

**Beilage Auszug aus [1] Bericht über die Untersuchung des abgebrochenen Achsstummels aus einem polnischen Kesselwagen und Gutachten über die Ursache des Bruches erstellt von Dipl.-Ing. Wolfgang Allertshammer, Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger**

<b>DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER</b>				
SCHADENSANALYSE METALLISCHER WERKSTOFFE WERKSTOFFBERATUNG GUTACHTEN			KONSULENT ALLGEMEIN BEEIDETER UND GERICHTLICH ZERTIFIZIERTER SACHVERSTÄNDIGER	
Ihr Zeichen	vom	Mein Zeichen G 700/11-1	Datum 20.05.2011	Seite/von 1 / 8
<b>Bericht</b>				
<b>über die Untersuchung des abgebrochenen Achsstummels aus einem polnischen Kesselwagen</b>				
und				
<b>Gutachten</b>				
<b>über die Ursache des Bruches</b>				
<b>Auftraggeber:</b>	<b>Bundesanstalt für Verkehr Unfalluntersuchung Fachbereich Schiene Postfach 207 1000 Wien</b>			
<b>Betreff:</b>	<b>Achsbruch am Wagen: Zacs 33 51 786 7 237-4P Polnischer Kesselwagen, Vorfall 12-2010 BMVIT-795.229_0004-II_BAV_UUB_SCH_2011_09.03.2011</b>			
<small>A-1170 WIEN, LEOPOLD ERNSTGASSE 32/9, TEL. 01 (+43-1) 485 73 35-0, FAX 485 73 35-4 / <a href="http://www.allertshammer.at">www.allertshammer.at</a> / Email: <a href="mailto:wolfgang@allertshammer.at">wolfgang@allertshammer.at</a> BANK-AUSTRIA CREDITANSTALT Nr.0945 4522500, BLZ.12090, SWIFT (BIC): BKAUATWW, IBAN: AT55 1100 0094 5452 2500, UID: ATU 37647301</small>				



## 1 Gegenstand der Untersuchung und Auftrag

Gemäß §8 des Unfalluntersuchungsgesetzes 2005 ist die Ursache des Bruches einer Radsatzwelle an einem polnischen Kesselwagen zu klären. Infolge des Bruches der Radsatzwelle entgleiste der Kesselwagens 33 51 786 7 237-4 im Bhf. Wien Zvbf am 9.12.2010 beim Abrollen mit dem vorlaufenden Drehgestell auf einer Weiche und kam nach ca. 50 m zum Stillstand. Der abgebrochene Achsstummel und das dazugehörige Achslager waren bereits zuvor auf der Strecke verblieben und konnten sichergestellt werden.

Der abgebrochene Achsstummel wurde in einem mit Tectyl versiegelten Zustand zur Untersuchung übergeben. Es ist eine Schadensuntersuchung vorzunehmen und dabei die Ursache der Rissbildung nach langer Betriebszeit (Herstellung 1962) zu ermitteln. Für den Auftraggeber ist von besonderem Interesse, ob eine nachträglich auf der Achse angebrachte Entlastungsmulde mit etwa 0,1 mm Tiefe als Ursache in Frage kommen kann.

Zusätzlich zum Schadensteil wurde eine „Radsatzbefundung“ der ÖBB, Technische Services GmbH vom 31.01.2011 zur Verfügung gestellt, in welcher der Unfallhergang geschildert wird und eine Dokumentation aller Radsätze des Wagens enthalten ist. Aus der vorliegenden Dokumentation ist zu entnehmen, dass der Radsatz im Jahr 1962 gefertigt wurde, die Entlastungsmulde jedoch zu einem späteren Zeitpunkt angebracht worden ist. Vom Auftraggeber wurde weiter eine Sammlung von Daten und Normanforderungen zusammengestellt, die in Form eines word-Dokumentes ebenfalls zur Verfügung gestellt worden sind.

Gemäß § 5, leg. cit. hat die Untersuchung als ausschließliches Ziel die Feststellung der Ursache des Vorfalles, um Sicherheitsempfehlungen ausarbeiten zu können, die zur Vermeidung gleichartiger Vorfälle beitragen können; die Untersuchung zielt nicht darauf ab, die Schuld- oder Haftungsfrage zu klären.

## 2 Visueller Befund

Der zur Untersuchung übergebene Achsstummel mit etwa 160 mm Länge und einem Durchmesser von 120,0 mm ist nach dem Bruch unversehrt und ohne Beschädigung der Bruchfläche erhalten geblieben; er wurde komplett in Tectyl versiegelt übergeben (siehe Bild 1, Beilage 1). Bereits in diesem Zustand und besser nach umfangreicher Reinigung in Lösungsmittel, zeigt sich ein einseitig ausgehender Schwingbruch mit sehr vielen Rastlinien und nur einem geringen Restbruchanteil von etwa 15 %.

Makroskopisch gesehen entspricht das Bild einem typischen Bruch durch Umlaufbiegung bei geringer Nennspannung. Unter einer Lupe und entsprechender Beleuchtung ist aber zu erkennen, dass der Schwingbruch von einer sehr lokalen Spannungskonzentration quasi punktförmig ausgeht und zunächst einen halbkreisförmigen Riss erzeugt, bevor er in die übliche Konfiguration übergeht (siehe Bilder 2 bis 5, Beilagen 1 bis 3).

Der Riss hat sich direkt unter dem Lagersitz in dessen Randbereich gebildet. Im Mikroskop ist zu erkennen, dass sich am Bruchausgang eine rissige und verquetschte Oberflächenstruktur auf



Mein Zeichen  
G 700/11-1

Datum  
20.05.2011

Seite/von  
3 / 8

der Wellenoberfläche gebildet hat (siehe Bild 4, Beilage 2), etwa 15 mm seitlich davon ist eine weitere Stelle vorhanden, an der neben einer aufgerauten Oberfläche bereits ein kleiner Nebenriss erkennbar ist (siehe Bild 6, Beilage 3).

Die gesamte Oberfläche des angrenzenden Lagersitzes wirkt fleckig und ist mit einer sehr wechselnden Oberflächenstruktur versehen, in welcher die ursprünglichen Drehriefen nur mehr an wenigen Stellen rudimentär zu erkennen sind (siehe Bilder 7 und 8, Beilage 4). Erst etwa 40 mm seitlich des Rissausganges lässt sich die zu einem späteren Zeitpunkt eingedrehte Entlastungsmulde erkennen, da der Bruch hier erst in diesen Bereich hineinläuft (siehe Bild 8 und 9, Beilagen 4 und 5). Die eingedrehte Mulde ist deutlich von der angrenzenden Oberfläche des Lagersitzes zu unterscheiden, da sie im Unterschied zu dieser eine eindeutige Bearbeitungsstruktur mit Riefen aufweist.

Die Oberfläche des Lagersitzes weist gerade im Rissausgangsbereich eine weitgehend eingebnete Oberfläche auf, in welcher Drehriefen maximal als geringe Reststruktur erkennbar sind. Verschiedentlich haben sich in Umfangsrichtung laufende Vertiefungen gebildet und anschließende Oberflächen weisen eine aufgeraute und narbige Oberfläche auf, an der bereits sämtliche Merkmale einer Bearbeitung fehlen. Über die gesamte Oberfläche verteilt sind einzelne Druckstellen ausgebildet, die durch das Einpressen harter Partikel entstanden sein müssen (siehe Bilder 10 bis 12, Beilagen 5 und 6). Die Oberflächenstruktur bleibt auf der gesamten Oberfläche ähnlich, wobei an manchen Stellen der Eindruck entsteht, dass die Oberfläche händisch mit Schleifpapier nachbearbeitet worden ist (siehe Bild 11, Beilage 6).

Da die feinen Details der Oberflächenstruktur lichtoptisch nicht mehr auflösbar sind, erfolgt die weitere Untersuchung des Rissausgangsbereiches und der angrenzenden Wellenoberfläche im Rasterelektronenmikroskop.

### 3 Rasterelektronenmikroskop

Das Rasterelektronenmikroskop ermöglicht die Abbildung von Ober- und Bruchflächen mit einer Schärfentiefe, die zumindest 100-fach über jener des Lichtmikroskopes liegt. Abgesehen davon sind in der Vergrößerung keine optischen Grenzen gesetzt. Aus diesem Grund eignet sich das Gerät bestens zur Untersuchung von Bruchvorgängen. Die Untersuchung erfolgte im Rasterelektronenmikroskop (REM) des Instituts für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie der TU Wien (Philips XL-30, 20 kV Beschleunigungsspannung)

An der Rissausgangsstelle finden sich zahlreiche kleine Nebenrisse, die mit mehreren kleinen Druckstellen kombiniert auftreten (siehe Bilder 13 bis 15, Beilagen 7 und 8). Zwei Fotos wurden gedreht, um der Blickrichtung der lichtoptischen Bilder zu entsprechen. Hinweise auf eingepresstes Fremdmaterial sind nicht zu finden, da die Struktur der Oberfläche trotz der Risse homogen wirkt. Bei höherer Vergrößerung ist die Oberfläche örtlich mit spröden Rissen übersät, was auf gebrochene Oxidschichten hindeutet (siehe Bild 16, Beilage 8).



Mein Zeichen  
G 700/11-1

Datum  
20.05.2011

Seite/von  
4 / 8

Der bereits lichtoptisch deutlich wahrnehmbare Nebenriss, der an einer Druckstelle, etwa 15 mm neben dem Bruchausgang aufgefallen ist, zeigt im Rasterelektronenmikroskop das typische Erscheinungsbild von Schwingungsreibverschleiß (siehe Bild 17, Beilage 9). Die angrenzende Oberfläche ist unterschiedlich verquetscht und verrieben und weist neben kleinen Druckstellen wellenförmige Oberflächenstrukturen auf. Etwa 2 mm unterhalb des Rissausgangs (in axialer Richtung) wechseln in Umfangsrichtung verlaufende Riefen mit einer stark verriebenen und teilweise geglätteten Struktur (siehe Bilder 18 und 19, Beilagen 9 und 10). Die Riefen verlaufen allerdings nicht wie maschinell entstandene Schleif- oder Drehriefen exakt in Umfangsrichtung, sondern weisen mehrfach auch etwas wechselnde Orientierung auf, was für eine Nachbearbeitung mittels Schleifpapier von Hand spricht.

Etwa 14 mm unterhalb des Rissausgangs beginnt eine vollständig verriebene Oberfläche, in der gar keine Bearbeitungsspuren mehr erkennbar sind (siehe Bild 3, Beilage 2). Im Rasterelektronenmikroskop wirkt diese Oberfläche stark aufgeraut und mit Belägen überzogen, die manchmal schichtweise abblättern. Mit höher werdender Vergrößerung erscheinen zusätzlich kleine, kugelförmige Partikel, die in Haufen fest an der Oberfläche haften (siehe Bilder 20 bis 22, Beilagen 10 und 11). In der Mikroanalyse werden ausschließlich die Elemente des Werkstoffs angezeigt; es handelt sich also um verriebene und teilweise oxidierte Partikel aus dem Werkstoff (siehe Bild 23, Beilage 12). Die nachträglich eingearbeitete Entlastungsmulde, die seitlich, neben dem Rissausgang noch am Bruchteil vorhanden ist, zeigt eine unveränderte Schleifriefenstruktur und hebt sich damit deutlich von der Oberfläche des Lagersitzes ab (siehe Bild 24, Beilage 12).

#### 4 Metallographische Untersuchung

Metallographische Schlitze wurden direkt über den Bruchausgang und in der daneben liegenden Zone mit Nebenriss gelegt (siehe Bilder 3, 4 und 25, Beilagen 2 und 13). Zum Vergleich wurde in der stark verriebenen Zone auch ein Schliff in Umfangsrichtung, also parallel zur Bruchfläche gelegt. Seitlich, etwa 70 mm vom Bruchausgang entfernt, wurden die Schlitze 7 und 8 entnommen, da hier noch ein Teil der Entlastungsmulde vorhanden ist (siehe Bild 26, Beilage 13).

Die Welle besteht aus Stahl mit ferritisch-perlitischem Gefüge, mit einem Gefügeanteil von jeweils 50 %. Direkt am Bruchausgang weist der Ferrit in Oberflächennähe sehr starke Substrukturen auf, was ein aufgerautes und dunkles Erscheinungsbild des sonst hellen Ferrits bewirkt hat (siehe Bilder 27 bis 29, Beilagen 14 und 15). Neben dem Rissausgang haben sich auch mehrere Nebenrisse gebildet, die fast immer in schräger Richtung verlaufen.

