB an einem Fahrzeug des Typs Uacns  
betrieben wurde, erstellt vom Institut für Materialphysik der Akademie der Wissenschaften der  
Tschechischen Republik, öffentliches Forschungsinstitut, erstellt, im Februar 2012

## Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tabelle 1 Auswertung der Temperaturmessung der HOA (Auszug) - Quelle [1] .....	18
Tabelle 2 Instandhaltungsstufen von Radsätzen – Quelle ECM.....	28
Tabelle 3 Instandhaltung und Eigenspannungsmessung des Radsatzes – Quelle ECM .....	29
Tabelle 4 EWT des Radsatzes – Quelle ECM.....	29
Tabelle 5 Prüfung der Radscheiben des entgleisten Uacns - Quelle ECM.....	30
Tabelle 6 Zulässige Eigenspannungen gemäß RIL 907.801 – Quelle DB AG.....	33
Tabelle 7 Grenzwerte der maximalen Beschleunigung im Fahrzeugkasten - Quelle EN 14363 - Tabelle 4.....	36
Tabelle 8 Leistungsaufnahme bei Dauerbremsung - Vergleich Gotthard - Tauern.....	37

## Verzeichnis der Beilagen

Auf Grund der Größe der elektronischen Dateien für den Versand der Dokumente wurden die Beilagen in Anlagen zusammengefasst:

### Anlage A:

Beilagen: Expertise **[2]**: Statusbericht des ECM  
Konstruktionszeichnung der Radscheibe **[2a]**  
Festigkeitsberechnung der Radscheibe **[2b]** erstellt vom Radscheibenhersteller  
Expertise **[2c]**: Deformation und Restspannung der Radscheibe, erstellt von der  
Universität Žilina, Fakultät für Maschinenbau, Institut für Schienenfahrzeuge, Motoren  
und Hebezeuge

### Anlage B:

Beilagen: Gutachten **[3]**: Untersuchungsbericht über einen gebrochenen Radsatz, erstellt vom  
Institut für Schadensanalytik  
Gutachten **[4]**: Untersuchungsbericht über einen rissbehafteten Radsatz, erstellt vom  
Institut für Schadensanalytik

### Anlage C:

Beilage: Expertise**[5]**: Ursachenbestimmung für die Beschädigung des Vollrades, erstellt vom  
Radscheibenhersteller

### Anlage D:

Beilage: Gutachten **[6]**: Analyse der wahrscheinlichen Ursachen für die Beschädigung des  
Vollrades BTG, erstellt vom Institut für Materialphysik AV ČR, v.v.i.

### Anlage E:

Beilage: Gutachten **[7]**: Analyse der Zerstörung eines Vollrades BTG, das bei der ÖBB an einem Fahrzeug des  
Typs Uacns betrieben wurde, erstellt vom Institut für Materialphysik der Akademie der Wissenschaften  
der Tschechischen Republik, öffentliches Forschungsinstitut

### Anlage F:

Beilage: Fristgerecht eingelangte Stellungnahmen

## Verzeichnis der Regelwerke

Richtlinie 2004/49/EG	„Richtlinie über die Eisenbahnsicherheit“
TSI „OPE“	2006/920/EG Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems
TSI „Güterwagen“	2006/861/EG Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Fahrzeuge - Güterwagen“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems
EisbG	Eisenbahngesetz 1957, BGBl. Nr. 60/1957, i. d. F. BGBl. I, Nr. 25/2010
UUG	Unfalluntersuchungsgesetz 2005, BGBl. I, Nr. 123/2005, i. d. F. BGBl. I, Nr. 40/2012
MeldeVO Eisb	Meldeverordnung Eisenbahn 2006, BGBl. II, Nr. 279/2006
EisbBBV	Eisenbahnbau- und -betriebsverordnung, BGBl. II, Nr. 398/2008
Allgemeinverfügung	Eisenbahn-Bundesamt, GZ. Pr.3524- 35xbo/001-0114#021 Dokumentation der Historie und Instandhaltung von Güterwagenradsätzen vom 23. Dezember 2009 <a href="http://www.eba.bund.de/cdn_031/SharedDocs/Publikationen/DE/Infothek/GesetzeundRegelwerke/Allgemeinverf/35_allqvfg_radsatz_gwg_Historie,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/35_allqvfg_radsatz_gwg_Historie.pdf">http://www.eba.bund.de/cdn_031/SharedDocs/Publikationen/DE/Infothek/GesetzeundRegelwerke/Allgemeinverf/35_allqvfg_radsatz_gwg_Historie,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/35_allqvfg_radsatz_gwg_Historie.pdf</a>
EN 13262	Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle — Räder — Produktanforderungen Ausgaben vom 1. Jänner 2006 und 15. Juni 2010 ( <i>geltend für die Lieferung neuer Räder</i> )
EN 13979-1	Bahnanwendungen — Radsätze und Drehgestelle – Vollräder – Technische Zulassungsverfahren Teil 1: Geschmiedete und gewalzte Räder Ausgaben vom 1. Juni 2004 und 1. März 2010 ( <i>geltend für neue Radkonstruktionen</i> )
EN 14363	Bahnanwendungen — Fahrtechnische Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen — Prüfung des Fahrverhaltens und stationäre Versuche Ausgabe vom Juni 2005

## Verzeichnis der Regelwerke des IM/RU/VK/ECM

DV V2	Signalvorschrift des IM
DV V3	Betriebsvorschrift des IM
ZSB	Zusatzbestimmungen zur Signal- und zur Betriebsvorschrift des IM
DV M 22	Dienst auf Triebfahrzeugen des IM
DV M 26	Bremsvorschrift des IM
Anweisungen dazu	AN GZ. OS-089-02-2008 vom 14. November 2008 AN GZ. OS-003-11-2008 vom 28. Oktober 2008 AN GZ. BL-003-12-2010 vom 4. November 2010
AVV	Allgemeiner Vertrag für die Verwendung von Güterwagen
RIV	RIV 2000 – Übereinkommen über den Austausch und die Benutzung von Güterwagen zwischen Eisenbahnverkehrsunternehmen – UIC 1. Juli 2000, Ausgabe vom 1. April 2004
UIC 510-2	Merkblatt Wagen – Bedingungen für die Verwendung von Rädern verschiedener Durchmesser in Laufwerken unterschiedlicher Bauart
UIC 510-5	Technische Zulassung von Vollrädern
UIC 518	Fahrtechnische Prüfung und Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen – Fahrsicherheit, Fahrwegbeanspruchung und Fahrverhalten; 2. Ausgabe Jänner 2003
UIC 812-1	Technische Lieferbedingungen für gewalzte oder geschmiedete Radkörper aus Stahl für Triebfahrzeuge und Wagen, 4. Ausgabe vom 1. Jänner 1989
UIC 812-3	Technische Lieferbedingungen für Vollräder aus gewalztem unlegiertem Stahl für Triebfahrzeuge und Wagen, 5. Ausgabe vom 1. Jänner 1984, ersetzt durch EN 13262
ERRI B169/RP6	Standardisierung der Radsätze – Überwachung der Vollräder im Betrieb – Ultraschall-Verfahren zur zerstörungsfreien Bestimmung der Eigenspannungen in den Radkränzen der Vollräder, Ausgabe vom Februar 1995
RIL 907.0801	Richtlinie der Deutschen Bahn AG Ermittlung der Eigenspannungen im Radkranz von Vollrädern mit Ultraschall
DB 822/1016/1116	Bedienungsanleitung für Triebfahrzeugreihe 1016 / 1116

Die zitierten UIC-Merkblätter und ERRI-Reporte sind am Sitz der UIC; 16, rue Jean Rey F-75015 Paris zu beziehen.

## Verzeichnis der Abkürzungen und Begriffe

AN	Anweisung
BAV	Bundesanstalt für Verkehr
BJ	Baujahr
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Bf	Bahnhof
Bsb	Betriebsstellenbeschreibung
DB	Dienstbehelf
DIUM	Distancier international uniforme Merchandises (Einheitlicher Entfernungsanzeiger für den internationalen Güterverkehr) – Quelle Homepage des RU
DV	Dienstvorschrift
E-Bremse	Elektrodynamische Bremse eines Tzf
ECM	Entity in Charge of Maintenance (Instandhaltungsverantwortlicher)
ECT	Eddy Current Test (Wirbelstromprüfung)
ERRI	European Rail Research Institut (Forschungsanstalt der UIC)
ES	Einfahrsignal
ESM	Eigenspannungsmessung mittels Ultraschall (auch USE) mit in Deutschland anerkannten Prüfverfahren mit UER oder UER-T von Frauenhofer und DEBBIE von Debro UMS
EVS	Einfahrersignal
EWT	European Wheelset Traceability (Europäische Radsatz Rückverfolgbarkeit)
Fdl	Fahrdienstleiter
Gvbf	Großverschiebebahnhof
HLL	Hauptluftleitung
HOA	Heißläufer-Ortungs-Anlage kombiniert mit Temperaturmessung für Klotz- (FOA) und Scheibenbremsen (SOA)
IM	Infrastruktur Manager (Infrastrukturbetreiber)
IS	Instandhaltungsstufe
MT	Magnetic Test (Magnetpulverprüfung)
n-ö EÜ	nicht-öffentlicher Eisenbahnübergang
nP-Zug	nicht personenbefördernder Zug
NSA	National Safety Authority (Nationale Eisenbahn-Sicherheitsbehörde)
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
P-Zug	personenbefördernder Zug
RU	Railway Undertaking (Eisenbahnverkehrsunternehmen)
SUB	Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes – Schiene
Tzf	Triebfahrzeug
Tzff	Triebfahrzeugführer
TUE	Technische Überwachung der Betriebsleitung des IM
UIC	Internationaler Eisenbahnverband
UT	Ultrasonic Test (Ultraschallprüfung)
VK	Vehicle Keeper (Fahrzeughalter)
VzG	Verzeichnis örtlich zulässiger Geschwindigkeiten
Z	Zug

## Untersuchungsverfahren

Der Untersuchungsbericht stützt sich auf folgende Aktionen der SUB:

Er erfolgte keine Untersuchung vor Ort durch die SUB

Bewertung der eingelangten Unterlagen:

- Untersuchungsakt des IM **[1]**, eingelangt am 1. August 2011
- Expertise **[2]**: Statusbericht des ECM, eingelangt am 4. Oktober 2011
- Festigkeitsberechnung der Radscheibe **[2b]**, eingelangt am 4. Oktober 2011
- Expertise **[2c]**: Deformation und Restspannung der Radscheibe, eingelangt am 4. Oktober 2011
- Zwei Gutachten vom Institut für Schadensanalytik **[3]** und **[4]**, eingelangt am 11. Dezember 2011
- Expertise erstellt vom Radscheibenhersteller **[5]**, eingelangt am 11. Dezember 2011
- Gutachten **[6]** erstellt vom Institut für Materialphysik AV CR, eingelangt am 11. Dezember 2011
- Gutachten **[7]** erstellt vom Institut für Materialphysik der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, öffentliches Forschungsinstitut, eingelangt am 8. März 2012

Besprechung zwischen ECM, Radhersteller unter Teilnahme des Untersuchungsleiters der SUB am 8. März 2012 in Wien Simmering.

Allfällige Rückfragen wurden bis 21. März 2012 beantwortet.

## Vorbemerkungen

Die Untersuchung wurde unter Zugrundelegung der Bestimmungen des Art. 19, Z 2 der RL 2004/49/EG in Verbindung mit den Bestimmungen des § 2 Abs. 4 UUG durchgeführt.

Gemäß § 5 UUG haben Untersuchungen als ausschließliches Ziel die Feststellung der Ursache des Vorfalles, um Sicherheitsempfehlungen ausarbeiten zu können, die zur Vermeidung gleichartiger Vorfälle in der Zukunft beitragen können. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Untersuchung. Es ist daher auch nicht der Zweck dieses Berichtes, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären. Der gegenständliche Vorfall wird nach einem Stellungnahmeverfahren mit einem Untersuchungsbericht abgeschlossen.

Gemäß Art. 25, Z 2 der RL 2004/49/EG werden Sicherheitsempfehlungen an die Sicherheitsbehörde und, sofern es die Art der Empfehlung erfordert, an andere Stellen oder Behörden in dem Mitgliedstaat oder an andere Mitgliedstaaten gerichtet. Die Mitgliedstaaten und ihre Sicherheitsbehörden ergreifen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass die Sicherheitsempfehlungen der Untersuchungsstellen angemessen berücksichtigt und gegebenenfalls umgesetzt werden.

Die Sicherheitsbehörde und andere Behörden oder Stellen sowie gegebenenfalls andere Mitgliedstaaten, an die die Empfehlungen gerichtet sind, unterrichten die Untersuchungsstelle mindestens jährlich über Maßnahmen, die als Reaktion auf die Empfehlung ergriffen wurden oder geplant sind (siehe Art. 25, Z 3 der RL 2004/49/EG).

## Empfänger

Dieser Untersuchungsbericht ergeht an:

<b>Unternehmen / Stelle</b>	<b>Funktion</b>
Tfzf Z 66505	Beteiligter
Fdl Bf Sankt Veit an der Glan	Beteiligter
Verschubkoordinator Bf Treibach-Althofen	Beteiligter
INTERFERRUM Stahl- u. Eisenhandlungsgesellschaft m. b. H.	Vertreter des Radherstellers in Österreich
VTG AG	VK des 2. entgleisten Wagens
ÖBB-Infrastruktur AG	IM
ÖBB-Produktion GmbH	Traktionsleister
ÖBB-Konzernbetriebsrat	Personalvertreter
Rail Cargo Austria AG	RU und VK des 1. entgleister Wagens
ÖBB-Technische Services GmbH	ECM
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie	Eisenbahnbehörde
BMWFJ-Clusterbibliothek	Europäisches Dokumentationszentrum



## 1. Zusammenfassung

Montag, 20. Juni 2011, um 17:50 Uhr, kam es bei der signalmäßig tauglichen Einfahrt von Z 66505 (Zuglauf Bf Treibach-Althofen nach Villach Süd Gvbf) im Bf Sankt Veit an der Glan, im Bereich der Weiche 12, im km 327,668 zur Entgleisung des 2. und 3. Wagens.

Eine Zugtrennung zwischen dem 2. und 3. Wagen bewirkte eine Zwangsbremmung.

Ursache war der Bruch einer Monobloc-Radscheibe des 3. Radsatzes des 2. Wagens.

Es kam zu erheblichen Sachschäden an der Infrastruktur und den entgleisten Wagen.

Es wurden keine Personen getötet oder verletzt.

### **Summary**

*Monday, 20<sup>th</sup> June 2011, at 17:50 o'clock, during the signal standard compatible entry of train 66505 (train route station Treibach-Althofen to station Villach Süd Gvbf) into station Sankt Veit an der Glan, in the area of the switch number 12, in km 327,668, a derailment of the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> wagon occurred.*

*A train separation between the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> wagon caused an emergency brake.*

*Cause was a broken wheel of the 3<sup>rd</sup> wheelset of the 2<sup>nd</sup> wagon.*

*There was considerable material damage to the infrastructure and the derailed wagons.*

*There were no persons killed or injured.*

## 2. Allgemeine Angaben

### 2.1. Zeitpunkt

Montag, 20. Juni 2011, um 17:50 Uhr

## 2.2. Örtlichkeit

- IM ÖBB Infrastruktur Betrieb AG
- Strecke 41301 von Bf Bruck an der Mur nach Staatsgrenze nächst Thörl-Maglern (Tarvisio Boscoverde – IT)
- Bf Sankt Veit an der Glan
- Gleis 208
- Weiche 12, Herzstück
- km 327,668

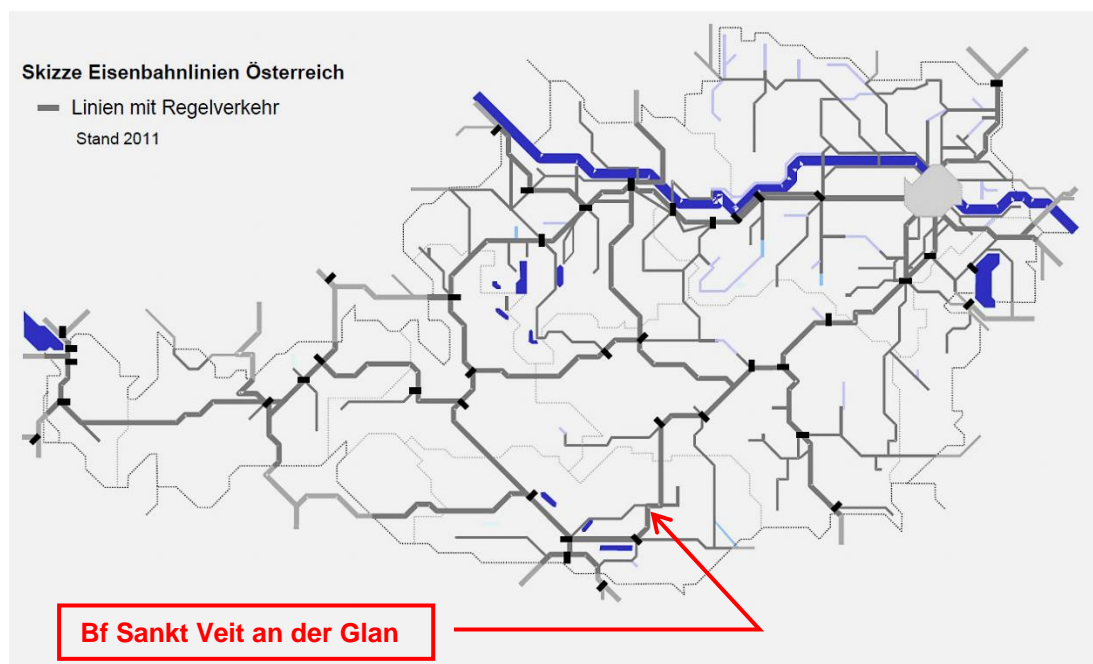


Abbildung 1 Skizze Eisenbahnlinsen Österreich

## 2.3. Witterung, Sichtverhältnisse

Heiter, sonnig, + 20 °C, keine Einschränkung der Sichtverhältnisse.