Derselbe Schliff 2 zeigt in einer Entfernung von etwa 15 mm vom Rissausgang das unveränderte Ferrit-Perlit-Gefüge ohne Substrukturen (siehe Bilder 30 und 31, Beilagen 15 und 16). Die hier vorhandene, verriebene Zone hat einen hellen, weitgehend strukturlosen Belag erzeugt, der sich mit globularen Anteilen mischt und manchmal auch ausschließlich aus solchen besteht. Unterhalb dieser Zone wirkt das Gefüge unverändert.

DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



Blatt/Zeichen  
G 700/11-1

Datum  
20.05.2011

Seite/von  
5 / 8

Auch der Schliff 3 durch die weitere verquetschte Zone, die sich neben dem Rissausgang gebildet hat, zeigt in gleicher Art und Weise Nebenrisse und eine hohe Versetzungsdichte im Ferrit (siehe Bild 32, Beilage 16). Der direkt dahinter entnommene Querschliff liegt voll in der verriebenen Zone der Oberfläche, weshalb nicht verwundert, dass die gesamte Oberfläche mit einer hellen Schicht überzogen ist, die einen hohen Anteil globulare Strukturen enthält (siehe Bilder 33 und 34, Beilage 17). Die Schicht ist örtlich bis zu 25 µm dick und darunter sind örtlich wenig tiefgehende, plastische Verformungen erkennbar.

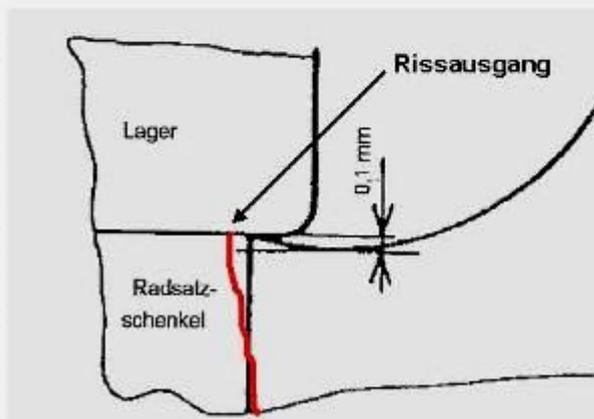
Auch die seitlich entnommenen Schliffe 7 und 8 zeigen an der Lagersitzfläche ein ähnliches Aussehen. Außerhalb davon aber im Bereich der eingearbeiteten Entlastungsmulde ist eine Struktur von Schleifriefen ausgebildet, die auch direkt unter der Oberfläche keine plastischen Verformungen erkennen lässt (siehe Bilder 35 und 36, Beilage 18). Gefüge und Oberflächenstruktur sind daher einwandfrei.

## 5 Gutachten

### 5.1 Interpretation wesentlicher Ergebnisse

Der Bruch hat makroskopisch das typische Aussehen eines Bruches zufolge Umlaufbiegung mit geringer Nennbelastung, da der Restgewaltbruch nur etwa 15 % der Bruchfläche ausmacht. Am Rissausgang hat sich zunächst von einem kleinen, punktförmigen Bereich eine halbkreisförmige Anrisslinse gebildet, was nur durch ein sehr lokales Spannungsfeld erklärt werden kann, welches an dieser Stelle gewirkt hat. Der Riss breitet sich über einen langen Zeitraum langsam aus, was an hunderten, in sehr regelmäßigen Abständen folgenden Rastlinien und einer durchgehend relativ glatten Bruchfläche abzuleiten ist. Erst im letzten Drittel wird die Bruchstruktur deutlich rauer, was mit einem zunehmend rascherem Rissfortschritt gleichzusetzen ist.

Der Rissausgang liegt am Rand, aber noch unterhalb des Lagersitzes und somit eindeutig nicht im Bereich der erst nachträglich eingebrachten Entlastungsmulde (siehe Skizze rechts). Erst im Rasterelektronenmikroskop ist zu erkennen, dass die am Bruchausgang aufgeraute Oberfläche des Lagersitzes durch örtliche Druckstellen und Mikrorissbildung zu erklären ist und dass entgegen des ersten Eindrucks kein Fremdmaterial eingepresst wurde. Dieser Befund wurde auch in der metallographischen Untersuchung bestätigt.



DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER

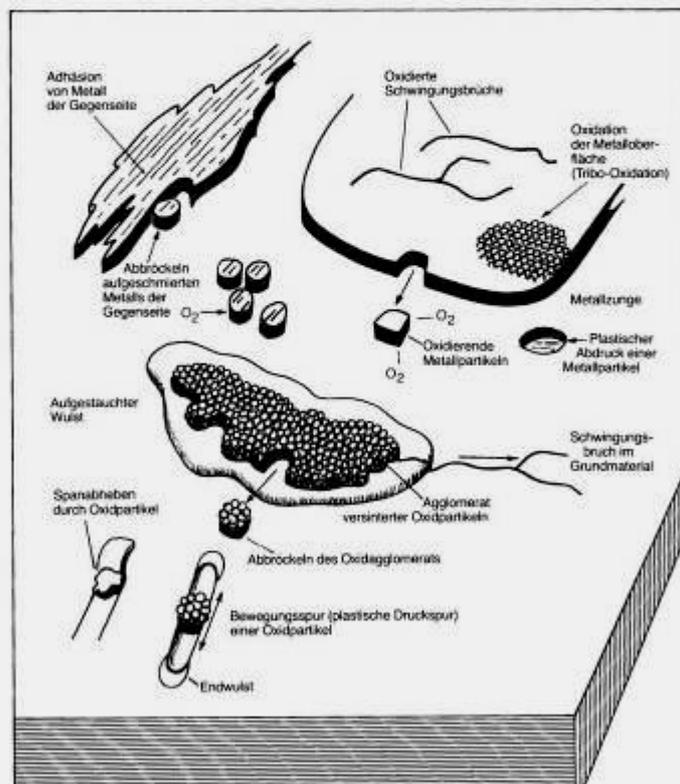


Mein Zeichen  
G 700/11-1

Datum  
20.05.2011

Seite/von  
6 / 8

Durch die Untersuchung der an den Rissauszgang angrenzenden Wellenoberfläche konnte klar gezeigt werden, dass die aufgerauten Oberflächenbereiche, in denen keine Bearbeitungsspuren mehr vorhanden sind, durch Schwingungsreibverschleiß oder sogenanntes „Fretting“ entstanden sind. Es handelt sich dabei um eine Schädigungsform, die der Reibkorrosion ähnlich ist, bei der aber der Reibverschleiß zufolge schwingender Relativbewegung überwiegt. Die betroffenen Oberflächen sind aufgeraut mit flachen Überlappungen, die sowohl metallischer, als auch oxidischer Struktur sein können und auf der gesamten Oberfläche finden sich globulare Strukturen mit Durchmessern von 2 bis 5 µm (siehe Bilder 20 bis 22, Beilage 10 und 11). Die Schädigungsstruktur wurde von Engel und Klingele in der unten wiedergegebenen Graphik dargestellt. [Lothar Engel, Hermann Klingele; Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung von Metallschäden, Carl Hanser Verlag 1982]



Diese Schädigungsform ist nur möglich, wenn es zu einer Relativbewegung zwischen Welle und Lagerinnenring kommt, was an sich durch geeignete Gestaltung der Sitzflächen vermieden werden sollte. Da nur eine der beiden Flächen zur Verfügung steht, können möglicherweise nicht alle auslösenden Faktoren nachvollzogen werden.

Der Wellensitz wird nach UIC 510-1, 9. Auflage vom 1. Jänner 1978 (siehe Datensammlung des Auftraggebers: Beweisstücke.doc), mit DM 120 p6 angegeben, was einem



Mein Zeichen  
G 700/11-1

Datum  
20.05.2011

Seite/von  
7 / 8

Wellendurchmesser von 120,037 bis 120,060 mm entspricht. Von Herrn Ing. Piringer, Bundesanstalt für Verkehr, Unfalluntersuchungsstelle des Bundes, erhielt ich zusätzlich noch die Information, dass auch Wellen mit Radsatzschenkel  $DM = 120\ n6 = 120,023$  bis 120,045 mm in Gebrauch sind und der DM des Lagerinnenringes den Toleranzbereich 119,980 bis 120,003 mm aufweist. Er entspricht damit nicht der sogenannten Einheitsbohrung H6, die eine Toleranz 120,000 bis 120,022 mm aufweisen würde.

Daraus folgt, dass das Lager jedenfalls einen sogenannten „festen Sitz“ aufweisen hätte müssen, was nachweislich nicht der Fall war. Mit der Genauigkeit einer Schiebelehre konnte ein Durchmesser von 120,0 mm ermittelt werden und zusätzlich waren auch an keiner Stelle des Lagersitzes übliche, maschinelle Bearbeitungsriefen der Oberfläche unverändert vorhanden. Die ursprünglichen Drehriefen der Fertigung sind zwar in ihrer Makrostruktur noch erkennbar, doch handelt es sich dabei nur um Reststrukturen in Vertiefungen (siehe Bilder 7 bis 12, Beilagen 4 bis 6).

## 5.2 Schadensentwicklung

Der Darstellung ist voranzustellen, dass nur ein Teil von zwei Reibverschleißpartnern untersucht werden konnte und hier eine gewisse Unsicherheit verbleibt. Unter Zugrundelegung üblicher Daten ist aber davon auszugehen, dass der Lagerinnenring aus gehärtetem Kugellagerstahl bestehen sollte und an dieser Seite daher wenig Veränderungen in der Oberfläche erfolgen können.

Unter der Voraussetzung eines Lagerinnenringes aus Kugellagerstahl und mit den oben angeführten Toleranzlagen des Innendurchmessers und der Welle müsste zumindest ein leichter Presssitz gegeben sein, was nachweislich nicht der Fall war. Eine Vergrößerung des Lagerinnendurchmessers könnte durch ein Warmlaufen des Lagers aufgetreten sein. Es fällt aber auf, dass beim Abpressen des Lagersitzes von der Welle keine Riefen in axialer Richtung entstanden sind. Die Frage der tatsächlich gegebenen Toleranzlage lässt sich somit nicht mehr eindeutig klären, da einer der Partner fehlt.

Der Schadenshergang lässt sich aber trotzdem weitgehend rekonstruieren: Die Relativbewegung zwischen den Teilen ist durch die Untersuchung nachgewiesen. Die zyklischen Verschiebungsbewegungen haben zu dem typischen Schadensbild von Schwingungsreibverschleiß geführt und damit gehen auch nachvollziehbar Transportvorgänge von Werkstoffpartikeln an der Oberfläche einher. Sie verursachen durch die zusätzlich ablaufenden Oxidationsvorgänge, örtlich feste Krusten und an anderen Stelle Materialverlust. In der Folge treten Lastumlagerungen ein und die relativ gleichmäßige Kraftübertragung zwischen den Oberflächen geht in eine Lastübertragung an nur einzelnen Druckstellen auf der Sitzfläche über. Durch das Einbringen harter Fremdpartikel zwischen den Oberflächen kann die Schädigung noch verstärkt werden.

Kleine, lokal wirksame Druckstellen wurden direkt am Rissausgang der Welle nachgewiesen, wodurch sich auch die Lage des Rissausgangs erklärt. Warum sich die Druckstelle gerade hier gebildet hat, kann nur allgemein so beantwortet werden, dass der Randbereich aufgrund der

DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



Mein Zeichen  
G 700/11-1

Datum  
20.05.2011

Seite/von  
8 / 8

Biegebelastung einer Welle höher belastet wird und bei Umlaufbiegung hier auch die größten Lateralverschiebungen auftreten.

Die Entstehung des Bruches konnte daher generell geklärt werden, da jedoch mehrere Parameter offen und keiner weiteren Überprüfung zugänglich sind, können zusammenfassend, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, folgende mögliche Ursachen genannt werden:

- Fehler in der Toleranz zwischen Welle und Lagerinnenring,
- Überhitzung des Lagers im Betrieb mit entsprechender Wärmedehnung im Lager,
- unzulässige Nacharbeit der Welle beim Austausch des Lagers, was zu einer Verringerung des Durchmessers geführt hat.

Das nachträgliche Einbringen der Entlastungsmulde, wie sie nach UIC 515-3 vorgesehen ist, hat keinen Einfluss auf die Entstehung des Bruches gehabt.

Der Bericht wurde auf Wunsch des Auftraggebers auch in elektronischer Form erstellt und enthält in dieser Form daher keine Unterschrift. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Proben. Die Schlussfolgerungen resultieren aus den mir zur Verfügung gestellten Unterlagen und den Untersuchungsergebnissen. Sollten wesentliche zusätzliche Fakten bekannt werden, so behalte ich mir eine entsprechende Neubewertung vor.



Dipl.-Ing. W. Allertshammer eh.

DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



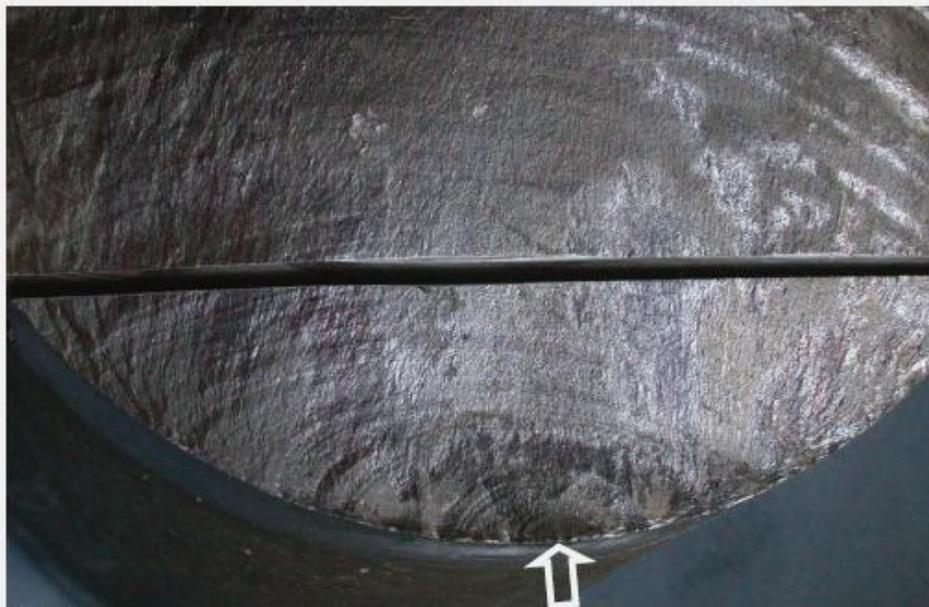
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
1 / 18



**Bild 1:**  
Wellenstummel im ungereinigten Anlieferungszustand, versiegelt mit Tectyl



**Bild 2:**  
Bruchfläche nach dem Trennen und der Reinigung; Schwingbruch mit deutlichen Rastlinien und lokalem, beinahe punktförmigem Rissausgang (siehe Pfeil)

V = 2 : 1

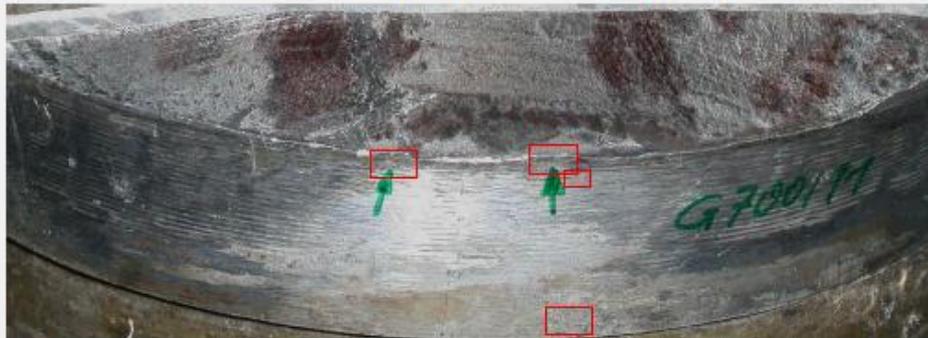
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
2 / 18



**Bild 3:** V = 2 : 1  
Detail des Rissausgangsbereiches; die grünen Pfeile markieren Fehlstellen in der Wellenoberfläche wobei der Rissausgang beim rechten Pfeil liegt. Die roten Rechtecke markieren die im Rasterelektronenmikroskop dargestellten Bereiche (siehe Bilder 13 bis 22).



**Bild 4:** V = 7 : 1  
Detail des Rissausgangsbereiches; die grünen Pfeile markieren Fehlstellen in der Wellenoberfläche; die angrenzende Wellenoberfläche lässt nur noch Reste von Drehriefen erkennen; unterschiedliche Riefen und verriebene Stellen im gesamten Bereich

DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
3 / 18



**Bild 5:** V = 4 : 1  
Detail des Rissausgangsbereiches in einer Beleuchtung, welche die Rastlinien am Bruchausgang gut erkennen lässt; der Anriss hatte zunächst eine halbkreisförmige Kontur



**Bild 6:** V = 7 : 1  
weitere aufgeraute Stelle neben dem Rissausgang, hier ist deutlich ein Nebenriss zu erkennen (siehe linker Pfeil in Bild 5)

DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage von  
4 / 18



**Bild 7:**  
Oberfläche nach Entfernung der Tectylschicht; rechts bereits abgetrennter  
Rissausgangsbereich



**Bild 8:**  
Lagersitzoberfläche in der Nähe des Rissausgangs (siehe Pfeil); die strichlierte Linie rechts  
markiert den Beginn der Entlastungsmulde

DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
5 / 18



**Bild 9:**  
Oberfläche des Lagersitzes mit angrenzender Entlastungsmulde (oben), die an ihren gleichmäßigen Schleifriefen zu erkennen ist



**Bild 10:**  
Lagersitzoberfläche an der Außenseite (Wellenende) mit eingepressten Fremdstoffen

DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage von  
6 / 18



**Bild 11:**  
Eindruckstelle von Fremdpartikeln



**Bild 12:**  
weitere Eindruckstelle von Fremdpartikeln

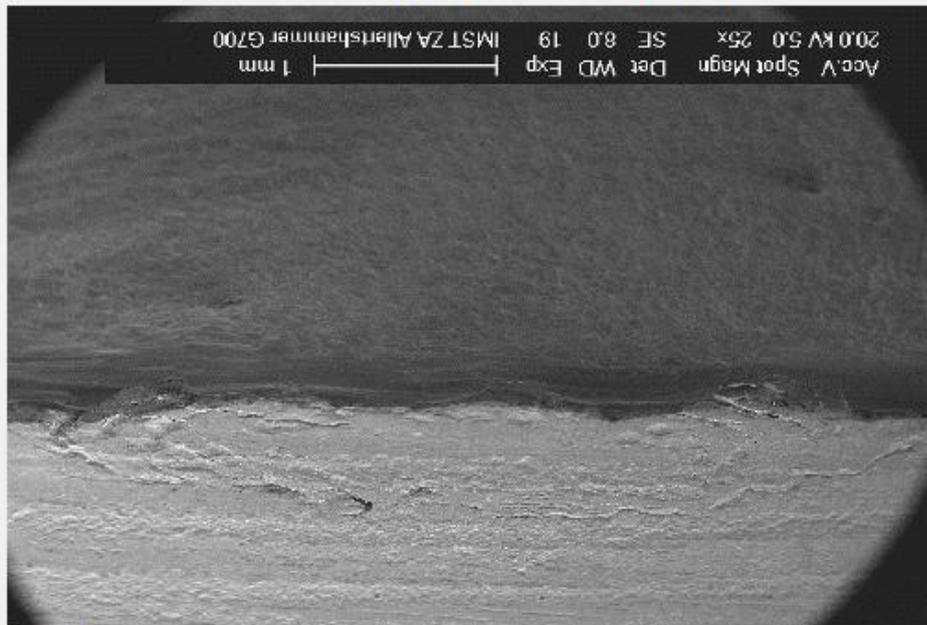
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



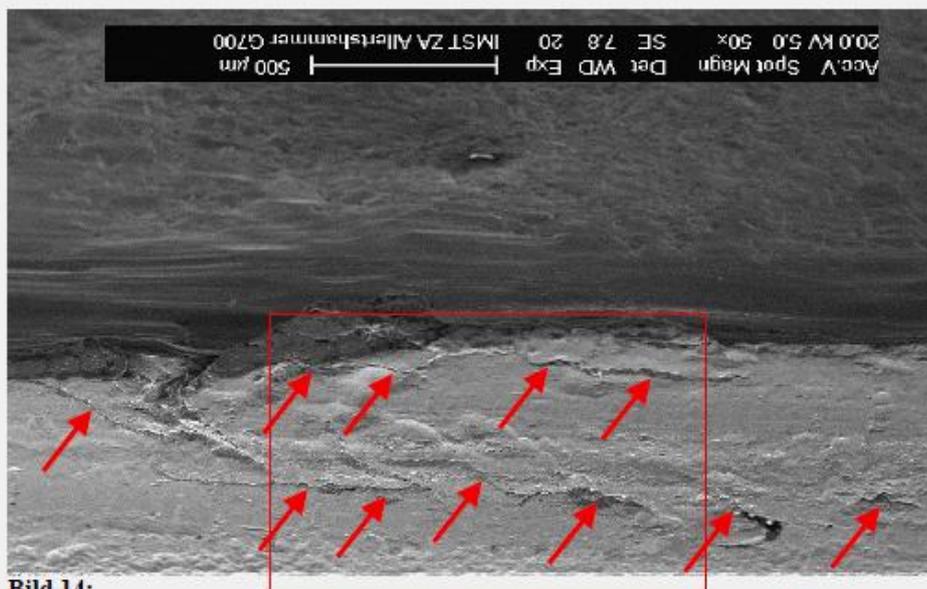
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
7 / 18



**Bild 13:**  
Rissausgangsbereich im Rasterelektronenmikroskop, Schrägansicht; Druckstelle mit  
Nebennissen (Bild gedreht entsprechend Bild 4)



**Bild 14:**  
Rissausgangsbereich, Detail; deutlich sind Eindellungen und Nebennisse zu erkennen  
(siehe Pfeile)

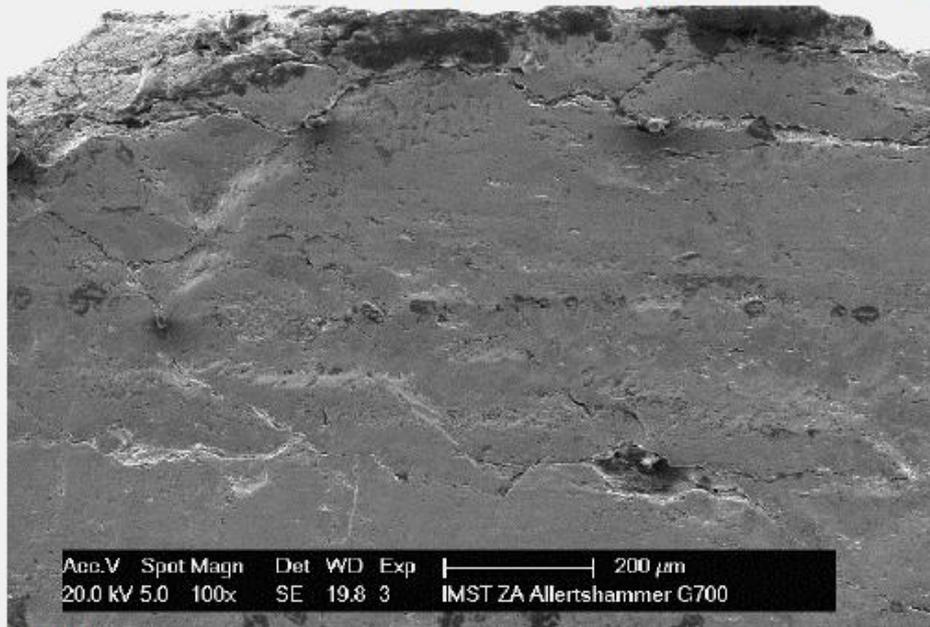
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



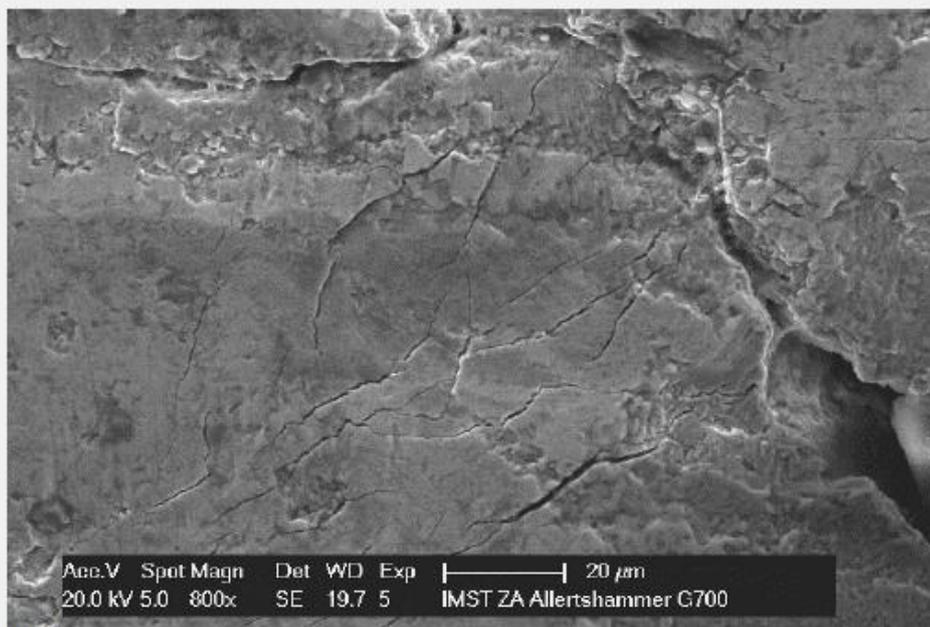
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
8 / 18