## 2.4. Behördenzuständigkeit

Die zuständige Eisenbahnbehörde ist die Oberste Eisenbahnbehörde im BMVIT.

## 2.5. Örtliche Verhältnisse

Der Bf Sankt Veit an der Glan liegt im km 327,942 = km 0,000 der zweigleisigen, elektrisch betriebenen ÖBB-Strecke 41301 Bf Bruck an der Mur – Staatsgrenze nächst Thörl-Maglern (Tarvisio Boscoverde – IT). Im Bf Sankt Veit an der Glan beginnt die eingleisige elektrisch betriebene ÖBB-Strecke 40801 von Bf Sankt Veit an der Glan über Bf Feldkirchen in Kärnten nach Villach Hbf

Der Bf Sankt Veit an der Glan ist sicherungstechnisch mit einem elektronischen Stellwerk der Bauform Siemens SMC 86 mit EBO ausgerüstet.

Die Oberleitung wird mit einer Nennspannung von 15 kV und einer Frequenz von 16,7 Hz betrieben.

Die Betriebsabwicklung erfolgt gemäß den Bestimmungen und Vorgaben der Regelwerke des IM.

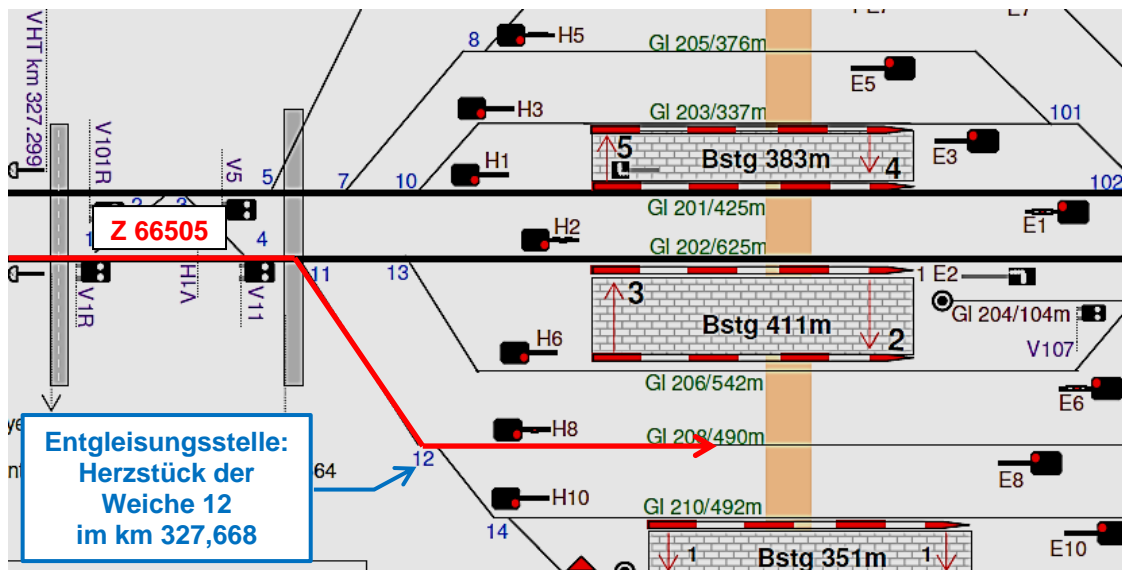


Abbildung 2 Skizze Auszug aus Lageplanskizze Bf Sankt Veit an der Glan - Quelle IM

## 2.6. Zusammensetzung der beteiligten Fahrt

**NG 66505** (Nahgüterzug des RU)

Zuglauf: von Bf Treibach-Althofen nach Villach Süd Gvbf

Zusammensetzung:

- 637 t Gesamtmasse
- 454 m Gesamtzuglänge
- Tfz 93 81 1163 014-2
- 22 Wagen davon 11 Wagen beladen
- Buchfahrplan 6. Änderungsheft nP/2 2. Teil des IM  
Fahrplanhöchstgeschwindigkeit 90 km/h  
Bremsleistung erforderlich 68 %
- Bremsleistung vorhanden 102 % (laut Zugdaten)
- durchgehend und ausreichend gebremst

## 2.7. Zulässige Geschwindigkeiten

### 2.7.1 Auszug aus VzG Strecke 41301

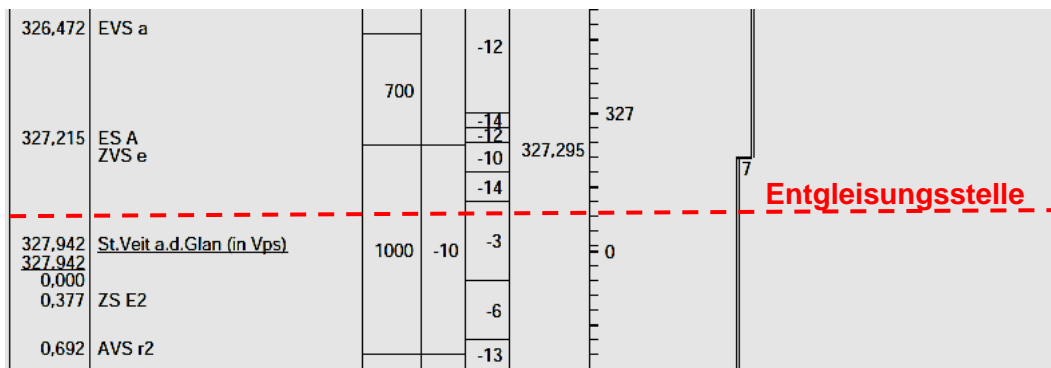


Abbildung 3 Auszug aus VzG Strecke 41301 - Quelle IM

Die örtlich zulässige Geschwindigkeit im betroffenen Streckenabschnitt betrug gemäß VzG des IM 70 km/h.

### 2.7.2 Auszug aus Buchfahrplan - 6. Änderungsheft nP/2 – 2. Teil



Abbildung 4 Auszug aus Buchfahrplan - 6. Änderungsheft nP/2 - 2. Teil – Quelle IM

NG 66505 <sup>nP</sup>			
BT 433 b Tr-Ve			
66505		Vmax = 90 km/h Bhmax = 68% - ZF A - 60 -	
4	5	6	3
		18.02	90
			306.1 Treibach-Alth.
			309.6 Kappel a.Krappfeld
			310.5 Sbl Tr 1
			310.6 GPE
			312.6
			85
			313.8 Passering
			314.8 Sbl Tr 2
			316.4
			80
			316.9
			75
			317.8
		15	90
			319.5 Launsdorf-Hoch.
			320.5 GPE
			322.2 St. Georgen a.L.
			323.6
			85
			323.9 Sbl Lad 1
			324.6
			80
			327.3
			- ZF A - 62 -
18.23		34	70
			0.0 St.Veit a.d.Glan
			(in Vps) *Vps* C-35
			1.0
			90
			St.V. a.Glan-Süd

Abbildung 5 Auszug aus Buchfahrplan - 6. Änderungsheft nP/2 - 2. Teil – Quelle IM

Die zulässige Geschwindigkeit laut Auszug aus Buchfahrplan Buchfahrplan - 6. Änderungsheft nP/2 - 2. Teil des IM, Muster 4791 betrug 70 km/h.

### 2.7.3 Geschwindigkeitseinschränkung durch La

Im betroffenen Streckenanschnitt gab es keine Eintragung bezüglich einer Einschränkung der Geschwindigkeit.

### 2.7.4 Geschwindigkeitseinschränkung durch schriftliche Befehle

Geschwindigkeitseinschränkungen durch schriftliche Befehle liegen der SUB nicht vor.

### 2.7.5 Signalisierte Geschwindigkeit

Laut Auswertung des elektronischen Stellwerks um 17:46 Uhr war signalisiert:

EVS „a“ zeigte „HAUPTSIGNAL FREI MIT 60 km/h“

ES „A“ zeigte „FREI MIT 60 km/h“

## 3. Beschreibung des Vorfalles

Bei der signalmäßig tauglichen Einfahrt von Z 66505 vom Streckengleis 2 nach Bahnhofs-  
gleis 208 entgleiste der im Zugverband an zweiter Stelle gereihte Wagen (leer, mit der  
Nummer 31 81 932 6 039-1, Gattung Uacns), mit dem in Fahrtrichtung rechten Rades des  
dritten Radsatzes auf Höhe des Herzstückes der Weiche 12, ca. im km 327,668, in Fahrt-  
richtung nach rechts.



Abbildung 6 Entgleisungsspuren am Herzstück der Weiche 12 - Quelle [1]



Abbildung 7 Beschädigte Befestigungsschrauben - Quelle [1]

Anhand der Entgleisungsspuren (ca. jede vierte bis fünfte Befestigungsschraube wies Anschlagsspuren auf) wurde geschlossen, dass dieses Rad zuerst entgleiste.

Ab km 327,692 (Höhe Weiche 14) waren Entgleisungsspuren des linken Rades dieses Radsatzes (in Fahrtrichtung nach rechts innerhalb der Schienen) sichtbar.



Abbildung 8 Entgleisungsspuren am linken Schienenstrang - Quelle [1]

Der entgleisten Wagen wurde dann noch 80 m bis zum n-ö EÜ („Bohlenübergang“ im km 327,772 zwischen den Bahnsteigen) gezogen. Durch das Befahren der Bedielung des n-ö EÜ entgleiste der zweite Radsatz desselben Drehgestells in Fahrtrichtung nach rechts.



Abbildung 9 Entgleisungsspuren am n-ö EÜ - Quelle [1]

In weiterer Folge entgleiste ab km 327,803 der dritte Wagen von Z 66505 mit beiden Drehgestellen (leer, mit der Nummer 33 81 792 9 102-0, Gattung, Zacns, letztes Ladegut WASSERSTOFFPEROXID, WÄSSERIGE LÖSUNG mit mindestens 20 %, aber höchstens 60 % WASSERSTOFFPEROXID, Gefahrennummer 58, UNNr 2014,) in Fahrtrichtung nach rechts.

Durch den Seitenversatz des zweiten und dritten Wagens erfolgte im km 327,843 eine Auftrennung der HLL. Dies bewirkte eine Zwangsbremmung. Z 66505 kam mit der Zugspitze im km 327,912 zum Stillstand.



Abbildung 10 Entgleiste Wagen - Quelle TUE

## 4. Verletzte Personen, Sachschäden und Betriebsbehinderungen

### 4.1. Verletzte Personen

Es wurden keine Personen verletzt oder getötet.

### 4.2. Sachschäden an Infrastruktur

Ca. 200 m Oberbau und eine Weiche beschädigt.

### 4.3. Sachschäden an Fahrzeugen und Ladegut

Zwei Wagen entgleist und stark beschädigt.

### 4.4. Schäden an Umwelt

Keine Schäden an der Umwelt.

### 4.5. Summe der Sachschäden

Die Summe der Sachschäden an Fahrzeugen und Infrastruktur wurde mit ca. € 160 000,- beziffert.

### 4.6. Betriebsbehinderungen

Sperrung von drei Gleisen im Bf Sankt Veit an der Glan bis längstens 22. Juni 2011, 17:00 Uhr. Es kam zu Zugverspätungen im Güterverkehr.



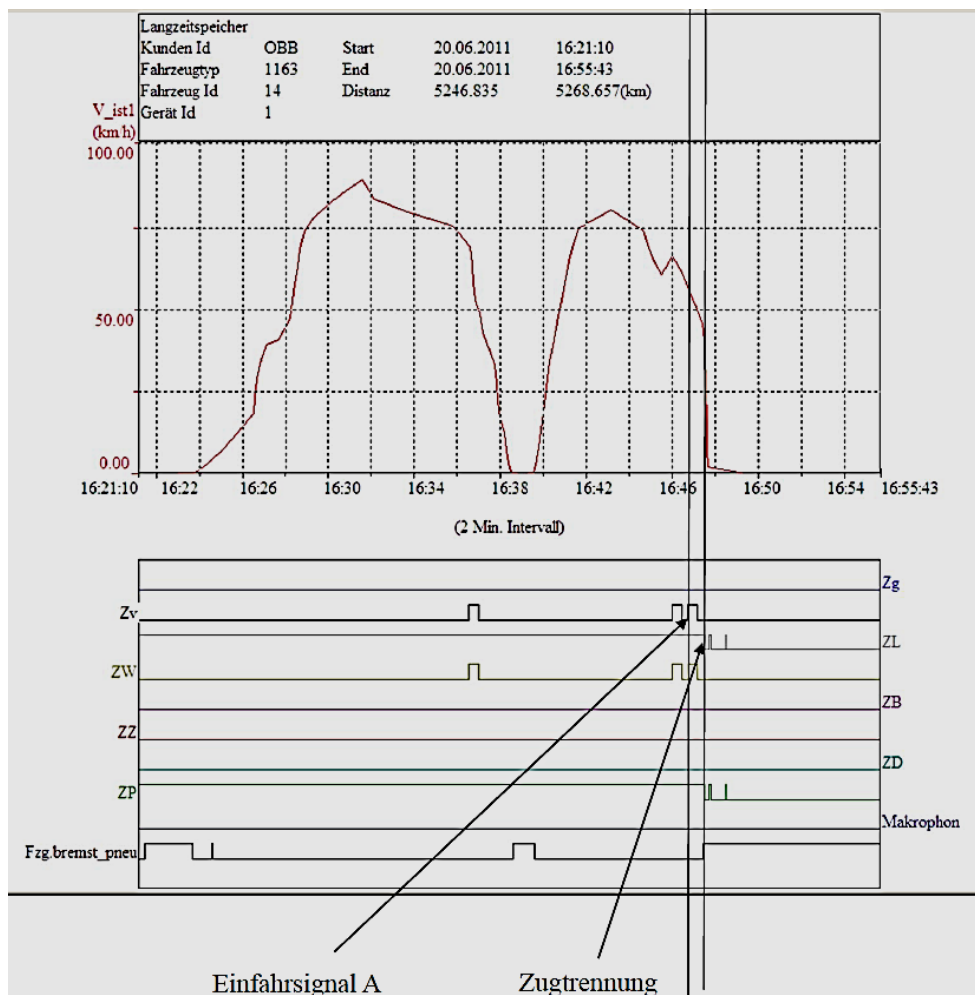
## 5. Beteiligte, Auftragnehmer und Zeugen

- ÖBB-Infrastruktur AG (IM)
  - Fdl Bf Sankt Veit an der Glan
  - Vershubkoordinator Bf Treibach-Althofen
- Rail Cargo Austria AG (RU)
- ÖBB-Produktion GmbH (Traktionsleister)
  - Tzfz Z 58295 (ÖBB-Produktion GmbH)
- ÖBB-Technische Services GmbH (ECM)

## 6. Aussagen / Beweismittel / Auswertungsergebnisse

### 6.1. Auswertung der Registriereinrichtung des Tzf

Die Aufzeichnung der Registriereinrichtung des Tzf von Z 66505 wurde nach dem Ereignis gesichert und durch den Traktionsleister ausgewertet.



**Abbildung 11 Zeitbezogene Auswertung Registriereinrichtung Tzf 1163 014-2 – Quelle Traktionsleister**

Die registrierte Uhrzeit entsprach MEZ (=“Winterzeit“).

**Auswertung des Traktionsleisters:**  
*(gekürzt und sinngemäß)*

Um ca. 16:46:00 Uhr (entspricht 17:46:00 Uhr) passierte Z 66505 das EVS „a“ vom Bf Sankt Veit an der Glan mit 65,9 km/h. Die Stellung des EVS „a“ war „HAUPT-SIGNAL FREI MIT 60 km/h,“. Um ca. 16:46:43 Uhr (entspricht 17:46:43 Uhr) passierte Z 66505 das ES „A“ im Bf Sankt Veit an der Glan mit 55,06 km/h. Nach ca. 628 m kam es zu einer Zugtrennung mit Zwangsbremung. Der Bremsweg betrug ca. 69 m.

**Die zulässigen Geschwindigkeiten wurden von Z 66505 eingehalten.**

**6.2. Auswertung der HOA in Sankt Georgen**

Von der im km 321,175 situierten HOA wurden die Daten bewertet und keine Unregelmäßigkeiten festgestellt. Der zweite Wagen von Z 66505 hatte die Radsätze mit den Nummern 9 bis 12.

Achse	Lager links	Lager rechts	FOA	SOA
1	25	29	57	57
2	25	30	57	57
3	27	31	57	57
4	27	30	57	57
5	27	30	57	57
6	25	28	57	57
7	28	30	57	57
8	29	31	57	57
9	29	30	57	57
10	25	30	57	57
11	29	31	57	57
12	26	30	57	57
13	29	30	57	57
14	27	30	57	57

**Tabelle 1 Auswertung der Temperaturmessung der HOA (Auszug) - Quelle [1]**

**6.3. Aussage Tzf Z 66505**

*(gekürzt und sinngemäß)*

Bei der Einfahrt von Z 66505 in den Bf Sankt Veit an der Glan trat plötzlich Druckverlust in der HLL auf (0 bar). Z 66505 kam in Höhe alter Fahrdienstleitung zum Stillstand.

Grund des Druckverlustes der HLL war eine Zugtrennung zwischen zweiten und dritten Wagen. Der zweite Wagen entgleiste mit einem Drehgestell, der dritte Wagen mit beiden Drehgestellen.

#### 6.4. Aussage Fdl Bf Sankt Veit an der Glan (gekürzt und sinngemäß)

Für die Einfahrt von Z 66505 wurde eine signalmäßig taugliche Zugstraße von Streckengleis 2 auf Bahnhofgleis 208 mit  $v_{\max} = 60$  km/h gestellt.

#### 6.5. Aussage Verschubkoordinator Bf Treibach-Althofen (gekürzt und sinngemäß)

Bei der Fahrzeugprüfung (Übernahme gemäß ZSB 31) und bei der Bremsprobe von Z66505 im Bf Treibach-Althofen wurden keine Unregelmäßigkeiten festgestellt.

#### 6.6. Auswertung des elektronischen Stellwerks Bf Sankt Veit an der Glan

##### Abfolge der Zugfahrt Z66505 von Einfahrsignal A auf Zwischensignal E8

###### Einstellen einer Zugstraße A \_ E8

```
20.06.2011 17:46:14.906  
Vps_STWR2vs FSE | S/VA S/VE8 FL1 ZR T_Fahrstrasseneinstellung S/VA S/VE8 FL1  
Zus_Zugstrasse_mit_Schutzweg_rechts
```

###### Weiche 12 in Linkslage überwacht

```
20.06.2011 17:46:19.765  
Vps_STWR2vs W/V12 LLU T_von_FahrwegelementenW/V12 in_Linkslage_ueberwacht
```

###### Einfahrsignal A zeigt „Frei mit 60km/h“

```
20.06.2011 17:46:20.906  
Vps_STWR2vs S/VA F60 VORS ERSA T_von_SignalenS/VA Frei_mit_60 Vorsicht  
Ersatzsignal_aus
```

##### Abfolge der Zugfahrt; Besetzung der Abschnitte e22, 102-3; 1; 4; 11; 12/14 und 208

```
20.06.2011 17:46:41.875  
Vps_STWR2vs VFEL FMVe22 ZusInf=0 BSZT T_von_FeldelementenFMVe22 ZusInf=0  
Abschnitt nicht frei  
20.06.2011 17:49:40.578  
Vps_STWR2vs VFEL FMV102-3 ZusInf=0 BSZT T_von_FeldelementenFMV102-3 ZusInf=0  
Abschnitt nicht frei  
20.06.2011 17:49:44.359  
Vps_STWR2vs VFEL FMV1 ZusInf=0 BSZT T_von_FeldelementenFMV1 ZusInf=0  
Abschnitt nicht frei  
20.06.2011 17:49:49.640  
Vps_STWR2vs VFEL FMV4 ZusInf=0 BSZT T_von_FeldelementenFMV4 ZusInf=0  
Abschnitt nicht frei  
20.06.2011 17:49:59.546  
Vps_STWR2vs VFEL FMV11 ZusInf=0 BSZT T_von_FeldelementenFMV11 ZusInf=0  
Abschnitt nicht frei  
20.06.2011 17:50:04.093  
Vps_STWR2vs VFEL FMV12/14 ZusInf=0 BSZT T_von_FeldelementenFMV12/14 ZusInf=0  
Abschnitt nicht frei  
20.06.2011 17:50:11.531  
Vps_STWR2vs VFEL FMV208 ZusInf=0 BSZT T_von_FeldelementenFMV208 ZusInf=0  
Abschnitt nicht frei
```

#### Abbildung 12 Auszug aus Auswertung des elektronischen Stellwerks Bf Sankt Veit an der Glan – Quelle [1]

Die Bewertung der vorgelegten Unterlagen ergab:

- Die Sicherungsanlage hat ohne Störungen und fehlerfrei gearbeitet.
- Es wurden zum Zeitpunkt des Vorfalles keine dokumentierungspflichtigen Handlungen gesetzt.

## 6.7. Fahrweg

Bei der Weiche 12 im Bf Sankt Veit an der Glan handelt es sich um eine Innenbogenweiche vom Typ IBW 49E1-500-1:12 FSch (H).

Nach der Entgleisung von Z 66505 wurde im Entgleisungsbereich eine Vermessung der Gleislage der Weiche 12 durchgeführt. Es wurden keine maßlichen Abweichungen und Unregelmäßigkeiten festgestellt (Die Daten der Vermessung liegen der SUB vor).

## 6.8. Zuerst entgleister Güterwagen

Der erste entgleiste leere Silowagen mit der Nummer 31 81 932 6 039-1 entgleiste infolge eines Bruches der in Fahrtrichtung rechten Radscheibe des dritten Radsatzes (vorlaufender Radsatz des nachlaufenden Drehgestells).



Abbildung 13 Anschrift des zuerst entgleisten Wagens - Quelle [1]



Abbildung 14 Ansicht der gebrochenen Radscheibe - Quelle TUE

### Technische Daten des Silowagens:

Wagennummer 31 81 932 6 039-1

Gattung Uacns

Gemäß TSI OPE handelt es sich um einen Spezialgüterwagen mit 4 Achsen und Zulassung für 100 km/h, Zuladung > 60 t, Entladung durch Druckbeaufschlagung

Revisionsanschrift 6 REV Tr 27.11.05

Länge über Puffer 19,34 m

Drehgestellbauart Y25

Drehzapfenabstand 14,30 m

Eigenmasse 26,750 t

Max. Zuladung in Lastgrenze D 63,2 t

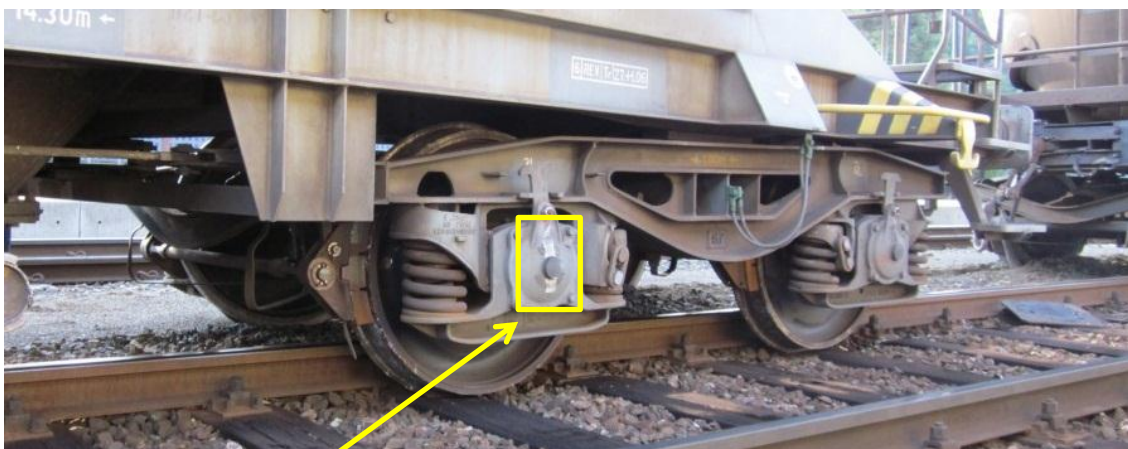
Max. Radsatzfahrmasse 22,5 t

Zwei stehende Behälter (Ladevolumen á 45000 l) mit Druckluftentladung

Datum der nächsten Prüfung 03 13

Letzte Ladung 61 t Borate (kein Gefahrgut) von Koper Luka nach Treibach-Althofen

Der Radsatz mit der gebrochenen Radscheibe war als einziger Radsatz des Silowagens als „thermisch stark beanspruchbar“ gekennzeichnet, gemäß AVV, Anlage 11 – Anschriften und Zeichen an Güterwagen, Ziffer 6.1, UIC 510-5 und UIC 510-2, Anlage H.



**Abbildung 15** Kennzeichnung des entgleisten Radsatzes als „thermisch stark beanspruchbar“ - Quelle TUE

Der entgleiste Silowagen wies eine gültige Registrierung im Österreichischen Schienenfahrzeug-Einstellungsregister auf.

Bremse: Bremsbauart KE-GP

Der Bremsabsperrhahn befand sich in der Stellung „EIN“, der Lastwechsel befand sich in der Position „leer“, der Bremsartumsteller befand sich in der Stellung „P“ (=28 t).

In der Position „beladen“ betrug das Bremsausmaß in der Stellung „P“ 53 t.

Der Silowagen wurde mit Graugussbremsklotzsohlen der Bauart „Bg“ und der Qualität „P10“ gebremst.

### Fahrzeuglauf und Beladung:

Gemäß Angabe des VK wurde der Uacns seit 2006 vorwiegend zwischen Koper-Luka und Treibach-Althofen für den Transport von Boraten vom Adriaafen zur Verarbeitung in Österreich eingesetzt. Aus der vorgelegten Wagenhistorie konnten für ein Jahr zurück 31 Hin- und Rückfahrten festgestellt werden.

Gemäß DIUM betrug eine Hin- und Rückfahrt 596 km. Daraus berechnet sich eine jährlich zurückgelegte Wegstrecke von ca. 18500 km.

### Instandhaltungshistorie:

Der Radsatz mit der gebrochenen Radscheibe wurde am 27. November 2006 im Zuge einer planmäßigen Ausbesserung in den Uacns eingebaut.

Folgende außerplanmäßige Instandhaltungen bezüglich Radsätze und Bremsen konnten dokumentiert werden:

11. März 2009 im Werk Villach des ECM

- Radsatz Inspektion – visuell
- Mechanische Bremse Inspektion
- Bremssohle ersetzen P10, groß 16 x
- Bremsgestängesteller einstellen
- Bremse Funktionsprobe mit Pdr2

16. April 2010 im Werk ZOS Trnava des ECM

Im Zuge der durchgeführten Kesselprüfung wurden keine Bremssohlen getauscht.

26. Mai 2010 im Werk Villach des ECM

- Radsatz Inspektion – visuell
- Mechanische Bremse Inspektion
- Bremshebelverbinder Buchse ersetzen 4 x
- Bremsgestängesteller einstellen
- Bremse Funktionsprobe mit Pdr2

7. April 2011 im Werk Villach des ECM

- Mechanische Bremse Inspektion
- Bremssohle ersetzen P10, groß 16 x
- Bremsklotzkeil ersetzen, 1 x
- Bremsgestängesteller einstellen
- Bremse Funktionsprobe mit Pdr2

## 6.9. Zweiter entgleister Güterwagen

Der zweite entgleiste leere Kesselwagen (nicht gereinigt) mit der Nummer 33 81 792 9 102-0, war infolge der Entgleisung des vorgereichten Wagens entgleist. Letztes Ladegut Gefahrennr. 58, UNNr 2014, WASSERSTOFFPEROXYD, WÄSSERIGE LÖSUNG, Gefahrenzettel 5.1 und 8, Verpackungsgruppe II



Abbildung 16 Anschrift des zweiten entgleisten Wagens - Quelle TUE

### Technische Daten des Kesselwagens:

Wagennummer 33 81 792 9 102-0

Gattung Zacns

Gemäß TSI OPE handelt es sich um einen Tank-Güterwagen mit 4 Achsen und Zulassung für 100 km/h, Zuladung > 60 t, Entladung durch Druckbeaufschlagung

Revisionsanschrift 4 REV 201 26.01.10

Länge über Puffer 13,04 m

Drehgestellbauart Y25

Drehzapfenabstand 8,0 m

Eigenmasse 20,0 t

Max. Zuladung in Lastgrenze D4 70,0 t

Max. Radsatzfahrmasse 22,5 t

Tankvolumen 63 300 l

Datum der nächsten Prüfung 02 14

Der entgleiste Kesselwagen wies eine gültige Registrierung im Österreichischen Schienenfahrzeug-Einstellungsregister auf.

## 6.10. Regelwerke bei thermischer Beanspruchung von Rädern

Gemäß RIV, Punkt 24.25 galt:

Bei Verdacht thermischer Überbeanspruchung von Vollrädern durch die Bremse, gekennzeichnet durch

- Farbabbbrand von 50 mm und mehr am Radkranzübergang oder neuen Oxydationsspuren oder
- angeschmolzenen Bremssohlen oder
- beschädigte Lauffläche mit Metallauftragung,

ist der Abstand zwischen den inneren Stirnflächen der Radkränze gemäß Ziff. 24.22 zu messen.

Liegt dieser Abstand innerhalb der Toleranzen, ist die Druckluftbremse auszuschalten und das Fahrzeug mit Zetteln **Muster R'** und **K** mit folgender Angabe zu versehen: "Bremse und Lauffläche wegen thermischer Überbeanspruchung untersuchen".

Bei den gemäß Ziff. 23.2.7.12 gekennzeichneten thermisch stark beanspruchbaren Rädern sind die Untersuchungen nicht durchzuführen.

Abbildung 17 Bestimmungen bei thermischer Beanspruchung von Rädern – Quelle RIV

Gemäß RIV, Anlage XII, Anhang 1 galt folgender Regelung:

Bauteile	Code	Mängel/Kriterien/Hinweise	Maßnahmen	Fehlerklasse
Vollrad	1.2			
	1.2.1	Die Rille zur Kennzeichnung der Mindestdicke ist nicht mehr über ihren gesamten Querschnitt hinweg erkennbar	Aussetzen	4
	1.2.2	Thermische Überbeanspruchung durch die Bremse (siehe auch Code 1.7.1)		
	1.2.2.1	- bei eingehaltenen Toleranzen	K + R1	4
	1.2.2.2	- bei nicht eingehaltenen Toleranzen <ul style="list-style-type: none"> <li>• neuer Farbabbbrand an der Radkranzverbindung von 50 mm und mehr</li> <li>• Oxidationsspuren am Radkranz (Radscheibe nicht gefärbt)</li> <li>• angeschmolzene Bremssohlen</li> <li>• Beschädigung der Lauffläche mit Metallauftragung</li> </ul>	Aussetzen	5
		Ausgenommen sind Räder, die als thermisch stark beanspruchbar gekennzeichnet sind.		