**Bild 15:**  
Rissausgangsbereich, Detail aus Bild 14



**Bild 16:**  
Detail mit spröden Rissen in der Oberfläche, Risse in der Oxidschicht

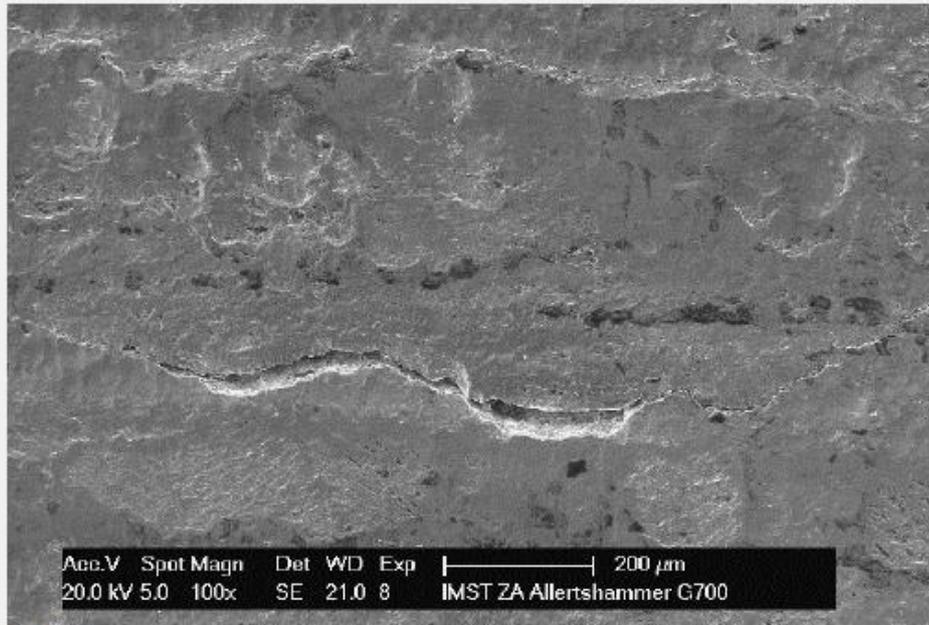
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



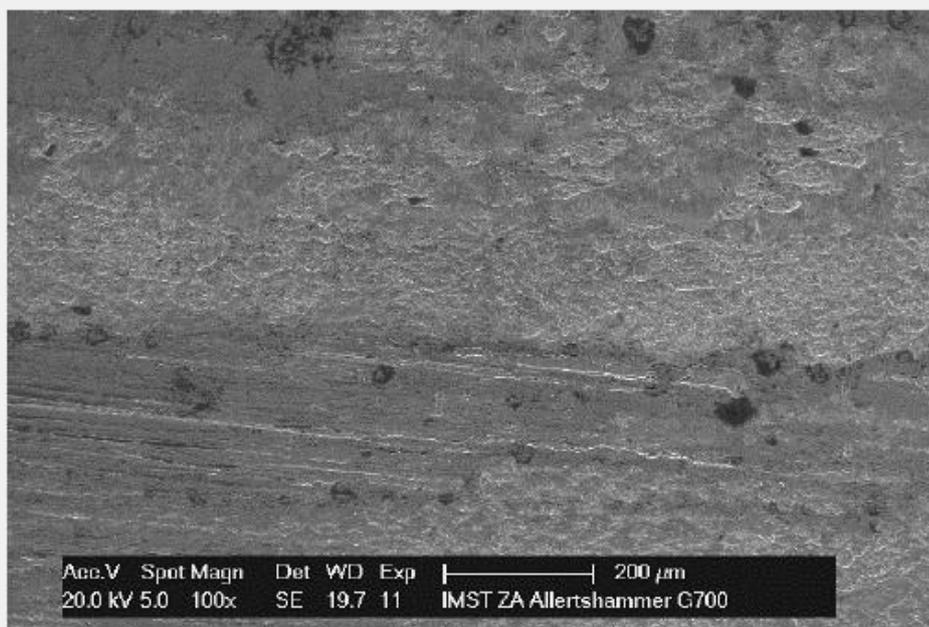
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage von  
9 / 18



**Bild 17:**  
weitere Druckstelle mit Nebenrissbildung; typische Rissbildung für  
Schwingungsreibverschleiß (siehe Bild 4 links)



**Bild 18:**  
Schwingungsreibverschleiß direkt unterhalb des Rissausgangs

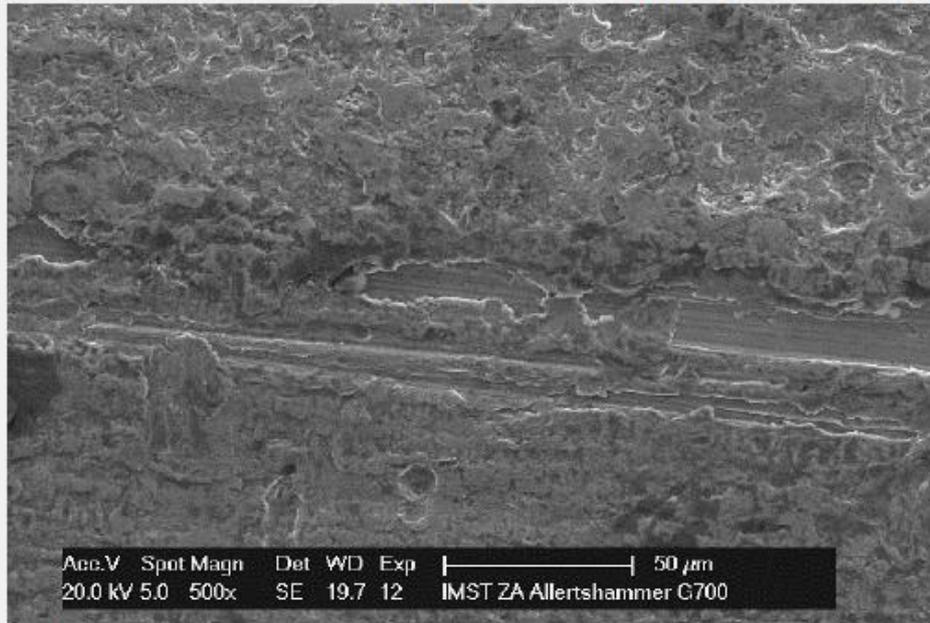
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



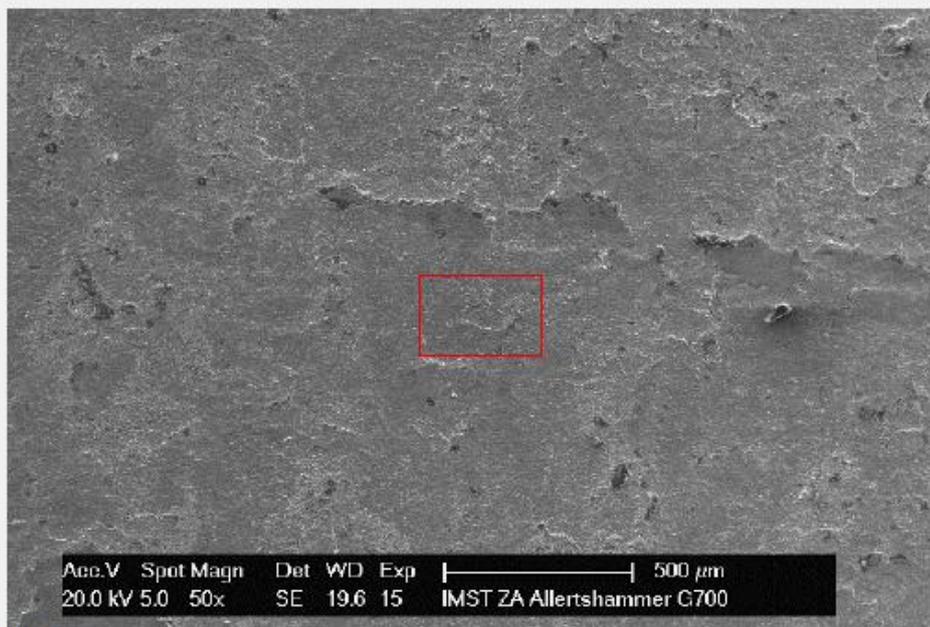
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
10 / 18



**Bild 19:**  
Schwingungsreibverschleiß direkt unterhalb des Rissausgangs im Detail



**Bild 20:**  
Schwingungsreibverschleiß etwa 15 mm hinter dem Rissausgang: keine  
Bearbeitungsstruktur mehr vorhanden

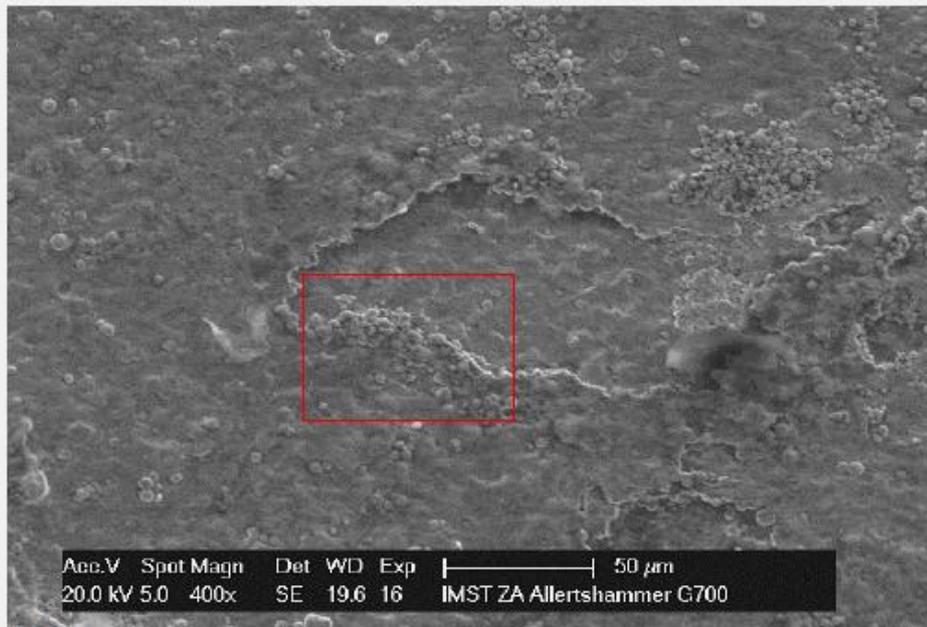
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



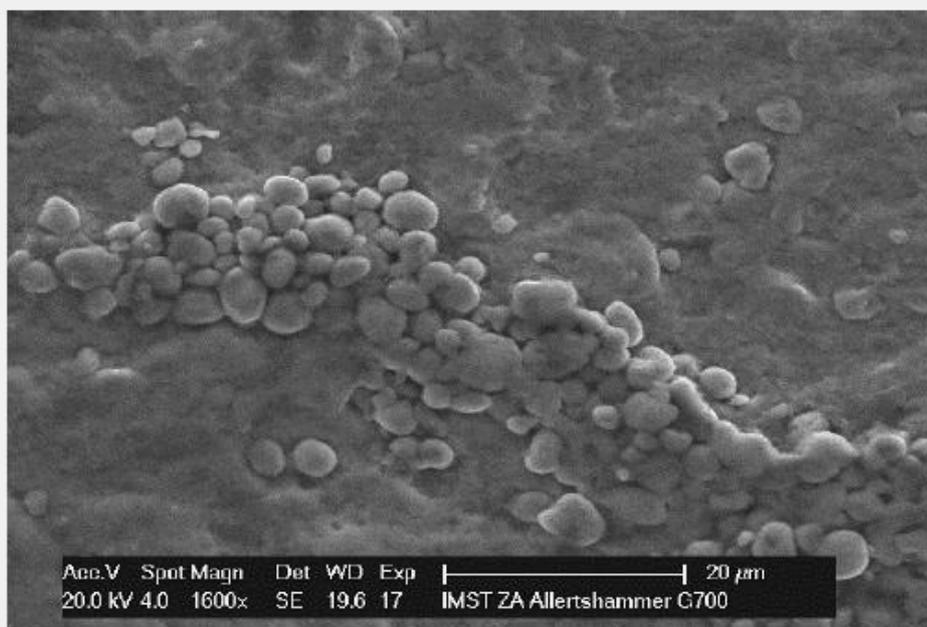
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage von  
11 / 18