Abbildung 18 Bestimmungen bei thermischer Beanspruchung von Rädern – Quelle RIV, Anlage XII



Gemäß AVV, Anlage 9, Anhang 1 gilt seit 1. Juli 2006:

1.2.2	Thermische Überbeanspruchung durch die Bremse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neuer Farbabbrand an der Radkranzverbindung von 50 mm und mehr</li> <li>• Oxidationsspuren am Radkranz (Radscheibe nicht gefärbt)</li> <li>• Angeschmolzene Bremssohlen</li> <li>• Beschädigung der Lauffläche mit Metallauftragung (siehe auch Code 1.3.4)</li> </ul>	Nachmessen nach Code 1.7.1, ausgenommen sind Radsätze, die als thermisch stark beanspruchbar gekennzeichnet sind und mit Graugussbremssohlen gebremst werden	
1.2.2.1	- bei eingehaltenen Toleranzen		K + R1	4
1.2.2.2	- bei nicht eingehaltenen Toleranzen		Aussetzen	5

**Abbildung 19 Bestimmungen bei thermischer Beanspruchung von Rädern – Quelle AVV, Anlage 9, Anhang 1**

Daraus wurde erkannt, dass bei einer festgestellten thermischen Überbeanspruchung durch die Bremse, Radsätze, die als thermisch stark beanspruchbar gekennzeichnet sind und mit Graugussbremssohlen gebremst werden, keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind.

#### 6.11. Untersuchung der gebrochenen Radscheibe

Bei der Untersuchung vor Ort wurde erkannt, dass die Bruchlinie nahezu einen Kreisbogen an der Radkranzverbindung bildet.



**Abbildung 20 Innenansicht der gebrochenen Radscheibe vor Ort - Quelle TUE**



**Abbildung 21 Ansicht der Bruchfläche am Radkranz - Quelle [1]**

Anhand der nachstehenden Abbildung konnte man erkennen, dass der Bruch von der Innenseite der Scheibenfläche seinen Ausgang nahm.



**Abbildung 22 Ansicht der Bruchfläche am Radkranz - Detail - Quelle TUE**

Im Zuge der Beseitigung der entgleisten Fahrzeuge und Freimachen der Gleisanlagen wurde der gebrochene Radkranz in vier Segmente zerteilt und der Radsatzrest im Werk Villach des ECM ausgebaut. Die Teile des Radsatzes wurden im Werk Knittelfeld des ECM einer weiteren Untersuchung zugeführt.



Abbildung 23 Ansicht des in Segmente zerteilten Radkranzes – Quelle SUB



Abbildung 24 Ansicht des Radsatzes mit dem Scheibenkörper – Quelle SUB



**Abbildung 25** Ansicht der gegenüberliegenden Radscheibe desselben Radsatzes –  
Quelle SUB

Gemäß der vorstehenden Abbildung ließ sich mittels fotogrammetrischer Auswertung ein neuer Farbabbrand von ca. 20 mm und ein überstrichener von > 50 mm bestimmen.

Gemäß AVV gilt bei „*Thermische Überbeanspruchung durch die Bremse*“ (neuer Farbabbrand an der Radkranzverbindung von 50 mm und mehr) – *zumindest die Bremse ausschalten – Nachmessen, ausgenommen sind Radsätze die als thermisch stark beanspruchbar gekennzeichnet sind und mit Graugussbremssohlen gebremst werden.*

#### 6.12. Instandhaltung von Radsätzen durch ECM

Die Aufarbeitung von Radsätzen erfolgt grundsätzlich nach folgenden Instandhaltungsstufen:

Instandhaltungsstufe	Maßnahme
IS1	Reprofilieren
IS2	Lageraufarbeitung und Reprofilieren
IS3	Neubescheiben und Lageraufarbeitung

**Tabelle 2** Instandhaltungsstufen von Radsätzen – Quelle ECM

### 6.13. Daten und Historie des Radsatzes

Der Radsatz mit der gebrochenen Radscheibe weist folgende Instandhaltungen auf (Quelle [2]):

Aufarbeitungsdatum	Instandhaltungsstufe	Scheibenmaterial	Charge	Lfd. Nr.	Eigenspannung [MPa]	
					links	rechts
08.05.2001	IS3	R7T	38249 / 38249	134 / 177	-	-
02.01.2002	IS1				175	244
01.04.2003	IS1				159	176
07.04.2006	IS1				157	126

**Tabelle 3 Instandhaltung und Eigenspannungsmessung des Radsatzes – Quelle ECM**

Bezeichnung	Kategorie	Radscheibe links // rechts
Radsatznummer	III	130591
Maximal zulässige Achslast (gesamter Radsatz)	III	22,5 t
Monteur der Radscheibe auf die Radsatzwelle (der Hersteller im Fall der Erstmontage)	III	nicht verfügbar
Datum der Erstmontage der Radscheibe (Monat/Jahr)	III	05.2001
Zertifikatnummer und benannte Stelle aus der EC-Konformitätserklärung (TSI-konforme Räder)	II	nicht verfügbar
Homologationsnummer und Genehmigungs- oder Zertifizierungsstelle (andere Räder)	II	nicht verfügbar
Hersteller	II	Bonatrans // Bonatrans
Herstellungsdatum (Monat/Jahr)	II	01.04.2001
Stahlsorte (Wärmebehandlungszustand)	II	R7T // R7T
Schmelznummer	II	38249/134 // 38249/177
Maximal zulässige Achslast (hinsichtlich Räder)	II	22,5 t
Datum der Instandhaltung	II	letzte IS3 09.05.2001
Geltendes Instandhaltungsprogramm (Nummer des Dokuments)	II	ÖBB
Instandhaltungsstufe	II	IS3
Instandhaltungswerkstatt/-ort	II	ÖBB-TS Knittelfeld
Letzter Instandhalter des Lagers (falls nicht die Instandhaltungswerkstatt)	I	ÖBB-TS Knittelfeld
Datum der nächsten planmäßigen Instandhaltung des Radsatzes	I	05.2014
Datum der Radsatzmontage	III	27.11.2006
Zurückgelegte Strecke des Radsatzes, aufgeschlüsselt nach Betriebszeitraum je Fahrzeug, sofern verfügbar		nicht verfügbar
Unregelmäßigkeiten	III	nicht verfügbar

**Tabelle 4 EWT des Radsatzes – Quelle ECM**

Die Materialbezeichnung „R7T“ entspricht „ER7“ gemäß EN 13262. Das Symbol T bedeutet gemäß UIC 812-3 eine Vergütung des Radkranzes.

Die Messungen der Eigenspannungen mit dem Prüfgerät „Frauenhofer UER“ gemäß Tabelle 3 zeigt keine kritischen Werte.

Als Grenzwerte für die Eigenspannung wurde gemäß ORE B169/RP6 + 400 MPa angegeben.

Bis zur Allgemeinverfügung durch das EBA gab es keine verbindliche Verpflichtung, Radsatzdaten (z.B. Chargennummer) und Einbauorte in Wagen zu dokumentieren.

Aus den vorstehenden Tabellen ist zu entnehmen, dass der Radsatz

- 2001 mit neuen Radscheiben konfektioniert wurde
- 2002, 2003 und 2006 eine Reprofilierung erfolgte und
- 2006 im Zuge einer planmäßigen Instandhaltung (Revision vom 27. November 2006) in den entgleisten Wagen Uacns eingetauscht wurde.

#### 6.14. Prüfung der Radscheiben des entgleisten Uacns 31 81 932 6 039-1

Durch den ECM wurden alle Radsätze des Uacns geprüft. Die Radsätze 1, 2 und 4 waren nicht als thermisch stark beanspruchbar gekennzeichnet

Position	Radsatznummer	Eigenspannungsmessung [MPa]		Radscheibe		MT Befund		Anmerkung
		links	rechts	links	rechts	links	rechts	
1	131110	270		20977/148 BJ 2000		keine Rissanzeigen		
			273		20977/272 BJ 2000			
2	185687	beide nicht prüfbar		beide nicht lesbar		keine Rissanzeigen		
3	130591	gebrochen		38249/134 BJ2001		gebrochen		gebrochene Radscheibe
			137		38249/177 BJ2001		umlaufende Rissanzeigen	
4	164523	beide nicht prüfbar		34508/nicht lesbar BJ 1992		wurden neubeschleift und daher nicht geprüft		entgleist
				34508/nicht lesbar BJ 1992				

Tabelle 5 Prüfung der Radscheiben des entgleisten Uacns - Quelle ECM

Das dem gebrochenen Rad gegenüberliegende Rad aus derselben Charge (38249) erzielte bei der Eigenspannungsmessung 137 MPa und hielt den zulässigen Grenzwert (400 MPa) ein. Trotzdem wurden Rissanzeigen mittels MT detektiert.

Mittels fotogrammetrischer Auswertung ließ sich ein neuer Farbabbbrand von ca. 20 mm und ein überstrichener Farbabbbrand von > 50 mm bestimmen (siehe Abbildung 25).

#### 6.15. Regelwerke für die Messung der Eigenspannungen

Beim ECM wurden für die Messung der Eigenspannungen der Radkränze folgende Regelwerke angewendet:

- ERRI B169/RP6 und
- RIL 907.801.

#### **ERRI B169/RP6 – Punkt 5.5 (Auszug)**

*Die Geometrie des Rades hat einen großen Einfluss auf die Entwicklung der Eigenspannungen im gebremsten Vollrad. Je steifer eine Vollradkonstruktion ist, desto höhere Zugeigenspannungen können sich im Radkranz ausbilden.*

#### **ERRI B169/RP6 – Anlage 8 (Auszug)**

Nach den ersten Erfahrungen wurden sowohl bei der DB AG als auch bei der SBB derzeit angewendete Grenzwerte für die Höhe der Eigenspannungen festgelegt.

- BV2 gemäß UIC-Merkblatt 510-2	$\sigma = 250 \text{ MPa}$
- R7 von Radherstellern, an deren Rädern schon Radbrüche aufgetreten sind	$\sigma = 300 \text{ MPa}$
- R7 von Radherstellern, an deren Rädern noch nie Radbrüche aufgetreten sind	$\sigma = 400 \text{ MPa}$
- R7 von Radherstellern, deren Räder bei der Lieferanten- und Produktzulassung auf einem Bremsprüfstand untersucht worden sind	$\sigma = 400 \text{ MPa}$

Abbildung 26 Grenzwerte der Eigenspannungen – Quelle ERRI B169/RP6

Diese Werte wurden auch vom ECM übernommen.

## **RIL 907.801 (Auszug)**

### *Punkt 1 Vorbemerkungen*

*Absatz 1 - Im Radkranz eines Vollrades können durch Einwirkung der Klotzbremse und der damit verbundenen Wärmeentwicklung hohe Zugeigenspannungen in Radumfangsrichtung entstehen. Hohe Zugeigenspannungen und Anrisse sind die Ursache für Vollradbrüche.*

*Absatz 2 - Der Radkranz von Vollrädern ist mit einem Ultraschallprüfverfahren, das aus der Laufzeitdifferenz die Spannung ermittelt zu prüfen.*

*Absatz 3 - Als Prüfsystem sind folgende Gerätesysteme zugelassen:*

- Ultraschallprüfgerät UER; UER-T (Frauenhofer-Institut Saarbrücken)*
- DEBBIE (DEBRO UMS Warschau, Polen)*

### *Punkt 4 Prüfungsdurchführung mit dem Gerätesystem UER bzw. UER-T*

*Absatz 4 – Der K-Wert für den Radwerkstoff R7 beträgt: 135.*

*Der K-Wert aller anderen Radwerkstoffe (R1, R2, R3, BV2, BV2N, R6, R8, R 9 u.a.) beträgt: 150.*

*Der Radwerkstoff GOST 20 gilt als „nicht prüfbar“.*

*Absatz 5 – Als Messergebnis werden auf dem Bildschirm dargestellt:*

- Eigenspannungsverlauf zur Radkranzdicke*
- vorgebender Maximalwert*
- Maximalwert der Eigenspannung und deren Lage in radialer Richtung*
- Mittelwert der Eigenspannungskurve*
- Optische Bewertung (grüne oder rote Warnlampe)*

*Hinweis: Sollte kein Messergebnis erzielt werden, so ist eine zweite oder dritte Messung mit um mindestens 100 mm versetzten Manipulator durchzuführen.*

*Wird auch danach kein Messergebnis erzielt, gilt das Rad als „nicht prüfbar“ und ist auszusondern,*



## Punkt 6 Prüfungsentscheid

*Absatz 1 - Der 'Max'-Wert ist das Ergebnis der Spannungsmessungen und muss im Bereich der zulässigen Eigenspannungen liegen.*

*Es gelten folgende Festlegungen für die zulässigen Eigenspannungen:*

Radkategorie	Radwerkstoff	zulässiger Bereich
1	R1, R6, R7	- 350 bis + 400 MPa
2	R1, R7	- 350 bis + 300 MPa
3	R2, R3, R8, R9	- 350 bis + 250 MPa
3	R7	- 350 bis + 300 MPa
Regenerierte Räder	alle	- 30 bis + 170 MPa

**Tabelle 6 Zulässige Eigenspannungen gemäß RIL 907.801 – Quelle DB AG**

*Absatz 2 - Wird ein gemessener maximaler Zugeigenspannungswert außerhalb des Wertebereiches ermittelt, ist der Radsatz auszusetzen und einer entsprechenden Behandlung zuzuführen.*

*Räder mit Eigenspannungswerten außerhalb des Messbereiches von -350 bis + 550 MPa werden als „nicht prüfbar“ eingestuft und sind entsprechend zu behandeln. Diese Räder sind nicht der Regenerierung zu zuführen.*

### 6.16. Berechnung der Radscheibe

Aus der **Festigkeitsberechnung** der Radscheibe **[2b]** geht hervor (Auszug):  
*Das beurteilte Vollrad (Zeichnungsnummer 455.0.212.000.25) erfüllt die Entscheidungskriterien des UIC 510-5 (2. Ausgabe) für die gegebene Belastung. Das Merkblatt UIC 510-5 ist das Anwendungsdokument für die EN 13979-1:2003.*

Aus der Expertise **[2c] – Deformation und Restspannung** der Radscheibe geht hervor:

*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.*

Anmerkung SUB: KKVMZ bedeutet Katedra kolajových vozidiel a mechanických zdvihadiel (= Institut für Schienenfahrzeuge und Hebemaschinen der Universität Žilina, Fakultät für Maschinenbau)

*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.*

#### 6.17. Regelwerke für die Berechnung von Radscheiben

EN 13979-1 und UIC 510-5 wenden für die vertikale Lastannahme einen Faktor von 1,25 an.