**Bild 21:**  
Schwingungsreibverschleiß etwa 15 mm hinter dem Rissausgang; aufgeraute Oberfläche mit kleinen, kugelartigen Strukturen



**Bild 22:**  
Schwingungsreibverschleiß etwa 15 mm hinter dem Rissausgang; Detail der kugelartigen Struktur in Bild 21

DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER

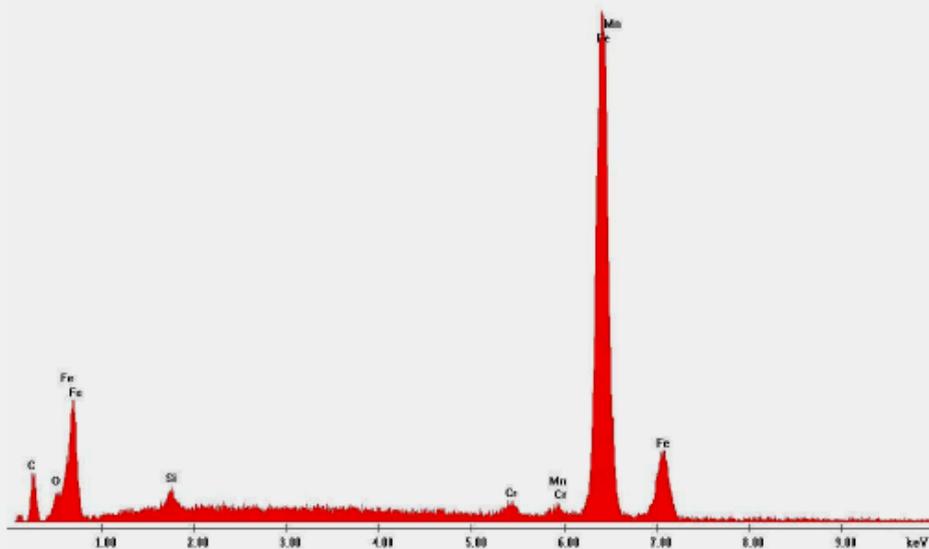


Mein Zeichen  
G 700/11-2

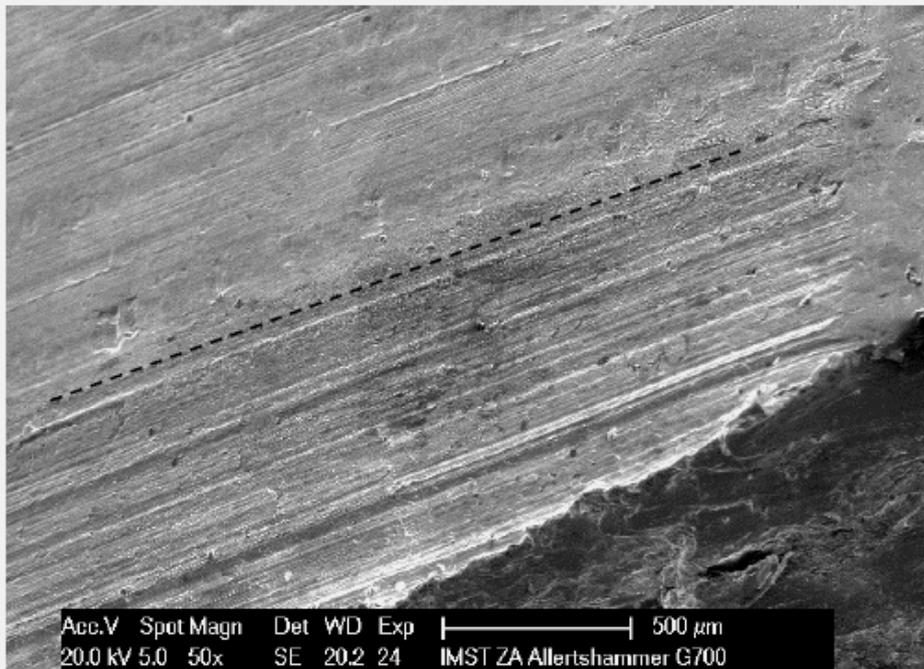
Datum  
20.05.2011

Beilage von  
12 / 18

Label A: G700: 18: Welle oerA 18x5



**Bild 23:**  
Schwingungsreibverschleiß etwa 15 mm hinter dem Rissausgang; das Mikroanalyse-  
spektrum der Kugeln in Bild 22 zeigt die reine Stahlanalyse



**Bild 24:**  
Schleifriefen der Entlastungsmulde unterhalb der strichlierten Linie

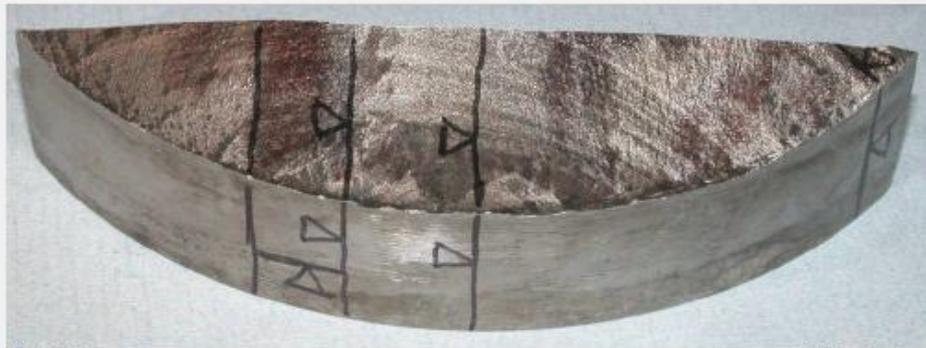
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
13 / 18



**Bild 25:** V = 2 : 1  
Positionierung der Schliffproben; Probe 2 im Bereich Bruchausgang, Probe 3 links oben mit einer Schliffebene parallel zu Probe 2 und Probe 4 Querschliff im Bild unten in der verriebenen Zone



**Bild 26:** V = 6 : 1  
Probenentnahme der Schliffe 7 und 8 (Probe 8 - Schrägschliff rechts im Bild), Bereich seitlich des Bruchausgangs, wo die eingearbeitete Entlastungsmulde noch am Rand des Bruches vorhanden ist

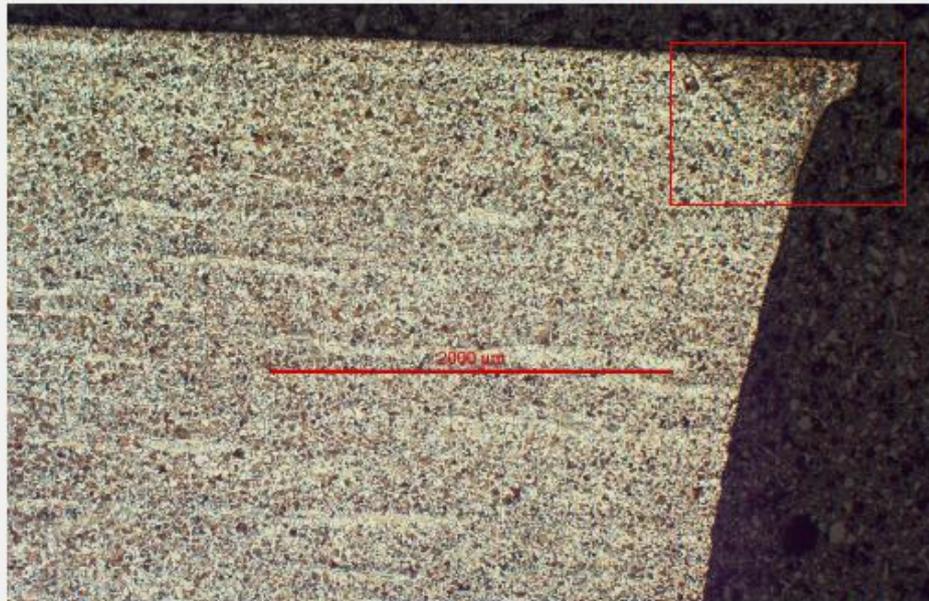
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



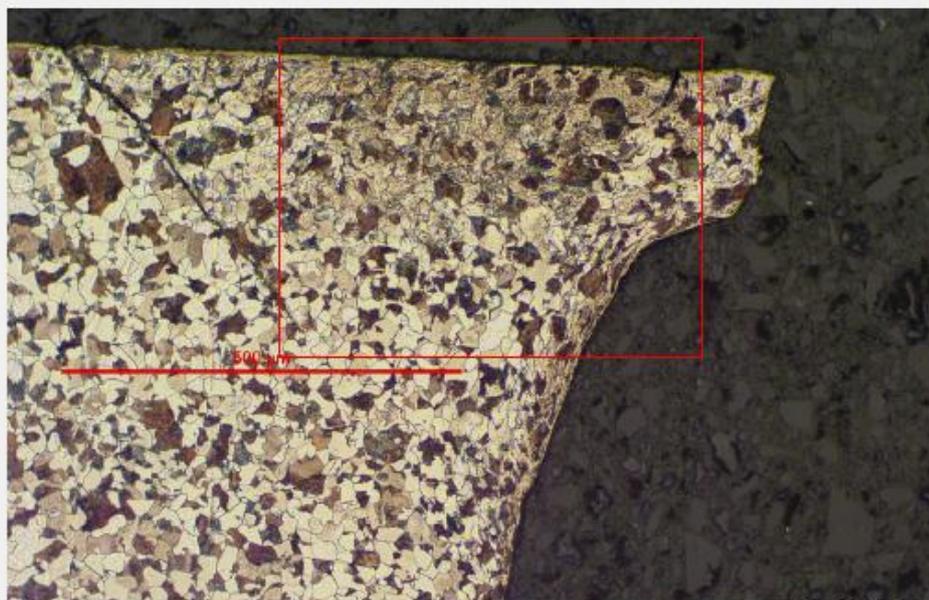
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
14 / 18



**Bild 27:** V = 34 : 1  
Probe 2; Schliff durch den Bruchausgang, rechts Bruchfläche, ferritisch-perlitisches  
Werkstoffgefüge



**Bild 28:** V = 130 : 1  
Probe 2; stark anätzendes Gefüge des Ferrits, plastische Deformation und Nebenrisse am  
Rand des Bruchausgangsbereiches

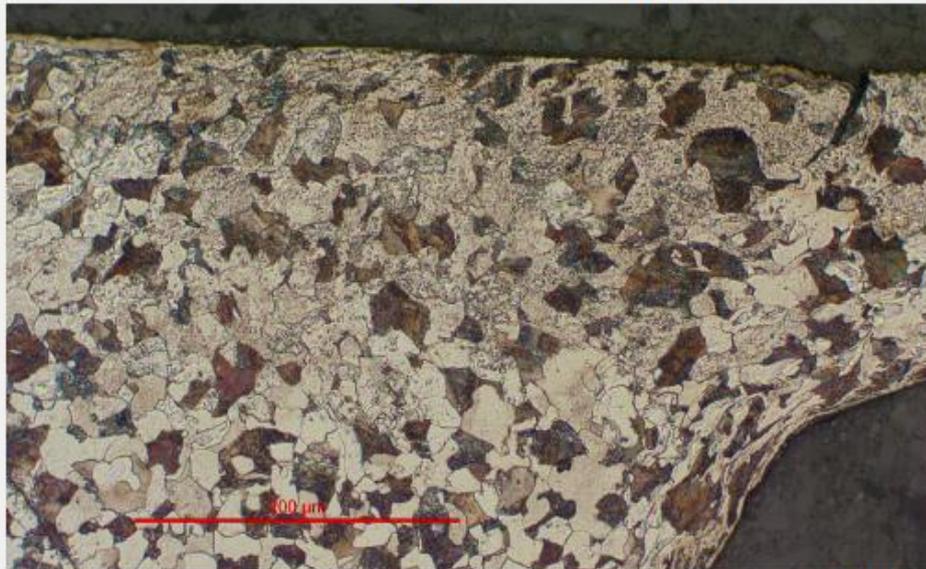
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



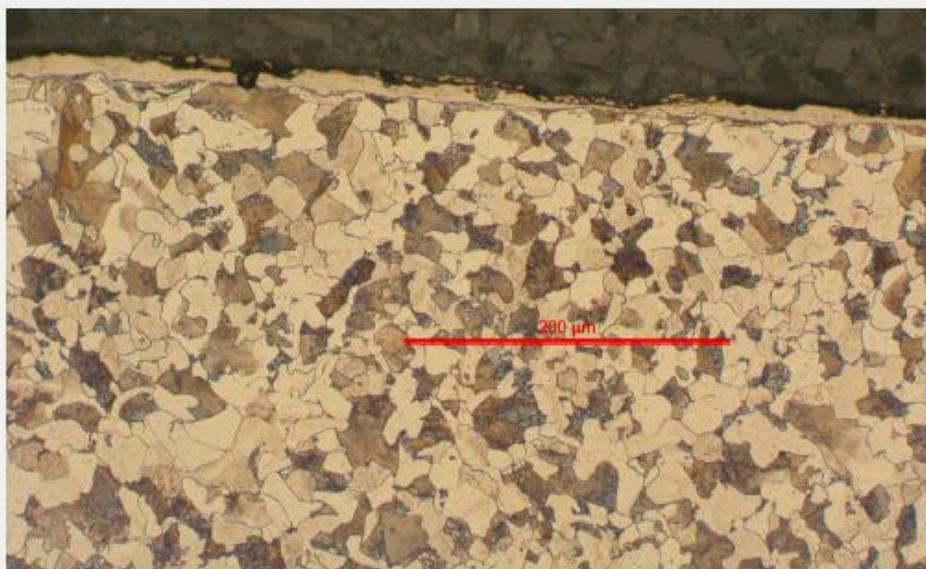
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
15 / 18



**Bild 29:** V = 260 : 1  
Probe 2, Bruchausgang; sehr starke Ausbildung von Substrukturen im Ferritgefüge unterhalb der Oberfläche; das an sich helle Ferritgefüge wirkt dadurch grau und grießartig



**Bild 30:** V = 260 : 1  
Probe 2; Oberflächenstruktur im Bereich der rau und matt erscheinenden Verschleißzone der Welle, etwa 15 mm vom Bruchausgang entfernt; an der Oberfläche hat sich eine strukturlose Schicht gebildet.

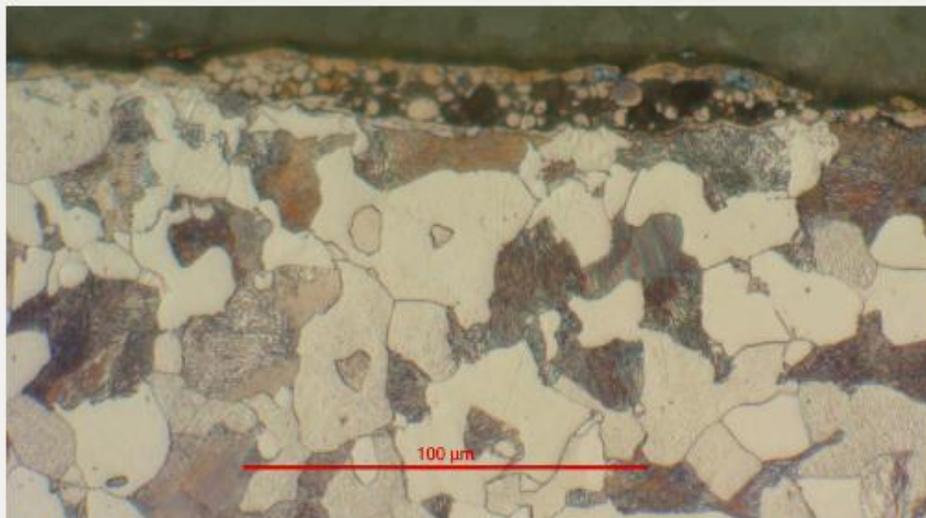
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



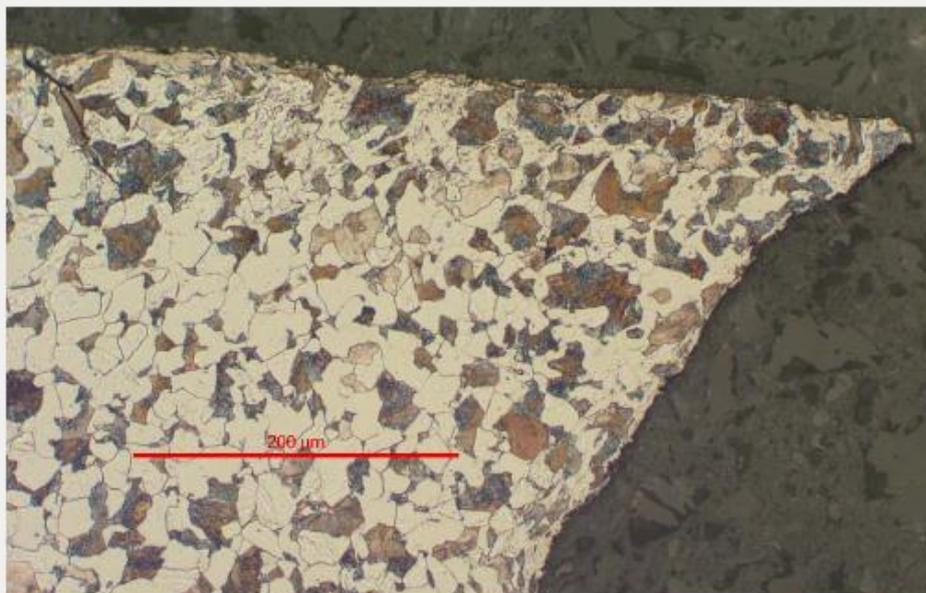
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
16 / 18



**Bild 31:** V = 670 : 1  
Probe 2; Oberflächenstruktur im Bereich der rau und matt erscheinenden Verschleißzone; an manchen Stellen ist ein Oberflächenbelag mit globularen Partikeln vorhanden



**Bild 32:** V = 260 : 1  
Probe 3, Schliff neben dem Bruchausgang im Bereich eines visuell erkennbaren Nebenrisses und einer verquetschten Oberfläche; sehr starke Ausbildung von Substrukturen im Ferritgefüge unterhalb der Oberfläche; links Nebenriss; an der

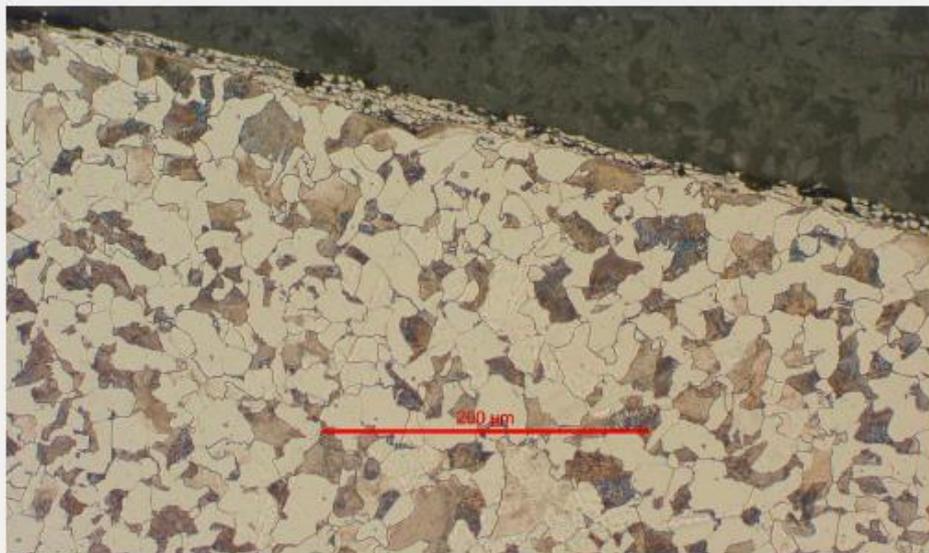
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



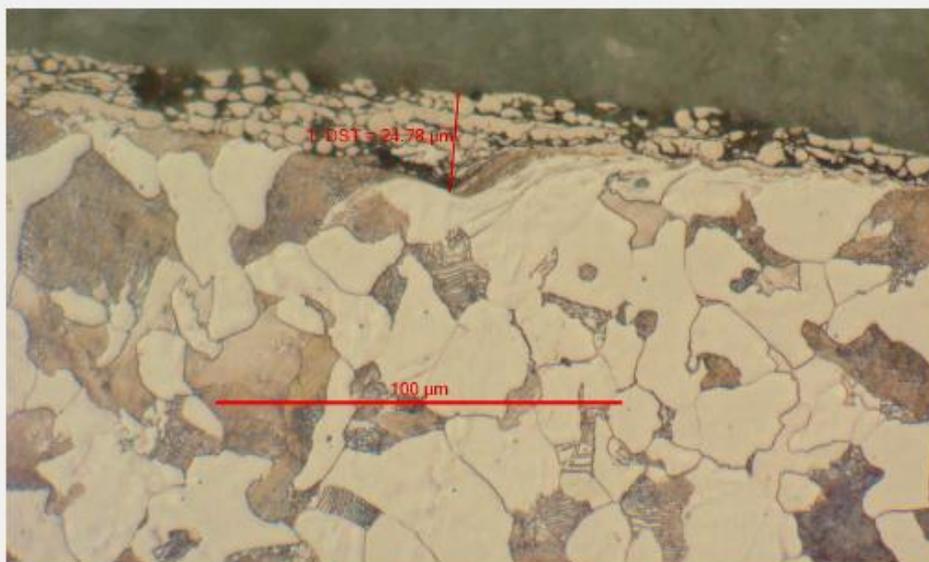
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
17 / 18



**Bild 33:** Probe 4, Querschliff im verriebenen Bereich der Oberfläche; an der Oberfläche ist eine einphasige Schicht mit globularen Partikeln aufgerieben V = 260 : 1  
unterhalb plastische Deformation im oberflächennahen Bereich



**Bild 34:** Probe 4, Querschliff, Detail der aufgeriebenen Schicht mit einer Dicke bis zu 25 µm; V = 670 : 1  
unterhalb plastische Deformation im oberflächennahen Bereich

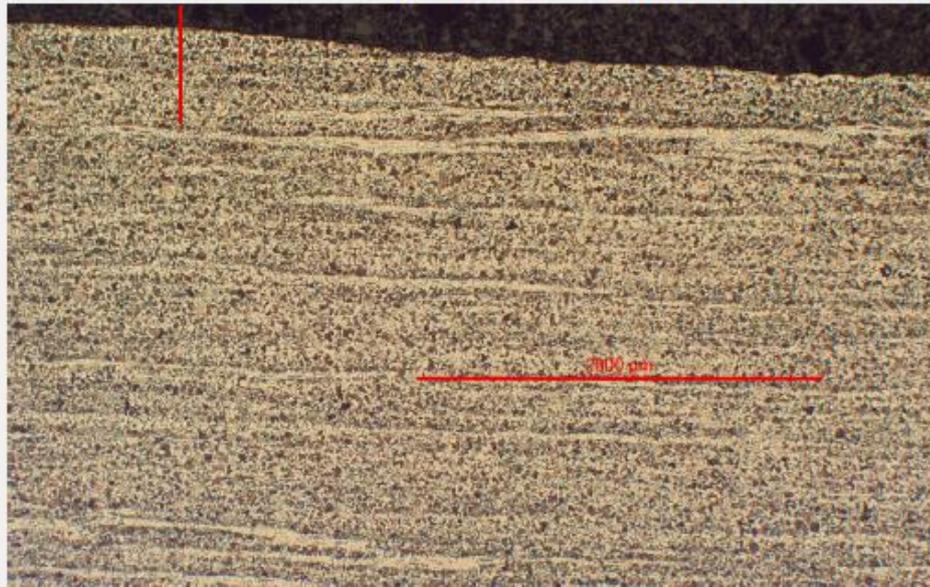
DIPL.-ING. WOLFGANG ALLERTSHAMMER



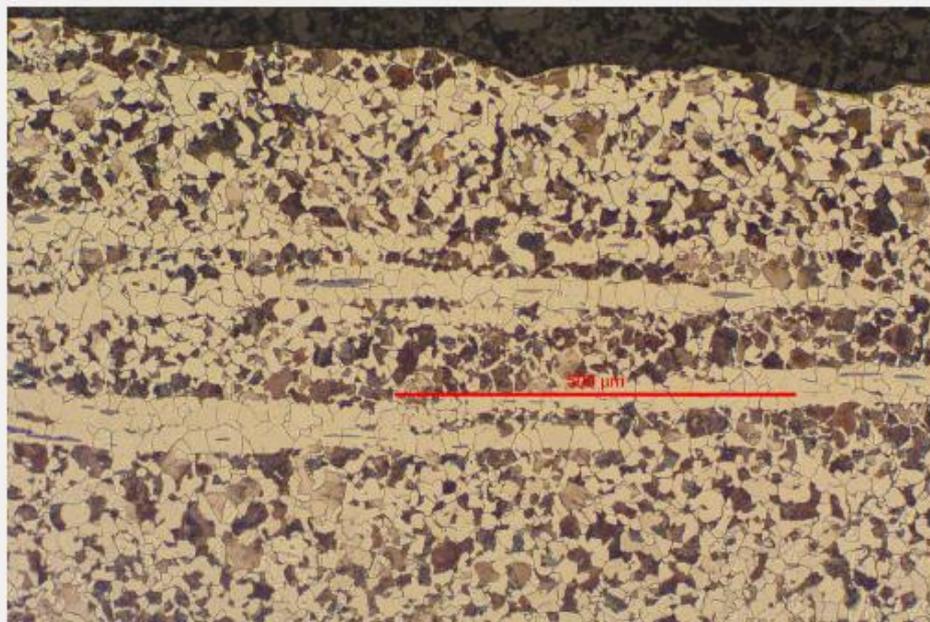
Mein Zeichen  
G 700/11-2

Datum  
20.05.2011

Beilage/von  
18 / 18



**Bild 35:** Probe 7, Längsschliff im Bereich der Entlastungsmulde; am linken Rand noch Lagersitzfläche bis etwa zur vertikalen Linie; rechts davon geschliffene Oberfläche der Entlastungsmulde V = 34 : 1



**Bild 36:** Probe 7; wellige Oberfläche durch die Schleifriefen der Entlastungsmulde, es ist keine plastische Verformung in Oberflächennähe erkennbar V = 130 : 1

## Beilage Technische Vorschrift – Ultraschallprüfung der Achsen von Radsätzen – Quelle VK

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA	
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE CZOPÓW OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH		

**Ewidencja Zmian**

Wydanie	Data korekty	Poprawione sekcje	Opis, Przyczyna zmiany

Zatwierdził:

.....