##### **EN 13979-1 (Auszug)**

##### *Punkt 3.3 – Parameter für die mechanische Bewertung*

*Die Anwendung muss definiert werden durch:*

- *die maximale statische Radsatzlast;*
- *die Betriebsarten der Fahrzeuge, die mit dem zuzulassenden Rad ausgerüstet werden:*
  - *Beschreibung der Strecken: Qualität der Gleisgeometrie, Parameter der Bögen, Höchstgeschwindigkeit, usw.;*
  - *Zeitanteile der Umläufe auf diesen Strecken;*
- *die Anzahl der Kilometer während der gesamten Lebensdauer des Rades.*

##### *Punkt 7 – Bewertung des mechanischen Verhaltens*

##### *Punkt 7.2.1 – Anzuwendende Kräfte*

*Es sind konventionelle Kräfte zu verwenden. Sie werden berechnet auf Grundlage des Wertes der Kraft  $P$ , der in EN 13103 festgelegt ist. Dies ist die Hälfte der auf die Schiene wirkenden vertikalen Kraft je Radsatz.*

*Zusätzliche Kräfte sind zu berücksichtigen, wenn in Folge der in 3.3 festgelegten Parameter höhere Kräfte auftreten (z. B. Neigezüge, Gleisbogenparameter, gefrorenes Gleisbett usw.).*

Drei Lastfälle sind zu berücksichtigen:

- Fall 1: gerade Strecke (radsatzmittig im Gleis)  
 $F_z = 1,25 P$   
 $F_{y1} = 0$
- Fall 2: Gleisbogen (Spurkranz berührt die Schiene)  
 $F_z = 1,25 P$   
 $F_{y2} = 0,6 P$  für nicht führende Radsätze  
 $F_{y2} = 0,7 P$  für führende Radsätze
- Fall 3: Weichen und Kreuzungen (Spurkranzrückenfläche berührt Radlenker)  
 $F_z = 1,25 P$   
 $F_{y3} = 0,6 F_{y2} = 0,36 P$  für nicht führende Radsätze  
 $F_{y3} = 0,6 F_{y2} = 0,42 P$  für führende Radsätze

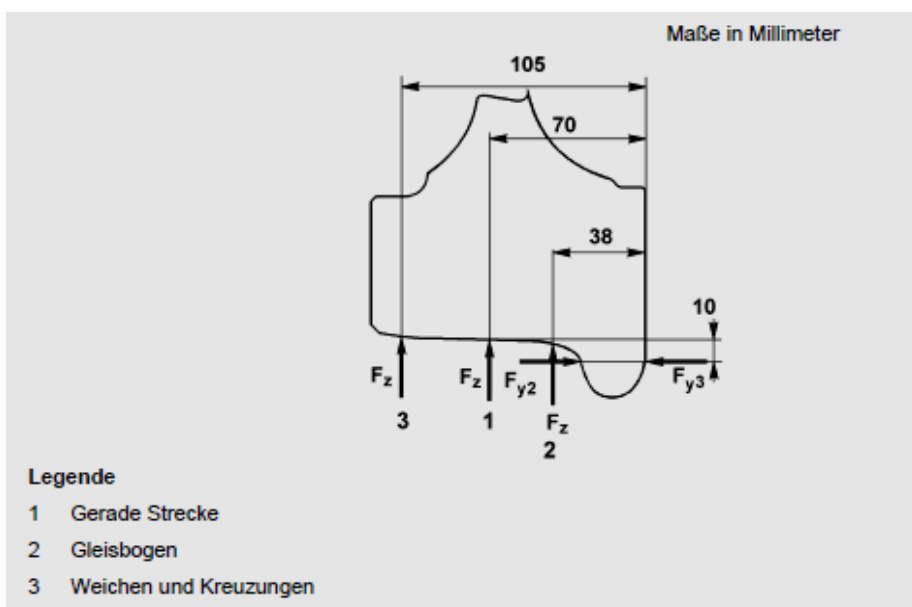


Abbildung 27 Einleitungspunkte der verschiedenen Kräfte - Quelle EN 13979-1 Bild 1

Die Grenzwerte der maximalen Beschleunigung im Fahrzeugkasten bestimmen sich auch nach folgenden Regelwerken:

### UIC 518:2003

#### Punkt 10.1.1.3 – Laufverhalten

Maximalwert der Beschleunigung im Fahrzeugkasten ( $\ddot{y}_q^*$ ) und ( $\ddot{z}_q^*$ )

Güterwagen mit Drehgestellen und Güterwagen mit Einzelradsätzen:  $(\ddot{z}_q^*)_{\text{lim}} = 5 \text{ m/s}^2$

## EN 14363

### Punkt 5.3.2.2 – Grenzwerte der Fahrsicherheit

Entsprechend dem festgelegten Messumfang sind die jeweils zutreffenden Grenzwerte anzuwenden.

e) Maximale Beschleunigungen im Fahrzeugkasten  $\dot{y}^*_{Smax}$ ,  $\dot{z}^*_{Smax}$ :

Fahrzeug, Prüfbedingungen	Grenzwert in m/s <sup>2</sup> $\dot{z}^*_{Smax\ lim}$
Güterwagen, beladen und Spezialfahrzeuge	5
Güterwagen, leer	5 <sup>b</sup>

<sup>b</sup> Die Einhaltung dieses Grenzwertes ist bei leeren Güterwagen in den Prüfbereichen 1 und 2 schwierig. Er wird zurzeit durch UIC überprüft. Abweichungen von diesem Grenzwert können in gegenseitigem Einverständnis erlaubt werden.

**Tabelle 7 Grenzwerte der maximalen Beschleunigung im Fahrzeugkasten - Quelle EN 14363 - Tabelle 4**

Bei Anwendung der Grenzwerte der maximalen Beschleunigung im Fahrzeugkasten (UIC 518 und EN 14363) ergibt sich in vertikaler Richtung ein Faktor von > 1,5, die Regelwerke für die Berechnung von Radscheiben (UIC 510-5 und EN 13979-1) verwenden einen Faktor von 1,25.

### 6.18. Parameter für die thermomechanische Bewertung

#### EN 13979-1

Gemäß Punkt 3.2 werden die Parameter für die thermomechanische Bewertung folgendermaßen definiert:

Durch die maximale Bremsenergie, die durch die Reibung der Bremssohlen auf der Lauffläche erzeugt wird. Diese kann durch eine Leistung  $P_a$ , einen Zeit  $t_a$  und eine Zuggeschwindigkeit  $v_a$  einer Dauerbremsung definiert werden

Gemäß Punkt 6.2.1 muss die Leistung, die während des Versuches anzuwenden ist, gleich  $1,2 P_a$  sein

Gemäß Anhang A, Punkt A.2.1 umfasst der Bremsprüfstandsversuch die Durchführung von 10 Dauerbremsungen an einem Rad und die Messung der Auswirkungen auf die Entwicklung der Eigenspannungen im Radkranz, der seitlichen Verformungen des Radkranzes während der Bremsung und der seitlichen Restverformung des Radkranzes nach Abkühlung.

Gemäß Anhang F (informativ) sind die Werte der Dauerbremsung bei Interoperabilität folgendermaßen festgelegt:

Die Leistungsaufnahme der Dauerbremsimulation wird festgelegt durch die Gleichung:

$$P_a = m \times g \times v_a \times \alpha$$

während einer Zeit  $t_a$ ,

mit

Symbole	Bedeutung	Einheit	Werte <sup>a</sup>
$m$	halbe Radsatzfahrmasse	kg	
$g$	Erdbeschleunigung	m/s <sup>2</sup>	9,80665 m/s <sup>2</sup>
$\alpha$	mittlere Neigung der Strecke	Neigung in ‰	21 ‰ <sup>a</sup>
$t_a$	Zeit (Prüfdauer)	s	45 min <sup>a</sup>
$v_a$	Fahrzeuggeschwindigkeit	m/s	60 km/h <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Werte basieren auf die St. Gotthard Neigung (Referenzneigung bei Interoperabilität).

Abbildung 28 Auszug EN 13979-1 Anhang F

Daraus kann für einen Radsatz mit einer Radsatzfahrmasse  $m = 22,5$  t folgender Vergleich zwischen der Gotthard-Südrampe und der Tauern-Südrampe berechnet werden:

Parameter	Gotthard	Tauern_65	Tauern_75
<b>m [kg]</b>	<b>11250</b>	<b>11250</b>	<b>11250</b>
<b>g [m/s<sup>2</sup>]</b>	<b>9,80665</b>	<b>9,80665</b>	<b>9,80665</b>
h [m]		676	676
l [m]		32318	32318
<b><math>\alpha</math> [‰]</b>	<b>21</b>	<b>20,9</b>	<b>20,9</b>
$t_a$ [h]	0,75	0,50	0,43
$t_a$ [s]		1790	1551
$v_a$ [km/h]	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>75</b>
Sägezahnbremsung	75/45	90/40	90/60
<b><math>P_a</math> [kW]</b>	<b>38,61</b>	<b>41,67</b>	<b>48,08</b>
W [kWh]	28,96	20,72	20,72

Tabelle 8 Leistungsaufnahme bei Dauerbremsung - Vergleich Gotthard - Tauern

Auf Grund der höheren Geschwindigkeit ergibt sich, dass auf der kürzeren Tauern-Südrampe mehr Leistung in einer kürzeren Zeit in ein Rad eingebracht wird.

Die eingebrachte Arbeit (= Energie) ist jedoch geringer.

### 6.19. Einreihung des Wagens in Züge vorhergehender Zugfahrten

Bei der Überprüfung von 223 Wagenlisten vorangehender Zugfahrten mit dem die Entgleisung verursachenden Wagen im Zeitraum ab 1. April 2010 bis zum Zeitpunkt der Entgleisung wurden keine Besonderheiten und Häufungen festgestellt, bezüglich:

- Reihung im Zugverband
- Beladezustand
- Bremsung
- vor- und nachgereichte Wagen

### 6.20. Gutachten und Expertisen zum gebrochenen Rad (Charge 38249)

Aus dem **Gutachten [3]** – Untersuchungsbericht über einen gebrochenen Radsatz geht hervor (Auszug):

*Bei dem vorliegenden Bruch handelt es sich um einen Schwingbruch, welcher von der Innenseite des Radsatzes ausgegangen ist. Erkennbar ist dies einerseits an den auf der Bruchfläche vorhandenen Rastlinien, sowie an der an der außen liegenden Restbruchfläche. Es liegen in einem Bereich von etwa 30 % des Radumfanges zahlreiche Bruchausgänge vor. Die Lage des zeitlich zuerst entstandenen Bruchausganges war aufgrund der massiven Verhämmerung der Bruchfläche nicht mehr feststellbar.*

Ein Werkstofffehler als Schadensursache liegt eindeutig nicht vor. Die im Radkranz ermittelten Zugfestigkeitswerte liegen zwar unterhalb des im UIC-Kodex angegebenen Intervalls, sie wurden jedoch aus größerer Tiefe unterhalb der originalen Lauffläche und näher dem Steg des Rades entnommen (zwangsläufig aufgrund mehrere Reprofilierungen). Chemische Zusammensetzung sowie Festigkeiten im Radkranz und Steg des Rades entsprachen zum Zeitpunkt der Fertigung dem UIC-Kodex 812-3.

Auffallend beim vorliegenden Schaden ist, dass die Lauffläche offensichtlich durch die Klotzbremsen eine Gefügeumwandlung bis in 3 mm Tiefe erfahren hat. Dort mussten im Betrieb zumindest zeitweise und örtlich Temperaturen von bis über 800 °C geherrscht haben. Andernfalls ist die Gefügeänderung nicht erklärbar. In wie weit diese Gefügeänderung mit dem Schaden in einem Zusammenhang steht ist derzeit unklar.



Abbildung 29 Gefügeumwandlung an der Lauffläche - Quelle [3] Abb. 5.10

### 6.21. Gutachten zu einem rissbehafteten Rad derselben Charge (38249)

Eine weitere rissbehaftete Radscheibe aus derselben Fertigungscharge wurde begutachtet. Aus dem **Untersuchungsbericht über einen rissbehafteten Radsatz [4]** geht hervor (Auszug):

*Bei dem Riss handelt es sich um einen Schwingbruch. Dies ist an den deutlich ausgeprägten Rastlinien und dem linsenförmigen Bruchverlauf erkennbar. Anhand der Linsenform kann auf eine einseitige Biegewechselbeanspruchung geschlossen werden. Auffällig ist die für einen Schwingbruch hohe Anzahl an Rissausgängen. Der Riss befand sich auf der Radinnenseite.*



**Abbildung 30** Eine der zahlreichen Rissausgangsstellen - Quelle [4] Abb. 1.3

*An der Lauffläche des rissbehafteten Rades sind noch deutlich Spuren einer Reprofilierung erkennbar. Das Rad dürfte vor kurzer Zeit mechanisch bearbeitet worden sein. Es ist nicht auszuschließen, dass auf der Lauffläche eine Gefügeumwandlung infolge thermischer Beeinflussung vorgelegen hat, wie es im Gutachten [3] festgestellt wurde. Sie ist jedoch nicht mehr vorhanden. Aufgrund dessen, dass keine Gefügeumwandlung mehr erkennbar ist, sind auch die Ergebnisse der Härteprüfungen als konstant anzusprechen. Da es sich bei dem vorliegenden Rad um ein radkranzvergütetes Rad handelt, ist der leichte Abfall der Härte mit zunehmender Tiefe als normal anzusprechen. Die aus den Härteprüfungen abgeschätzten Zugfestigkeiten entsprechen auch den, im UIC-Kodex 812-3 angegebenen mechanischen Eigenschaften des Radwerkstoffes.*

Ein Werkstofffehler ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse auszuschließen.

Die Lage des Risses ist eher ungewöhnlich, vor allem die vielen, in knappen Abständen vorliegenden Bruchausgänge. Eine Gefügeumwandlung aufgrund thermischer Beeinflussung, wie im Bericht [3] festgestellt, konnte aufgrund der Reprofilierung nicht nachgewiesen werden. Es ist ebenfalls nicht auszuschließen, dass die festgestellte Schicht von der Reprofilierung selbst stammt. Die Lage des Schwingrisses ist an einem Kerbgrund gelegen. Es ist möglich, dass es in diesem Bereich aufgrund von Schwingungen, Unwucht oder zu hoher mechanischer Belastung (z.B. Überladung oder zu hohe Fahrgeschwindigkeit) zu lokalen Spannungsüberhöhungen gekommen ist. Durch derartige Spannungsüberhöhungen, welche vor allem an Kerbgründen auftreten, wurde die Schwingfestigkeit des Werkstoffes überschritten und die Schwingbrüche induziert. Wäre der Riss nicht bei der Reprofilierung erkannt worden, wäre es ebenfalls zu einem Bruch des Rades (siehe Gutachten [3]) gekommen.

In der nebenstehenden Abbildung aus Gutachten [4] konnte erkannt werden, dass auf der Radinnenseite ein Farbabbbrand von > 50 mm vorhanden war. Dies deutet auf eine erhebliche Temperaturentwicklung durch die Klotzbremse hin.



Abbildung 31 Innenseite eines rissbehafteten Radsegments - Quelle [4]



Abbildung 32 Riss auf der Innenseite eines rissbehafteten Radsegments - Quelle [4]



Aus der Expertise **[5]** zur **Ursachenbestimmung für die Beschädigung eines Vollrades** der Charge 38249 geht hervor (Zusammenfassung durch SUB):

Das Prüfrad hat den geforderten Kriterien für Kategorie 1 gemäß EN 13262 entsprochen.

Am Prüfrad wurden an der Innenseite der Scheibe Indikationen von Rissen detektiert, die fast am gesamten Umfang auftraten. Die Stelle für das Auftreten der Indikation war der Übergang zwischen Radscheibe und Radkranz.

Bei der Messung der Restspannung (Eigenspannungsmessung mit Prüfgerät DEBIE 98) zeigte das Prüfrad im Radkranz überwiegend Zugspannungen, die auf eine thermische Beeinflussung des Kranzes infolge einer intensiven Bremsung hinweisen.

*(Anmerkung SUB: Nach Rücksprache mit dem Ersteller wurde erläutert, dass durch die thermische Einwirkung die ursprünglich vorhandenen Druck-Eigenspannungen auf Zug-Eigenspannungen wechseln.)*

Bei der Messung der Brinell-Härte am Querschnitt zeigte das Prüfrad einen gleichmäßigen Härteverlauf am Umfang auf. Die Messwerte der Härte stimmten gut mit den Härtewerten bei der Qualitätsabnahme im Abstand von 35 mm von der Lauffläche – Ebene B – überein.

Bei der Messung der Brinell-Härte an der Radscheibe stimmten die Messwerte der 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.

Die Ausrichtung der Innenspannungen laut UIC 812-3, 5. Ausgabe am gebremsten Rad entsprach nicht dem Regelwerk. Die Abnahmeprüfung der Räder wies Druckspannungen auf. Die Restspannungen waren Zugspannungen und weisen ebenfalls auf die thermische Beeinflussung des Kranzes infolge einer intensiven Bremsung hin.

Beim Vergleich des Radprofils mit dem Zeichnungsprofil hatte das Prüfrad eine Abnutzung der Lauffläche infolge des Abfahrens und Reprofilierung von ca. 21 mm.

Beim Vergleich der Form mit der Zeichnung mittels 3D-Gerät wurde festgestellt, dass es am Prüfrad zur Veränderung der Spurweite kam. Der Radkranz hatte eine Verschiebung um 1,96 mm gegenüber der Nabe. Diese Spurweitenveränderung wies auf Umverteilung der Restspannungen im Kranz und im Übergang zur Scheibe infolge der hohen thermischen Belastung des Rads hin, und zwar mit größter Wahrscheinlichkeit durch den Einfluss einer Dauerbremsung.

Bei der chemischen Kontrollanalyse entsprach das Prüfrad dem Regelwerk für die Qualität R7T und stimmte gut mit der oben angeführten Schmelz- und chemischen Analyse vom Produkt bei der Qualitätsabnahme überein.

Die mechanischen Eigenschaften am Prüfrad entsprachen nicht UIC 812-3, 5. Ausgabe für die Qualität R7T und zwar aufgrund des niedrigeren Festigkeitswerts ( $R_m$ ) im Radkranz, der gegenüber dem Regelwerk um 31 MPa niedriger lag. Gegenüber der Qualitätsabnahme war die Festigkeit bis um 150 MPa niedriger. In der Scheibe stimmte der Festigkeitswert gut mit dem Wert bei der Qualitätsabnahme überein. Auch die Streckgrenze ( $R_e$ ) im Kranz wies im Vergleich mit der Qualitätsabnahme einen niedrigeren Wert auf. Diese niedrigeren Werte der Festigkeit und der Streckgrenze wurden durch die Verringerung der Kranzdicke infolge des Abfahrens und der Reprofilierung beeinflusst, das ein Verschieben der Entnahmestelle des Probestabs für die Zugprobe im Kranz an Stellen (in Bereiche) mit niedrigerer Härte und damit auch Festigkeit zur Folge hatte. Die Dehnung ( $A$ ) und die Werte der Schlagarbeit ( $KU$ ) im Kranz haben den Regelwerken entsprochen und befinden sich ebenfalls in guter Übereinstimmung mit den Werten bei der Qualitätsabnahme.