**ZASTRZEŻENIE / COPYRIGHT**

Dokument ten jest własnością Zakładu Produkcyjno-Naprawczego Taboru Maszyn i Urządzeń „TABOR” M. Dybowski Spółka Jawna. Informacje zawarte w dokumencie są tajne i nie mogą być udostępniane, wykorzystywane, przetwarzane lub koplowane jakiegokolwiek technika bez pisemnej zgody właściciela – Zakładu Produkcyjno-Naprawczego Taboru Maszyn i Urządzeń „TABOR”.

This documentation is property of Zakład Produkcyjno-Naprawczego Taboru Maszyn i Urządzeń „TABOR” M. Dybowski Spółka Jawna. The information in it is confidential and must not be reproduced nor transmitted totally or partially by mechanical, electronic, digital means or photocopies. The information contained in this documentation must not be lent, hired, transferred or used in any manner without previous written consent from the copyright holder. Zakład Produkcyjno-Naprawczego Taboru Maszyn i Urządzeń „TABOR” M. Dybowski Spółka Jawna. Non compliance with the limitations defined in this paragraph will be prosecuted in accordance with legal rights of the copyright holder.

---

Strona 1/17

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

#### A PRZEDMIOT STOSOWANIA INSTRUKCJI

Z uwagi na znaczenie osi w zestawach kołowych i prawdopodobieństwo wystąpienia pęknięć powierzchniowych, nieciągłości wewnętrznych materiału oraz rozwijanie się pęknięć mechanizmem zmęczeniowym, wskazana jest kontrola ultradźwiękowa ich stanu.

Kontrola ultradźwiękowa powinna być stosowana w miarę możliwości jak najczęściej, nie tylko w ramach napraw okresowych czy rewizyjnych ale także podczas przeglądów technicznych.

#### B CEL I ZAKRES STOSOWANIA INSTRUKCJI

Celem niniejszej Instrukcji jest przedstawienie wytycznych odnośnie badań kontrolnych na wykrycie wad zmęczeniowych mogących pojawić się podczas eksploatacji oraz ewentualnych wad materiałowych nie wykrytych przez producenta osi.

Instrukcja opisuje sposób prowadzenia i interpretację wyników badań ultradźwiękowych osi zestawów kołowych wagonów towarowych.

#### 1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

- (1) Instrukcja badań obowiązuje do badań ultradźwiękowych czopów i pełnych osi zestawów kołowych na wykrywanie pęknięć poprzecznych.  
Badania ultradźwiękowe osi zestawów kołowych powinny być przeprowadzane w stanie po wybudowaniu i demontażu. Wszystkie części zamontowane na osi zestawu kołowego utrudniają badania ultradźwiękowe pod względem dostępu do przyłożenia głowicy pomiarowej i oceny echa wskazań.
- (2) Pęknięcia powierzchniowe mogą zasadniczo występować we wszystkich odcinkach osi zestawu kołowego. Jako obszary szczególnie zagrożone występowaniem pęknięć uważane są powierzchnie osadzenia tarczy koła i czopy osi.
- (3) Obszarem badanym jest kompletna oś zestawu kołowego. Należy przy tym wprowadzać fale ultradźwiękowe raz w kierunku osiowym i raz w kierunku skośnym.
- (4) Badania ultradźwiękowe mogą być przeprowadzane zarówno manualnie, jak i na zautomatyzowanych stanowiskach badawczych. Stanowiska badawcze do badań ultradźwiękowych osi zestawów kołowych muszą być dopuszczone przez kompetentną jednostkę specjalistyczną.

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

## 2. APARATURA , WYPOSAŻENIE , KWALIFIKACJE PERSONELU PROWADZĄCEGO BADANIE

### 2.1. WYKAZ APARATURY

Do przeprowadzenia badań niezbędne są:

- defektoskop ultradźwiękowy ,
- głowice normalne na fale podłużne częstotliwości ( 2-4 ) MHz ,
- głowice skośne o kącie 45° na fale poprzeczne o częstotliwości ( 2-4 ) MHz ,
- wzorzec nr 1 ( W1 ) ,
- wzorzec porównawczy osi ,
- nakładki kątowe na głowice normalne o kącie: 10° , 12°

### 2.2. WYMAGANIA STAWIANE APARATURZE

#### *Układ defektoskop - głowica*

Układ powinien spełniać następujące wymagania:

- zapas wzmocnienia powinien wynosić co najmniej 50 dB przy poziomie echa ustalonego na wysokości 0,5H na wzorcu nr 1 ( W1 ) .

Ustalenie zapasu wzmocnienia przy sprawdzaniu parametrów układu defektoskop-głowica należy wyznaczyć przy spełnieniu następujących warunków:

- rozdzielczość powinna wynosić 100% w stali dla fal podłużnych ,
- strefa martwa nie powinna być większa niż 30 mm przy przyjętej czułości badania ,
- poziom szumów powinien być niższy co najmniej o 6 dB od echa wady wzorcowej przy ustaleniu czułości badania.

#### *Defektoskop*

Defektoskop winien spełniać następujące wymagania:

- częstotliwość pracy powinna obejmować pasmo częstotliwości ( 1-4 ) MHz ,
- regulacja wzmocnienia min. co 1 dB w zakresie ( 0 – 99 ) dB ,
- odchyłka liniowości podstawy czasu przy ustalonym zakresie obserwacji nie powinna przekraczać 2% ,
- dostępna regulacja opóźnienia startu podstawy czasu powinna umożliwiać przeprowadzanie korekcji punktu zerowego ,
- dynamika zobrazowania min. 25 dB ,
- zakres obserwacji powinien umożliwiać obserwację drogi fali na odległości ( 0-3 ) m ,
- jasność obrazu na ekranie powinna umożliwiać obserwację ech przy świetle dziennym.

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

### **Głowice**

Głowice powinny spełniać następujące wymagania:

- odchylenie kąta załamania fal nie powinno być większe niż  $1^\circ$  od nominalnego ,
- częstotliwość powinna mieścić się w zakresie  $\pm 10\%$  względem nominalnej ,
- wiązka fal nie powinna mieć odchylenia większego niż  $2^\circ$ .

### **Wzorce**

Do skalowania aparatury i weryfikacji ustawionych parametrów stosowane są wzorce:

- wzorzec nr 1 ( W1 ) ,
- wzorzec porównawczy osi.

Wzorzec nr 1 wykorzystywany jest do ustalenia parametrów badań , natomiast wzorzec porównawczy osi do porównania uzyskanych wyników badań w przypadkach budzących wątpliwości.

### **Kwalifikacje personelu**

Przeprowadzający badania powinien posiadać uprawnienia nadane przez Dyrektora Zakładu po stwierdzeniu , że ubiegający się o uprawnienia spełnia niżej wymienione warunki:

- ukończenie co najmniej 80-cio godzinnego szkolenia w zakresie defektoskopii ultradźwiękowej potwierdzone zdany egzaminem ,
- odbycie praktyki nie krótszej niż 3 miesiące w samodzielnym badaniu osi eksploatowanych ,
- znajomość instrukcji technologicznej badania

## **3. PRZYGOTOWANIE DO BADAŃ**

### **3.1. PRZYGOTOWANIE OSI**

Powierzchnie po których prowadzi się głowice powinny być oczyszczone z brudu , farby i rdzy. Powinny mieć wygląd metaliczny z naniesionym olejem , smarem lub innym płynem sprzęgającym stosowanym w badaniach.

Do sprzężenia głowicy z powierzchnią osi będącą w pozycji pionowej lub sufitowej zaleca się stosować smar lub specjalne kremy.

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

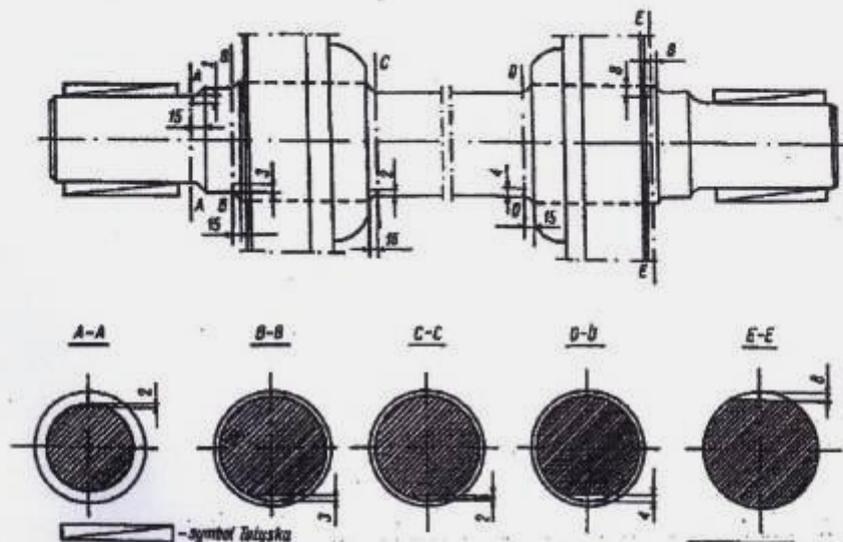
### 3.2. SKALOWANIE APARATURY

**Skalowanie na wzorcu kontrolnym** wg PN-M-70051 lub PN-M-70054 przeprowadza się przez ustalenie skali podstawy czasu dla fal podłużnych 1 i poprzecznych oraz przeprowadzenie korekcji punktu zerowego, uwzględniającej opóźnienie fali w osłonie głowicy.

Zakres obserwacji podstawy czasu należy nastawić dla głowicy normalnej ( bez nakładki ) na 1,0 m i 3,0 m oraz dla głowicy skośnej na 0,5 m.

Po badaniu każdorazowo 100 sztuk osi należy sprawdzić na wzorcu kontrolnym głowicę i aparat wg BN-75-3518-02/01 p. 2.2.1.

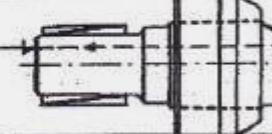
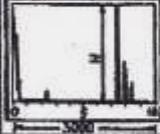
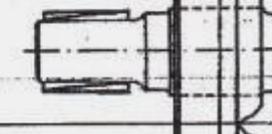
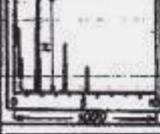
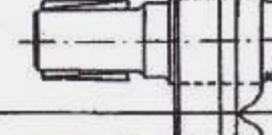
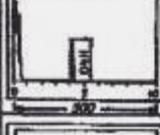
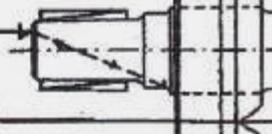
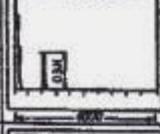
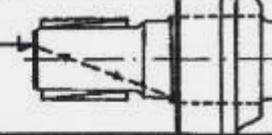
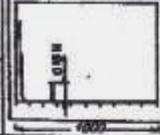
**Skalowanie na wzorcu porównawczym.** Skalowanie przeprowadza się na wzorcu wykonanym wg rysunku 1.  
Nacięcia na osi mogą być przesunięte względem siebie o kąt około 90°, a głębokość wykonania nacięć jak pokazano na przekroju.



Rys. 1. Wzorec porównawczy.

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

Miejsce przykładania głowicy i otrzymane oscylogramy podczas skalowania każdego układu defektoskop-głowica, na osi wzorcowej podano w poniższej tabeli.