Die Brinell-Härte am Querschnitt des Kranzes und des anschließenden Teils der Scheibe laut EN ISO 6506-1 entsprach den Härtewerten bei der Qualitätsabnahme.

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 wiesen eine gleichmäßige Umverteilung der Sulfide auf der gesamten Prüffläche auf. Die Umverteilung der Sulfide überschritt 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 Anomalitäten ersichtlich, die auf einen Stahlwerk-/Materialursprung des Fehlers hinweisen.

Die Makrostruktur – Makroätzung 10%  $HNO_3$  eines stochastischen Quer- (Radial-) schnitts über den Riss und außerhalb des Risses waren auf der gesamten Prüffläche homogen und feinkörnig. An der Stelle des Risses an der Innenseite der Scheibe im Übergangsbereich Scheibe – Kranz und deren Umgebung waren keine Anomalitäten ersichtlich, die auf deren Stahlwerk-/Materialursprung des Fehlers hinweisen. Außerhalb des Risses wurde in der gleichen Lokalität ebenfalls kein Auftreten von Anomalitäten festgestellt.

Das Aussehen der Mikrostruktur des Kranzes entsprach der gegebenen Wärmebehandlung, den mechanischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung.

Die wahrscheinliche Ursache für das Entstehen des Umfangrisses an der Innenseite der Scheibe im Bereich des Übergangs Kranz – Scheibe konnte mittels mikroskopischer Analyse und weiteren Prüfungen nicht eindeutig bestimmt werden.

Völlig eindeutig konnte der Materialursprung des Fehlers (Einfluss nichtmetallischer Einschlüsse und weiterer Anomalitäten) ausgeschlossen werden, ebenso, dass der untersuchte Fehler aufgrund einer Faltung (nicht entkohlt) entstehen konnte.  
Aus dem Prüfrad wurden Teile für eine weiter Untersuchung durch [6] entnommen.

Aus dem Gutachten [6] – **Analyse der wahrscheinlichen Ursachen für die Beschädigung des Vollrades BTG** der Charge 38249 ist zu entnehmen (Auszug):

*Die durchgeführte Untersuchung des Bruchs führt zu dem Schluss, dass es sich um eine Beschädigung durch Initiierung und Verbreitung von Ermüdungsrisse handelt. Zur Initiierung kam es an vielen Stellen an einem beträchtlichen Teil des Innenumfanges des Rads. Die Ermüdungsbruchflächen sind mit einer Schicht von Korrosionsprodukten bedeckt, die die Rissverbreitung bei erhöhten Temperaturen indizieren. Die Risse haben sich in der perlitisch-ferritischen Struktur verbreitet, die keine ersichtlichen Veränderungen (Degradierungen) infolge der Wirkung einer erhöhten Temperatur aufweisen. An der Initiierungsstelle der Risse wurden weder Defekte der Struktur noch Spannungskonzentrationen gefunden.*

*Die Stelle der Rissinitiierung ist nicht die Stelle der maximalen Spannungen, die in der Scheibe infolge der mechanischen Belastung des Rads wirken. Der Grund für das Entstehen der Umfangsrisse war zweifellos die erhöhte Temperatur infolge der Bremsung (indiziert durch das Auftreten und die Verfärbung der Eisenoxide auf der Bruchfläche der Ermüdungsrisse) und das Entstehen markanter Temperaturgradienten. Berechtigt kann vorausgesetzt werden, dass die zyklische Temperaturerhöhung des Radkranzes zyklische Spannungen hervorruft, die sich auf Spannungen von der mechanischen Radbelastung superponieren. Das Spannungsmaximum im Fall des Auftretens eines Temperaturgradienten wird anders sein als im Fall der gleichmäßigen Umverteilung der Temperatur. Weiterhin kann vorausgesetzt werden, dass an einem reprofilierten Rad mit kleinerem Kranzumfang höhere Temperaturen und Temperaturgefälle in der Rad-scheibe erreicht werden können als bei einem nicht profilierten Rad (Anmerkung SUB nicht profilberichtigtes Rad).*

*Es ist sehr wahrscheinlich, dass die erzielten Spannungswerte, die aufgrund von mechanischer und thermischer Belastung hervorgerufen wurden, den Spannungsamplituden entsprechen werden, die die Initiierung und Verbreiterung der Ermüdungsrisse in der gegebenen perlitisch-ferritischen Struktur zur Folge haben.*

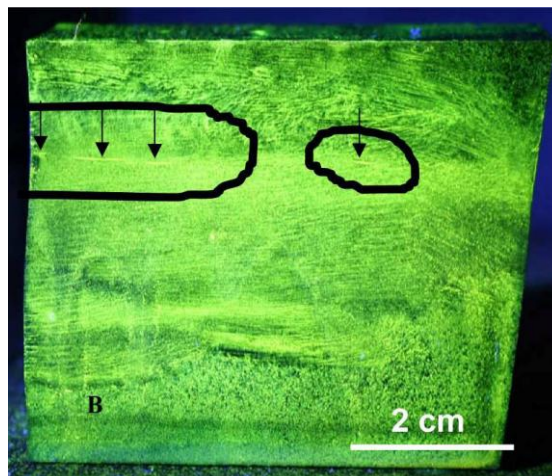
*Am gelieferten Material wurden folgende mechanische Haupteigenschaften bestimmt: Scheibenmaterial:  $R_m = 691 \text{ MPa}$ , Kranz:  $R_m = 800 \text{ MPa}$ ,  $KU = 30 \text{ J}$ .*

*Die erzielten Festigkeitswerte im Kranz sind im Vergleich mit den Abnahmewerten (siehe Anhang) niedriger. Diese Tatsache ist aufgrund der Verringerung der Dicke des Radkranzes verursacht. Bei Einhaltung der Entnahmebedingungen laut UIC 812-3, d. h. 15 mm von der Fahrfläche, ist die Probeentnahme näher an der Abnutzungsnut als bei einem neuen Rad.*

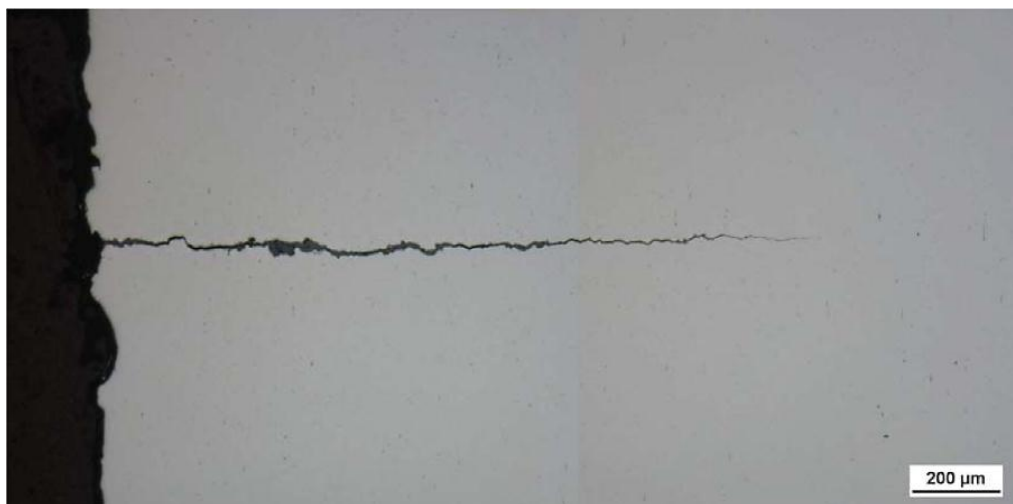
## 6.22. Gutachten zu einem rissbehafteten Radsegment einer anderen Charge (36904)

Aus dem Gutachten [7] – **Analyse der Zerstörung eines Vollrades BTG, das bei der ÖBB an einem Fahrzeug des Typs Uacns betrieben wurde** (Charge 36904) ist zu entnehmen (Auszug):

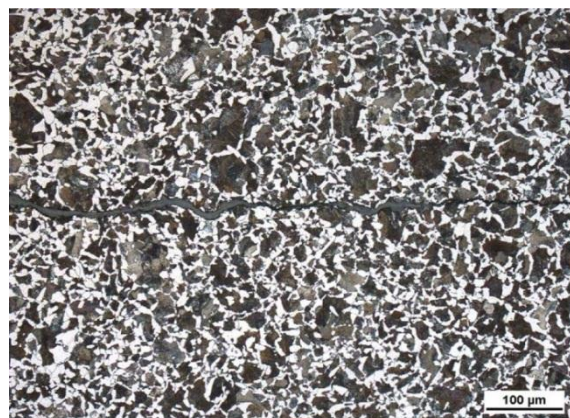
*Die durchgeführte Untersuchung der gelieferten Radsegmente führt zu der Schlussfolgerung, dass die Radscheibe an der Stelle der zerstörungsfreien Prüfung eine Reihe von Rissen enthält. Sie sind über den Umfang verteilt und ihre Länge übersteigt nicht einige mm.*



**Abbildung 33** Anzeige der Risse auf dem Teil B - Quelle [7] - Abb. 7

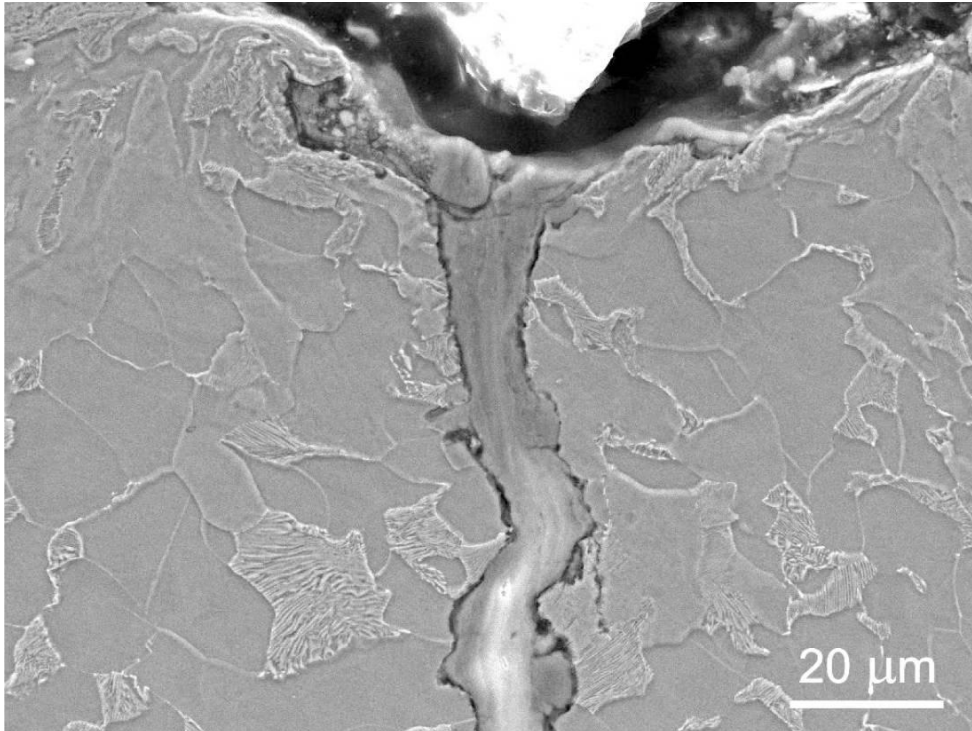


**Abbildung 34** Riss in der Scheibe - Quelle [7] - Abb. 15



**Abbildung 35** Riss der vorstehenden Abbildung gemeinsam mit der Mikrostruktur des Materials - Quelle [7] - Abb. 19

Die größte beobachtete Tiefe, in welche sie reichen, war max. 1,8 mm. Die Risse breiteten sich senkrecht zur Oberfläche der Scheibe in axialer Richtung aus. Die Risse beinhalteten eine starke Schicht von Eisenoxiden. Die Schicht verringerte sich mit steigender Risstiefe, reicht jedoch bis zur Spitze der Risse. Die Ausbreitung der Risse erfolgte ohne Rücksicht auf die lokale Struktur, und zwar sowohl über das Perlit als auch das Ferrit. Die Perlit-Ferrit-Struktur zeigt im Bereich der Risse keine Degradation auf.



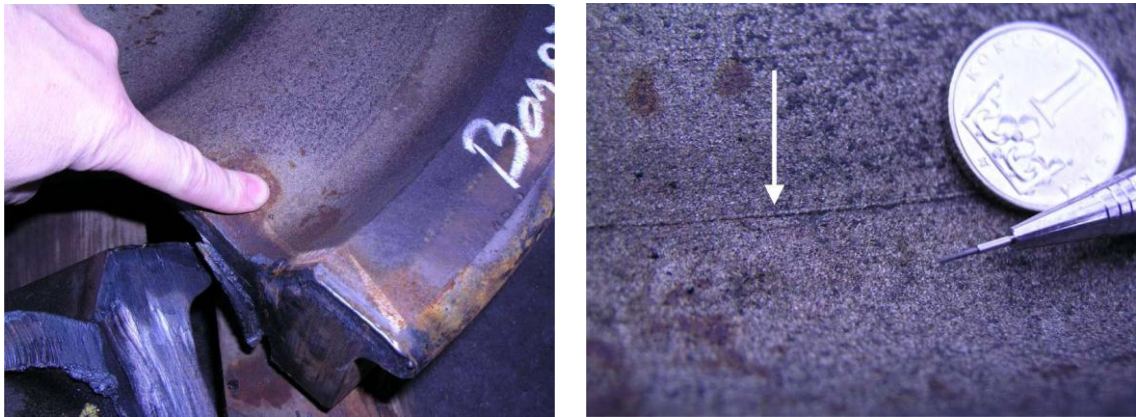
**Abbildung 36** Anfang des Risses an der Oberfläche der Scheibe, Anzeige SEM - Quelle [7] - Abb. 22

Die Schliffe der Risse wurden im Rasterelektronenmikroskop untersucht. Die Abbildung des Risses, der aus der Oberfläche hervorgeht, wird in der vorstehenden Abbildung gezeigt. Es handelt sich um den in der Abbildung 34 und Abbildung 35 abgebildeten Riss. Der Riss ist in seiner Mündung bedeutend geöffnet und durch Korrosionsprodukte ausgefüllt. Die Stärke der Schicht beträgt um die 10 µm, lokal auch mehr.

Aus dem Vergleich mit den am analysierten Rad Nr. 1 beobachteten Rissen ist offensichtlich, dass es sich um den gleichen Zerstörungstyp handelt. Die starke Oxidationsschicht an den Bruchflächen zeigt an, dass es sich um Ermüdungsrisse handelt, welche unter erhöhten Temperaturen gewachsen sind. Die Risse sind in diesem Fall viel kleiner als im Fall des Rades Nr. 1 (Gutachten [6]).

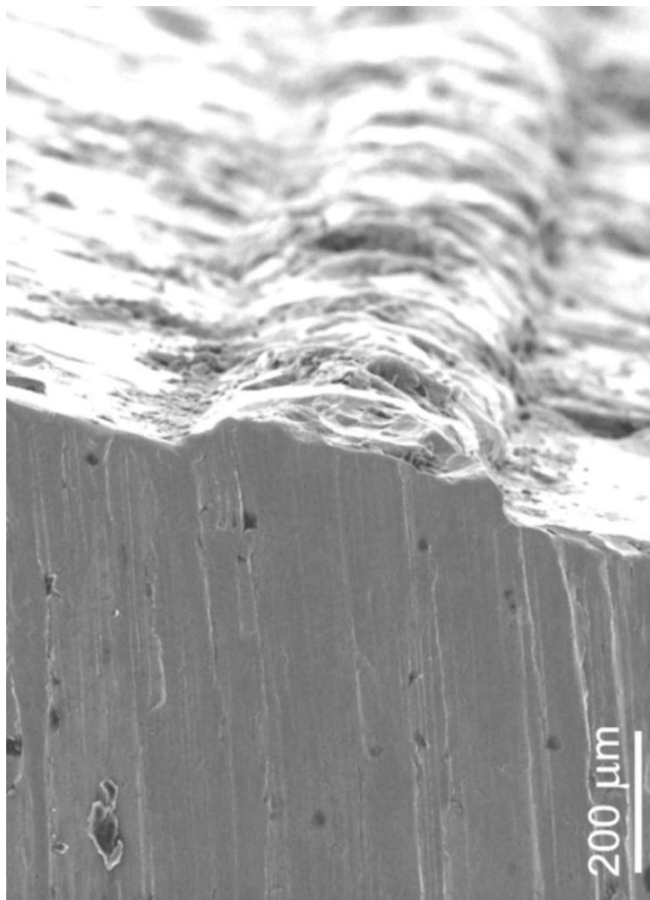
An dem gelieferten Material (nur an einem einzigen Prüfkörper) wurden zur Orientierung die grundlegenden mechanischen Eigenschaften festgelegt: Material der Scheibe:  $R_m = 644 \text{ MPa}$ , Kranz:  $R_m = 820 \text{ MPa}$ ,  $KU = 28 \pm 1 \text{ J}$ . Diese Werte erfüllen trotz der "Verschiebung" gegenüber der Oberfläche der Fahrfläche eines neuen Rades die durch die technischen Bedingungen der UIC 812-3 gegebenen Grenzwerte.

*Die Analyse der Umfangserhebung auf der Radscheibe führt zu der Schlussfolgerung, dass es sich um einen Formfehler auf der Oberfläche handelt, wahrscheinlich technologischen Ursprungs (bei der Bearbeitung), ohne Zusammenhang mit der Struktur bzw. der Beschädigung des Materials.*



**Abbildung 37 Makroskopische Ansichten eines Formfehlers an der Oberfläche der Scheibe, Anzeige SEM - Quelle [7] - Abb. 26 und Abb. 27**

Anmerkung SUB: Dieser Formfehler wurde an diesem Radsegment festgestellt und befand sich nicht in der Zone der Rissbildung.



**Abbildung 38 Seitliche Ansicht der Erhebung (Ansicht um 90 ° gedreht) - Quelle [7] - Abb. 30**

## 6.23. Zusätzliche Untersuchung für eine mögliche thermische Überlastung der Radscheibe

### Regelwerke für die Bremsung von Zügen bei Gefällefahrten

Für Fahrten im Gefälle (Rampen, Steilstrecken) mit nP-Z gelten als Ergänzung zur DV M 26 – Abschnitt V: Bedienung, (verlängert durch AN GZ. OS-003-11-2008 vom 28. Oktober 2008 und AN GZ. BL-003-12-2010 vom 4. November 2010) die AN GZ. OS-089-02-2008 vom 14. November 2008.

**Anweisung**

**Zusatzbestimmungen zur Dienstvorschrift M26 – Abschnitt V: Bedienung  
Neuaufgabe**

Die vorliegende Anweisung gilt ab 14.12.2008, längstens jedoch bis 13.12.2009

**Problematische Betriebsfälle:**

1. Fahrten im Gefälle (Rampen, Steilstrecken) mit nP - Zügen
2. P – Züge ohne E-Bremse bei Talfahrten auf längeren Rampenstrecken
3. Unterschiedliches Wagenmaterial
4. Vorspannfahren vor Trieb- und Wendezügen (Schleppen)

**Zu 1. Fahrten im Gefälle (Rampen, Steilstrecken) mit nP - Zügen**

Bei nP - Zügen sind auf Steilstrecken grundsätzlich Triebfahrzeuge mit tauglicher dynamischer Bremse einzusetzen. Die Grenzwerte sind in der DV M22, Anlage 05 geregelt. Ohne dynamische Bremse bzw. wenn die dynamische Bremse nicht ausreicht, ist grundsätzlich nach der Sägezahnmethode zu fahren: Unterschreitung der Fahrplangeschwindigkeit um mind. 20km/h, abhängig von Wagenzuggewicht und Zuglänge.

**Grundsatz: zwischen Lösebeginn und erneuter Bremsung mind. 90 Sekunden; Lösen nur in der Fahrtstellung!**

**Ausnahme:**  
In Bereichen mit einer zulässigen Geschwindigkeit von 40km/h und weniger (La, Signal) ist die Sägezahnmethode nicht erforderlich!

Auf folgenden Rampen/Steilstrecken gilt bei Ausfall der E-Bremse bzw. ohne E-Bremse v<sub>max</sub> 60km/h – Sägezahn.

Semmering –	Payerbach/Reichenau
Semmering –	Mürzzuschlag
Eben im Pongau –	Bischofshofen
Hochfilzen –	Saalfelden
Hochfilzen –	St. Johann i. T.
Westendorf –	Hopfgarten
Brennero/Brenner –	Innsbruck Hbf
Langen –	Bludenz
St. Anton –	Landeck
Mallnitz/Oberveßlach –	Pusarnitz
Böckstein –	Bad Hofgastein
Dorfgastein –	Schwarzach/St. Veit

Abbildung 39 Auszug 1 aus AN GZ. OS-089-02-2008 – Quelle IM

Zusätzlich ist aufgrund der hohen Fahrplangeschwindigkeit und der damit verbundenen thermischen Überlastung der Bremsen in den Streckenabschnitten

Mallnitz/Obervellach – Pusarnitz  
Böckstein – Bad Hofgastein  
Dorfgastein – Schwarzach/St. Veit

a) bei einer maximal verfügbaren E-Bremskraft von maximal 120kN im Zug, die v<sub>max</sub> entsprechend nachstehender Tabelle zu begrenzen:

**Begrenzung der Sägezahn-v<sub>max</sub> am Tauern bei einer E-Bremskraft von maximal 120kN im Zug**

Wagenzuggew.	Brems Hundertstel					
	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %	110 %
1800 t	60	60	60	60	65	75
1700 t	60	60	60	60	70	80
1600 t	60	60	60	65	75	85
1500 t	60	60	60	70	80	90
1400 t	60	60	65	75	85	95
1300 t	60	60	70	80	90	100
1200 t	60	65	75	85	95	
1100 t	60	70	80	90	100	
1000 t	65	75	85	95		
900 t	70	80	90	100		
800 t	75	85	95			
700 t	80	90	100			
600 t	85	95				

Geschwindigkeit in km/h

Die v<sub>max</sub> wird nach den Bestimmungen des arithmetischen Rundens von Wagenzuggewicht und der Bh. vorh. ermittelt.  
1-4 abrunden  
5-9 aufrunden  
z.B. 73% = 70%

**Beispiele für die Ermittlung der v<sub>max</sub> Sägezahn**

Bei 1100 to entspricht Bh vor. = v<sub>max</sub> des Sägezahns

Beispiel: Bh = 72% bedeutet v<sub>max</sub> = 70 km/h

Bh = 78% bedeutet v<sub>max</sub> = 80 km/h

Für höhere Wagenzuggewichte sind pro 100 to 5 km/h abzuziehen (bis 60 km/h).

Beispiel: Bh = 78% bei 1300 to v<sub>max</sub> = 70 km/h (80-2x5)

Für kleinere Wagenzuggewichte sind pro 100 to 5 km/h dazuzurechnen.

Beispiel: Bh = 78% bei 900 to v<sub>max</sub> = 90 km/h (80+2x5)

b) bei einer maximal verfügbaren E-Bremskraft zwischen 120kN und maximal 200kN im Zug, die v<sub>max</sub> entsprechend nachstehender Tabelle zu begrenzen:

**Begrenzung der Sägezahn-v<sub>max</sub> am Tauern bei einer E-Bremskraft zwischen 120kN und maximal 200kN im Zug**

Wagenzuggew.	Brems Hundertstel					
	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %	110 %
1800 t	60	60	60	65	75	85
1700 t	60	60	60	70	80	90
1600 t	60	60	65	75	85	90
1500 t	60	60	70	80	90	100
1400 t	60	65	75	85	95	100
1300 t	60	70	80	90	100	100
1200 t	65	75	85	95	100	
1100 t	70	80	90	100	100	
1000 t	75	85	95	100		
900 t	80	90	100	100		
800 t	85	95	100			
700 t	90	100	100			
600 t	95	100				

Geschwindigkeit in km/h

Die v<sub>max</sub> wird nach den Bestimmungen des arithmetischen Rundens von Wagenzuggewicht und der Bh. vorh. ermittelt.  
1-4 abrunden  
5-9 aufrunden  
z.B. 73% = 70%

c) bei einer maximal verfügbaren E-Bremskraft von mehr als 200kN im Zug entfällt bis zu einem Wagenzuggewicht von 1500t die v<sub>max</sub> – Begrenzung – es gilt die Buchfahrplangeschwindigkeit; bei mehr als 1500t Wagenzuggewicht gilt Sägezahn-v<sub>max</sub> = 90 km/h.

Abbildung 40 Auszug 2 aus AN GZ. OS-089-02-2008 – Quelle IM



c) bei einer maximal verfügbaren E-Bremskraft von mehr als 200kN im Zug entfällt bis zu einem Wagenzuggewicht von 1500t die  $v_{max}$  – Begrenzung – es gilt die Buchfahrplangeschwindigkeit; bei mehr als 1500t Wagenzuggewicht gilt Sägezahn- $v_{max}$  = 90 km/h.

### Zu 3. Bremstechnisch unterschiedliches Wagenmaterial (Steuerventilansprechverhalten)

Um das unterschiedliche Ansprechen von Steuerventilen, vor allem bei langen nP - Zügen, auszugleichen, ist die erste Bremsstufe mindestens mit 0,7 bar Hauptluftleitungsdruckabsenkung einzuleiten.

Damit wird vor allem erreicht, dass sich die Bremsleistung im Zug gleichmäßig verteilt = Vermeidung unzulässig hoher Temperaturen von Laufflächen und Bremsenlementen einzelner Wagen (Bruchgefahr von Monobloc Rädern).

#### Abbildung 41 Auszug 3 aus AN GZ. OS-089-02-2008 – Quelle IM

Dabei werden die Tzfz seit Jahren dahingehend geschult, dass die Lösezeiten der pneumatischen Bremse bei Anwendung der Sägezahnbremsung gemäß Auszug 1 aus AN GZ. OS-089-02-2008  $t \geq 90$  s eingehalten werden.

Auf Grund europäischer Vorgaben wurde nicht festgelegt, ab welcher Zuglänge und -tonnage ein Tzfz mit einer tauglichen (Hochleistungs-) E-Bremse am Zugschluss (Schaukelbetrieb) für die Gefällefahrt erforderlich ist (Aus Gründen der Entgleisungssicherheit beträgt bei Betriebsbremsungen die maximale E-Bremskraft aller Tzfz an der Zugspitze 150 kN, bzw. 100 kN unter einer Geschwindigkeit von 40 km/h (bei Zügen die ausschließlich aus Drehgestellwagen gebildet sind ist eine E-Bremskraft von maximal 240 kN zulässig. Für die Verwendung der dynamischen Bremse am Zugschluss gibt es keine Bremskrafteinschränkung).

#### 6.24. Zusammenfassung der Erkenntnisse der Gutachten und Expertisen

Das Gutachten [3] bezüglich der gebrochenen Radscheibe und die Gutachten und Expertisen [4], [5] und [6] bezüglich Radscheiben der gleichen Bauart und Charge (38249) sowie das Gutachten [7] bezüglich einer anderen Charge (36904) weisen auf eine thermische Überbelastung als Auslöser des Bruches hin.

Gemäß **Gutachten [3]** hat die Lauffläche des gebrochenen Rades offensichtlich durch die Klotzbremsen eine Gefügeumwandlung bis in 3 mm Tiefe erfahren. Dort mussten im Betrieb zumindest zeitweise und örtlich Temperaturen von bis über 800 °C geherrscht haben.

#### **Bremssparameter aus Expertise [2c]**

*Messungen und Ergebnisse für die Abnahmeprüfung am Prüfstand*

*Alle Gefällebremssungen wurden als beidseitige Bremsungen auf einem Klotz auf jeder Seite des Vollrades ŽDB Typ 29, abgedreht für diese Prüfungen auf einen Durchmesser von 858 mm, ausgeführt.*

Die Klötze waren vom Typ 013-P10, üblicherweise im Eisenbahngüterverkehr verwendete Gussklötze mit einem Zusatz von 1 % Phosphor mit einer Länge von 320 mm und einer Breite von 80 mm. Die Platzierung der Klötze war ca. 10 mm von der äußeren Stirfläche des Radkranzes.

Die Ausgangstemperatur jeder Bremsung war max. 40 °C. Während der Bremsung wurde das Rad durch einen Luftstrom mit einer Geschwindigkeit von ca. 30 km/h angeblasen, d.h. der halben Geschwindigkeit wie die Fahrgeschwindigkeit war (60 km/h).

Die Abkühlung nach der Bremsung wurde durch einen Luftstrom ausgeführt, d.h. bis zu einer Temperatur von 250 °C, gemessen durch ein Thermoelement des Typs K im Radkranz ca. 9 mm unter der Oberfläche der Mitte der Fahrfläche. Ab dieser Temperatur bis zu einer Temperatur von ca. 40 °C wurde bei einer Geschwindigkeit von 6 km/h von jeder Seite des Rades in den Bereich der Nabe Wasser zugeführt, damit dieses frei über die Radscheibe abläuft und vom Kranz abtropft. Die Gesamtwassermenge betrug ca. 165 l/h.

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),

### Temperaturverlauf während der Bremsungen aus Expertise [2c]

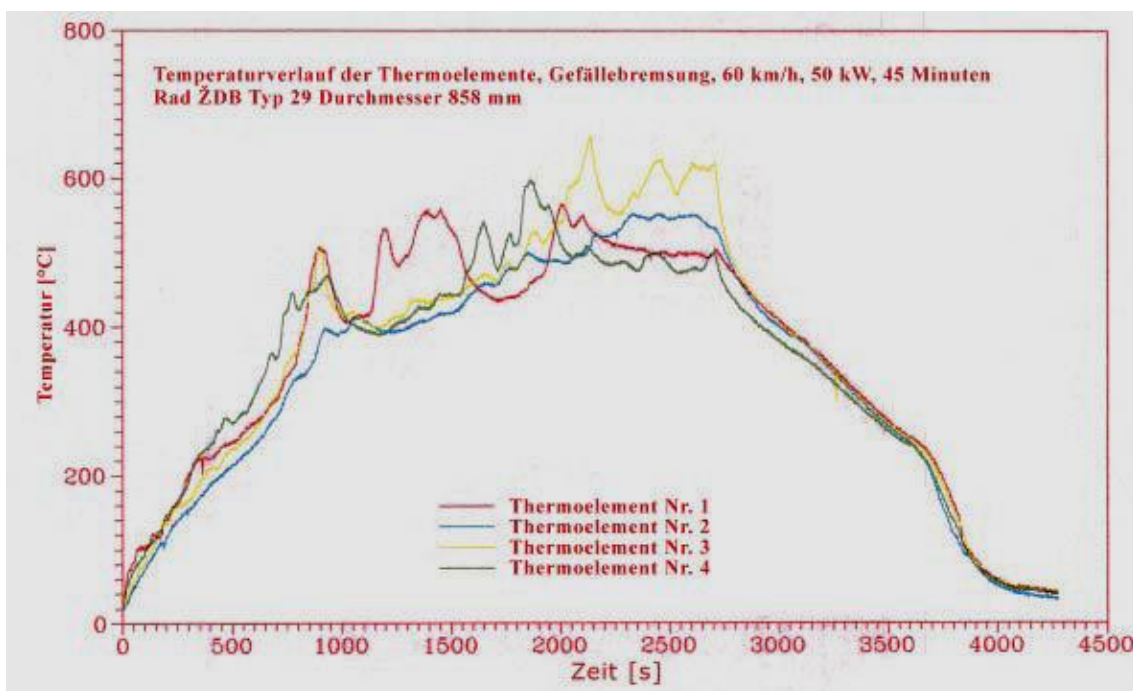


Abbildung 42 Temperaturverlauf bei der Simulation der Gefällefahrt – Quelle [2c]

In der vorstehenden Abbildung sind die Temperaturverläufe der Thermoelemente Nr. 1 bis 4 (das Thermoelement Nr. 5 wurde wegen einer Störung ausgeschlossen) aufgeführt, bei der zweiten Gefällebremung 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.*

Aus der vorstehenden Abbildung konnte erkannt werden, dass die maximal aufgetretenen Temperaturen von zwei der ca. 9 mm unter der Lauffläche platzierten Thermoelemente bei einer Geschwindigkeit von  $v = 60$  km/h eine maximale Temperatur  $\vartheta \geq 600$  °C erreichten (auf der Tauernsüdrampe sind bei der Talfahrt Geschwindigkeiten von  $v_{\max} = 90$  km/h zulässig).

In der **Besprechung am 8. März 2012** wurde vom Radhersteller dargestellt, dass folgende Zusammenhänge bei der Temperaturentwicklung bestehen:

$$\begin{aligned}\vartheta_{\text{Lauffläche}} &= 565 \text{ °C} \\ \vartheta_{9 \text{ mm unter der Lauffläche}} &= 523 \text{ °C} \\ \vartheta_{\text{Risszone}} &= 323 \text{ °C}\end{aligned}$$

*Die Rissentwicklung beginnt ca. bei einer Temperatur von  $\vartheta_{\text{Risszone}} \geq 350$  °C*

## 7. Schlussfolgerungen

### 7.1. Signalisierung

Für die Einfahrt von Z 66505 in den Bf Sankt Veit an der Glan wurde ein signalmäßig taugliche Zugstraße gestellt. Die Sicherungsanlage funktionierte zum Zeitpunkt der Entgleisung einwandfrei, es wurden keine zählwerkspflichtigen Handlungen getätigt.

### 7.2. Fahrgeschwindigkeit

Die zulässigen Geschwindigkeiten wurden von Z 66505 eingehalten.

### 7.3. Fahrweg

Der Zustand des Fahrweges kann auf Grund seines Erhaltungszustandes als Ursache der Entgleisung ausgeschlossen werden.

### 7.4. Entgleister Güterwagen Uacns

Der Silowagen wies einen Bruch der rechten Radscheibe des in Fahrtrichtung dritten Radsatzes auf. Dadurch entgleisten die Radsätze des nachlaufenden Drehgestells.

Der Radsatz wurde 2001 mit den Radscheiben versehen und in einem nicht bekannten Güterwagen eingebaut. 2006 erfolgte der Einbau in den entgleisten Silowagen. Im Zeitraum zwischen 2001 und 2006 erfolgten drei Reprofilierungen und Eigenspannungsmessungen (nicht erforderlich gemäß RIV und AVV). Diese ergaben keine Überschreitung der zulässigen Grenzwerte gemäß ERRI B169/RP6.

### 7.5. Entgleister Güterwagen Zacns

Die Entgleisung des Kesselwagens mit allen Radsätzen ist als Folge des zuvor gereihten mit den Radsätzen des nachlaufenden Drehgestells entgleisten Silowagens anzusehen.

### 7.6. Erkenntnisse aus den Gutachten und Expertisen

Alle Gutachten und Expertisen bezüglich der gebrochenen Radscheibe und weiterer untersuchter Radscheiben der gleichen Bauart aus Charge (38249) sowie eine Radscheibe einer anderen Charge (36904) weisen auf eine thermische Überbelastung als Auslöser des Bruches hin.

Ein Werkstofffehler als Schadensursache liegt eindeutig nicht vor [3].

Die Lauffläche hatte durch die Klotzbremsten eine Gefügeumwandlung bis in 3 mm Tiefe erfahren. Dort mussten im Betrieb zumindest zeitweise und örtlich Temperaturen von bis über 800 °C geherrscht haben [3].

### 7.7. Regelwerke für die Berechnung von Radscheiben

Die Regelwerke für die Berechnung von Radscheiben (UIC 510-5 und EN 13979-1) verwenden einen Faktor von 1,25.

Für die fahrtechnische Zulassung von Güterwagen (UIC 518 und EN 14363) werden Beschleunigungen in vertikaler Richtung von  $\ddot{z}_{\text{Smax lim}} = 5 \text{ m/s}^2$  im Wagenkasten zugelassen.

Daraus lässt sich in vertikaler Richtung ein Faktor von  $> 1,5$  ableiten.

### 7.8. Regelwerke für die thermomechanische Bewertung von Radscheiben

Unter Anwendung der EN 13979-1, Anhang F kann für einen Radsatz mit einer Radsatzfahrmasse  $m = 22,5 \text{ t}$  für die eingebrachte Leistung bei der Dauerbremsung auf der Tauern-Südrampe berechnet werden:

Auf Grund der höheren Geschwindigkeit ergibt sich, dass auf der kürzeren Tauern-Südrampe mehr Leistung in einer kürzeren Zeit im Vergleich zur Gotthard-Südrampe in ein Rad eingebracht wird.

Die eingebrachte Arbeit (= Energie) ist jedoch geringer.

### 7.9. Prüfung der Eigenspannung von thermisch überlasteten Radscheiben

Seit 1. Juli 2006 wird das AVV – davor das RIV – für die Behandlung von Fehlern an Güterwagen angewendet:

Für eine festgestellte thermische Überbeanspruchung durch die Bremse sind Radsätze, die als thermisch stark beanspruchbar gekennzeichnet sind und mit Graugussbremssohlen gebremst werden, keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Gemäß ERRI B169/RP6 – Punkt 5.5 hat die Geometrie des Rades einen großen Einfluss auf die Entwicklung der Eigenspannungen im gebremsten Vollrad. Je steifer eine Vollradkonstruktion ist, desto höhere Zugeigenspannungen können sich im Radkranz ausbilden.

Die durch den ECM durchgeführten Messungen der Eigenspannungen (Zugspannungen in Radumfangsrichtung mit dem Ultraschallprüfgerät UER (Fraunhofer-Institut Saarbrücken) ergaben keine Überschreitungen der zulässigen Werte.

Bei den durch den Radhersteller durchgeführten Messungen der Eigenspannung mit dem Prüfgerät DEBBIE (DEBRO UMS, Warschau) an einer bereits mit einem Riss behafteten Radscheibe wurden unbedenkliche Werte gemessen.

Warum die thermische Überbelastung und daraus resultierende Rissbildung durch die Prüfung der Eigenspannung nicht erkannt wurde, geht aus den vorgelegten Dokumenten nicht hervor. Diese Messungen sind laut Regelwerk (AVV) bei klotzgebremsten Rädern, die als thermisch stark beanspruchbar gekennzeichnet sind nicht erforderlich.

Das dem gebrochenen Rad gegenüberliegende Rad aus derselben Charge (38249) erzielte bei der Eigenspannungsmessung 137 MPa und hielt den zulässigen Grenzwert (400 MPa) ein. Trotzdem wurden Rissanzeigen mittels MT detektiert.

Es wurde ein neuer Farbabbrand von ca. 20 mm und ein überstrichener Farbabbrand von > 50 mm festgestellt.

### 7.10. Regelwerke für die Bremsung auf großen Gefällestrrecken

Seit den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts (mit Beginn des zweigleisigen Ausbaues und einhergehender Streckenbegradigung der Tauernsüdrampe) war dem IM die Problematik der Fahrten im Gefälle bekannt. Entsprechende Regelwerke als Ergänzung zur DV M 26 – Abschnitt V: Bedienung – wurden laufend dem Ausbaustand, den zulässigen Fahrgeschwindigkeiten und der Bremstechnik der eingesetzten Wagen und Tzf angepasst.

Die Tzf die die Züge des RU führen werden laufend auf die Bestimmungen zur Bremsbedienung, insbesondere auf die Einhaltung der Lösezeit von 90 s, geschult.

Es wurde in dieser Regelung jedoch nicht festgelegt:

- bis zu welcher Zuglänge diese Regelung sicher angewendet werden kann bzw. fehlt der Verweis auf die Lösezeiten gemäß DV M 26, Anlage 9 und
- ab welcher Zuglänge und –tonnage Tfz mit einer tauglichen (Hochleistungs-) E-Bremse am Zugschluss (Schaukelbetrieb) für die Gefällefahrt erforderlich sind.

## 8. Maßnahmen des VK und ECM des auslösenden Güterwagens

Anlässlich der Besprechung vom 8. März 2012 wurde der Status der Rissprüfungen an Radscheiben durch den ECM erläutert:

Von 174 Radscheiben der Charge 38249 (Herstellungsjahr 2001) wurden bereits 72 Radscheiben auf Grund des Erreichens der Kennrille ausgeschieden. 102 Radscheiben wurden durch den ECM mittels MT auf Risse überprüft. Dabei wurden an 14 Radscheiben Risse detektiert.

Von 52 mittels MT geprüften Radscheiben verschiedener Chargen (Herstellungsjahr 2001) wurden drei Radscheiben mit Rissanzeigen detektiert.

Durch den ECM wird untersucht, ob durch ein geeignetes Prüfverfahren (z. B. maschinelle UT) derartige Risse in Radscheiben detektiert werden können.

Statusbericht des ECM anlässlich der Stellungnahme vom 1. Juni 2012:

*Zu Punkt 12.1: Nach Kontaktaufnahme mit dem Lieferanten der bestehenden Radkranz – Ultraschallprüfanlage wurde durch diesen auf Basis von Voruntersuchungen festgestellt, dass die betroffene Stelle im Radsteg theoretisch prüfbar sei. Dieser theoretische Ansatz muss aber- um eine definitive Aussage machen zu können – in der Praxis verifiziert werden. Aktuell wird seitens des Lieferanten ein Angebot für die praktische Machbarkeitsstudie ausgearbeitet.*

*Zu Punkt 12.2: Im Rahmen der internen Untersuchungen wurde festgestellt, dass von der Charge 38249 (gleich wie die versagte Radscheibe) ca. 14% ähnliche Anzeichen eines beginnenden Bauteilversagens aufwiesen. Parallel zur Überprüfung der Charge 38249 wurden weitere Radscheiben aus dem Baujahr 2001 überprüft. Von diesen geprüften 52 Radscheiben wurden an 3 Radscheiben Anzeigen festgestellt (entspricht ca. 6 %). Es ist jedoch hierbei wichtig hervorzuheben, dass nur eine Radscheibe tangentielle Anzeigen aufwies.*

*Die beiden anderen Radscheiben hatten Anzeigen in radialer Richtung, was mit dem unfallkausalen Schadbild nicht in Zusammenhang steht. Letztendlich wies somit nur eine Radscheibe ein ähnliches Bild zu den unfallkausalen Radscheiben auf. Aus dieser Sicht ist das Schadbild (bis auf diese eine Ausnahme) auf die Charge 38249 begrenzt.*

*Um diese These weiter abzusichern wurden zusätzlich weitere 40 Stück Radscheiben mit gleicher Bauform – und unterschiedlichen Baujahren – überprüft. Bei dieser Überprüfung waren alle 40 Stück Radscheiben ohne ZfP-Befund.*

*Das Ergebnis dieser weiteren Überprüfung der 40 Stück Radscheiben unterstützt konsequent die Hypothese, dass das Schadbild auf die Charge 38249 begrenzt ist.*

*Bei Berücksichtigung dieser Ergebnisse ist aus unserer Sicht ein Mehrwert einer etwaigen Änderung von Regelwerken nicht gegeben, das sich das Schadbild zusammenfassend auf eine Chargennummer begrenzen lässt, und nicht generell auf alle Radscheibentypen bzw. -bauformen übertragbar ist.*

*Anmerkung zur Begründung: Bei der Eigenspannungsprüfung wird diese im Bereich des Radkranzes gemessen. Da das kausale Schadbild im Bereich des Radsteges auftritt, wird die Möglichkeit einer Ultraschallprüfung dieses Bereichs verifiziert – siehe auch Stellungnahme Punkt 12.1.*

## **9. Sonstige, nicht unfallkausale Unregelmäßigkeiten und Besonderheiten**

Die EN 13262 beschreibt zwar die Vergütung von Vollrädern, definiert jedoch kein Symbol (dieses wurde an die Stahlsorte angefügt) wie in UIC 812-3, Punkt 4.2 – Wärmebehandlungszustand bei der Lieferung – beschrieben:

- a) unbehandelt (ohne Symbol) - R1, R2, R3
- b) normalgeglüht (Symbol N) - R1, R2, R3
- c) laufkranzvergütet (Symbol T) - R6, R7, R8, R9
- d) vollvergütet (Symbol E) - R6, R7, R8, R9

UIC 812-3 wurde mit Erscheinen der EN 13262 zurückgezogen.

## **10. Ursache**

Ursache war der Bruch einer Radscheibe des in Fahrtrichtung dritten Radsatzes des Silowagens. Dieser Radsatz war als thermisch stark beanspruchbar gekennzeichnet und war mit Graugussbremssohlen gebremst.

Dieser Radsatz wurde thermisch überbeansprucht. Wann und wo (bei welcher Gefällefahrt) diese thermische Überbeanspruchung erfolgt ist konnte nicht ermittelt werden.

Am gegenüberliegenden Rad wurde ein neuer Farbabbbrand von ca. 20 mm und ein überstrichener Farbabbbrand von > 50 mm festgestellt.

Das dem gebrochenen Rad gegenüberliegende Rad aus derselben Charge (38249) erzielte bei der Eigenspannungsmessung 137 MPa und hielt den zulässigen Grenzwert (400 MPa) ein. Trotzdem wurden Rissanzeigen mittels MT detektiert.

Auf Grund der vom ECM durchgeführten Prüfungen wurde festgestellt, dass nur die Charge 38249 aus dem Jahr 2001 betroffen war.

## 11. Berücksichtigte Stellungnahmen

Siehe Anlage F.

## 12. Sicherheitsempfehlungen

Punkt Laufende Jahres- nummer	Sicherheitsempfehlungen (unfallkausal)	richtet sich an
12.1 A-2012/043	Überprüfung, dass durch geeignete mechanisierte Prüfverfahren die Rissbildung an Radscheiben (z. B. UT) detektiert werden kann.	ECM
12.1a A-2012/044	Sicherstellung, dass alle Radscheiben der Charge 38249 aus dem Jahr 2001 auf Risse überprüft werden.	ECM
12.2 A-2012/045	Überprüfung, ob die Regelwerke (z. B. AVV,...) für die Behandlung der als thermisch stark beanspruchbar gekennzeichneten Radsätze und die mit Graugussbremssohlen gebremst werden, an neue technische Erkenntnisse angepasst werden müssen. Begründung: Diese Rissbildung wurde durch die Prüfung der Eigenspannung nicht erkannt.	RU, VK (AVV)
12.3 A-2012/046	Überprüfung, ob die Regelungen für Gefällefahrten auf Steilstrecken bestimmte Parameter berücksichtigen müssen, wie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuglängen und -tonnagen</li> <li>• Reihung von Tfz mit tauglicher (Hochleistungs-) E-Bremse am Zugschluss (Schaukelbetrieb)</li> <li>• Geschwindigkeiten und Bremsmethoden</li> </ul> Dabei darf bei der Leistungsaufnahme bei Dauerbremsung gemäß EN 13979-1 Anhang F die Vergleichsberechnung mit der Gotthard-Südrampe nicht überschritten werden. Anmerkung: Da gemäß europäischer Vorgaben ein Teil der Verantwortung vom IM an die RU übertragen wird, sollte für die in Österreich häufig befahrenen exponierten Gefällestrecken ein einheitliches Regelwerk geltend für alle RU geschaffen werden.	BMVIT



Punkt Laufende Jahres- nummer	Sicherheitsempfehlungen (unfallkausal)	richtet sich an
12.3a A-2012/047	Überprüfung, ob diese Sicherheitsempfehlung auch in anderen europäischen Ländern mit exponierten Gefällestrecken angewendet werden muss. Anmerkung: Beispielhaft sei hier die „Koperbahn“ in Slowenien angeführt.	BMVIT
12.4 A-2012/048	Überprüfung, ob die Regelwerke für die Berechnung von Radscheiben an höhere vertikale Lastannahmen angepasst werden müssen. Begründung: Die Regelwerke für die Berechnung von Radscheiben (UIC 510-5 und EN 13979-1) verwenden einen Faktor von 1,25. Für die fahrtechnische Zulassung von Güterwagen (UIC 518 und EN 14363) werden Beschleunigungen in vertikaler Richtung von $\ddot{z}_{\text{Smax lim}} = 5 \text{ m/s}^2$ im Wagenkasten zugelassen. Daraus lässt sich in vertikaler Richtung ein Faktor von $> 1,5$ ableiten.	BMVIT (CEN und UIC)

Punkt Laufende Jahres- nummer	Sicherheitsempfehlungen (nicht unfallkausal)	richtet sich an
12.5 A-2012/049	Überprüfung, ob ein Symbol, das die Vergütung des Rades definiert in der EN 13262 aufgenommen werden muss. Begründung: Im nicht mehr veröffentlichtem UIC 812-3 war durch ein Symbol die Art der Vergütung definiert.	BMVIT (CEN und UIC)

Wien, am 19. Juni 2012

Bundesanstalt für Verkehr  
Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes – Schiene

Dieser endgültige Untersuchungsbericht gemäß § 15 UUG wurde vom Leiter der Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes nach Abschluss des Stellungnahmeverfahrens gemäß § 14 UUG geprüft und genehmigt.