Lp.	Powierzchnia czółowa osi	Miejsce przyłożenia głowicy	Oscylogram	Typ głowicy	Głębokość nacięcia mm
1				$0^\circ$	-
2	-			$0^\circ$	-
3	-			$745^\circ$	2
4				$126^\circ$	3
5				$123^\circ$	8

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

#### 4. BADANIA OSI

##### 4.1. BADANIA SZCZEGÓŁOWE

Badaniu szczegółowemu poddaje się oś zestawu wymontowanego z wózka , po zdjęciu z czopów osiowych łożysk ślizgowych lub ściągnięciu łożysk tocznych. Oś może być badana bez stłaczania kół lub po ich stłoczeniu.

Badania szczegółowe należy przeprowadzić głowicą normalną bez nakładki i głowicą skośną.

Badania tymi głowicami mają na celu wykrycie wewnętrznych nieciągłości . Obserwację ekranu przeprowadza się na długości podstawy czasu od punktu zerowego do echa wady lub innej powierzchni odbijającej na wzorcu porównawczym jak podczas skalowania układu: defektoskop – głowica.

W skład badań szczegółowych wchodzi następujące czynności:

1. **Badanie głowicą normalną bez nakładki z powierzchni czołowych czopów** należy prowadzić , ustawiając głowicę na dostępnej powierzchni czołowej w odległości od nakielka

$$L = r - a$$

gdzie:

r – promień czopa

a – suma wysokości kołnierza czopa i średnicy głowicy

zwracając przy tym uwagę , aby cała powierzchnia głowicy kontaktowała się z powierzchnią czołową osi.

Głowicę należy przesuwac po okręgu o stałym promieniu.

Podczas przesuwania głowicy należy obserwować ekran defektoskopu na długości podstawy czasu wg załącznika lp.1 i 2.

Jeżeli na zaobserwowanym odcinku podstawy czasu wystąpi echo o wysokości

$$h \geq 0,5H$$

gdzie:

H – wysokość ekranu

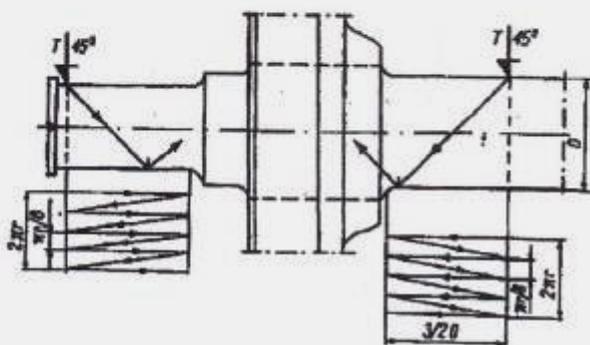
Należy ustalić miejsce odbicia fal ultradźwiękowych i przeprowadzić badanie:

- głowicą normalną bez nakładki z powierzchni bocznej osi wg BN-75/3518-02/01 ,
- głowicą skośną o kącie załamania 45° z powierzchni części środkowej osi wg BN-75/3518-02/01
- głowicą skośną o kącie załamania równym 45° z powierzchni bocznej czopa osi wg BN-75/3518-02/01 .

2. **Badanie głowicą normalną bez nakładki powierzchni bocznej osi** należy przeprowadzić wg BN-75/3518-02/01 p.2.5.1. Obserwacje ekranu należy przeprowadzić wg tablicy załącznika lp.3.

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

3. **Badanie głowicą skośną o kącie załamania równym  $45^\circ$  z powierzchni części środkowej osi należy przeprowadzić jak przy kontroli osi zestawów tocznych wg BN-75/3518-02/01 p.2.5.1.**  
Oznaczona strefa przesuwania głowicy powinna przylegać do podpięcia osi ( patrz rysunek 2. ).



Rys.2. Strefy przesuwania głowicy.

Podczas wykonywania tej czynności obserwację ekranu należy przeprowadzić wg załącznika lp.4.

4. **Badania głowicą skośną o kącie załamania równym  $45^\circ$  z powierzchni bocznej czopa osi należy przeprowadzić wg BN-75/3518-02/01 p.2.5.1.**

Oznaczona strefa przesuwania głowicy pokazana jest na rys.2.

Obserwację ekranu należy prowadzić według tablicy załącznika lp.5.

Obszary osi , w których wykrywane są pęknięcia przy różnych położeniach głowic , obejmujące powyższe czynności , podane są w załączniku w zestawieniu oscylogramów.

Wyróżnienie echa wady spośród ech pochodzących z odbicia fal od pierścieni łożysk i zaokrąglonych przejść z jednej średnicy osi do drugiej należy przeprowadzić opierając się na zestawieniu oscylogramów ( patrz załącznik ).

Przy przeprowadzeniu każdej czynności należy stosować taką samą czułość układu defektoskop-głowica , jaką ustalono w czasie skalowania na wzorcu porównawczym , przy tym samym układzie i tej samej powierzchni przyłożenia.

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

#### 4.2. BADANIA CZĘŚCIOWO UPROSZCZONE

Badania częściowo uproszczone przeprowadza się na zestawie kołowym wymontowanym z wózka bez ściągnięcia z czopów osiowych łożysk tocznych i stłaczania kół.

Badania częściowo uproszczone przeprowadza się głowicą normalną bez nakładki, głowicą normalną z dwiema nakładkami kątowymi oraz głowicą skośną.

Badania głowicą normalną przeprowadza się w celu wykrycia nieciągłości tak jak w badaniu szczegółowym.

Ponieważ zestaw kołowy jest wymontowany spod pojazdu dlatego ułatwione jest badanie głowicą normalną z nakładkami kątowymi z powierzchni czołowej czopa stosowane w badaniach uproszczonych.

Możliwe jest zastosowanie głowic skośnych prowadzonych po części środkowej osi, co zwiększa wykrywalność wad w strefach badanych.

Głowice skośne prowadzone są ruchem posuwisto zwrotnym po powierzchni bocznej części środkowej osi po całym obwodzie.  
Badania prowadzone są z pierwszego lub drugiego odbicia fali.

**Badania głowicą normalną z nakładką kątową** przeprowadza się w celu wykrycia następujących wad:

- pęknięć zmęczeniowych o głębokości co najmniej 2 mm występujących w czopie i przedpiaściu osi,
- pęknięć zmęczeniowych o głębokości co najmniej 8 mm występujących w podpiaściu od strony przedpiaścia,
- pęknięć zmęczeniowych o głębokości co najmniej 4 mm występujących w podpiaściu od strony części środkowej,
- nieciągłości materiałowych występujących w wyżej wymienionych obszarach osi.

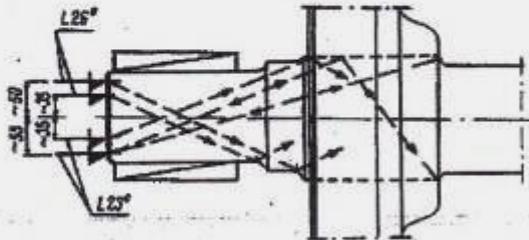
**Badania głowicą skośną** mają na celu wykrycie pęknięć zmęczeniowych jak w BN-75/3518-02/01 p.2.5.1 występujących w podpiaściu od strony części środkowej.

W skład badań częściowo uproszczonych wchodzi:

- Badania głowicą normalną bez nakładki z powierzchni czołowych czopów,
- Badania głowicą skośną o kącie załamania równym 45° z powierzchni części środkowej osi,
- Badania głowicą normalną z nakładką klinową 12°,
- Badania głowicą normalną z nakładką kątową 10°,

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

**Badanie głowicą normalną z nakładką klinową 12°** ( kąt załamania fal równy 26° ) z powierzchni czołowych czopów należy przeprowadzić przykładając głowicę do powierzchni czołowej czopa osi w odległości od nakiełka L około 50 mm jak pokazano na rys.3.



Rys.3. Położenie głowicy.

Oś wiązki ultradźwiękowej skierować na przeciwną tworzącą czopa osi. Następnie należy ją przesuwając o promieniu równym L i obracać tak , aby z każdego miejsca przyłożenia oś wiązki ultradźwiękowej padała na przeciwną tworzącą.

Z kolei przyłożyć głowicę do powierzchni czołowej czopa osi w odległości od nakiełka L około 35 mm jak pokazano na rys.3 i w tablicy załącznika lp.7 i badania przeprowadzić w sposób analogiczny.

Badania te należy przeprowadzić z obu powierzchni czołowych czopów osi.

Obserwację ekranu należy prowadzić według tablicy załącznika lp. 6 i 7.

**Badanie głowicą normalną z nakładką kątową 10°** ( kąt załamania fal równy 23° ) z powierzchni czołowych czopów należy przeprowadzić przykładając głowicę do powierzchni czołowej czopa osi w odległości od nakiełka L około 35 mm jak pokazano na rys.3. i w tablicy załącznika lp.8.

Oś wiązki ultradźwiękowej należy skierować na przeciwną tworzącą podpięcia. Następnie należy ją przesuwając i obracać tak jak przy badaniu głowicą normalną z nakładką klinową 12°.

Badania przeprowadza się z obu powierzchni czołowych czopów osi.

Obserwację ekranu należy prowadzić według tablicy załącznika lp.8.

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

#### 4.3. BADANIA UPROSZCZONE

##### Przygotowanie do badań uproszczonych

Pokrywę czołową łożysk należy odkręcić, a powierzchnię czołową osi przygotować wg BN-75/3518-02/00 p.2.4.2 bez wymontowania zestawu kołowego z wózka lub spod wagonu.

Badania uproszczone przeprowadza się głowicą normalną z nakładkami kątowymi.

Badania te mają na celu wykrycie pęknięć zmęczeniowych i wad materiałowych jak przy badaniach częściowo uproszczonych.

W skład badań uproszczonych wchodzi:

- badania głowicą normalną bez nakładki z powierzchni czołowych czopów,
- badania głowicą normalną z nakładką klinową  $12^\circ$ ,
- badania głowicą normalną z nakładką kątową  $10^\circ$ ,
- badania głowicą normalną z nakładką kątową  $10^\circ$  w odległości od nakietka L około 55 mm jak pokazano na rys.3 i w tablicy załącznika lp.9.

Badania przeprowadza się z obu powierzchni czołowych czopów osi. Głowice należy przykładać kolejno co najmniej w czterech punktach na powierzchni czołowej osi.

Obserwację ekranu należy przeprowadzić według tabeli załącznika lp.9 na całej długości podstawy czasu od impulsu nadawczego do echa dna.

Jeżeli między impulsem nadawczym a echem dna wystąpi impuls o wysokości powyżej  $0,5H$ , sugeruje to występowanie wady materiałowej.

Dla potwierdzenia występowania wady należy tym samym układem defektoskop-głowica normalna przeprowadzić badania, lecz z powierzchni bocznej osi.

Głowicę przesuwają się po powierzchni bocznej wzdłuż tworzącej po całym obwodzie. Szerokość pasa przesuwu (długość tworzącej po której przesuwają się głowice) powinna obejmować strefę zalegania wady.

W przypadku występowania wady, echo od niej pojawi się pomiędzy impulsem nadawczym a echem dna.

Należy ustalić długość wady wzdłuż osi i miejsce zalegania na przekroju.

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

## 5. WYNIKI BADAŃ

Osie zestawów kołowych z zarysowanymi czopami osi należy wyeliminować. Jeśli nie wykryto echa kształtu od krawędzi wewnętrznych pierścieni łożyskowych, należy je ściągnąć.

W przypadku wykrycia wad podczas badania osi, należy wykonać pomiary wg BN-75/3518-02/00 p.2.5.8.

Położenie i głębokość pęknięć zmęczeniowych (poprzecznych) należy określić w oparciu o BN-75/3518-02/00 p.2.5.9.

Położenie i wielkości nieciągłości podłużnych należy przeprowadzić w oparciu o BN-75/3518-02/01 p.2.5.5.1.

## 6. OCENA WYNIKÓW BADAŃ

Orzeczenie o dalszym przeznaczeniu zbadanej osi wydaje przeprowadzający badania posiadający uprawnienia z zakresu badań ultradźwiękowych.

Podstawą wydania orzeczenia są wyniki badań przeprowadzone w sposób opisany w niniejszej Instrukcji.

Ocenę wyników badań należy przeprowadzić przez porównanie obrazu lampy oscyloskopowej otrzymanego w czasie badań z zestawieniem oscylogramów podanym w załączniku.

Określając wykrytą wadę należy podać jej położenie i głębokość jak w BN-75/3518-02/01 p. 2.6.

## 7. ZAPISY Z BADAŃ

Wyniki badań ultradźwiękowych należy zapisywać dla każdej osi poddawanej kontroli w dzienniku badań i karcie badania.

W dzienniku badań należy wpisać wszystkie zbadane części i wyniki badań.

Dziennik powinien zawierać dane: datę, nazwę i nr pojazdu, nazwę części, zakres badań, typy głowic i użytego aparatu do badań, wartości nastawionych parametrów przy kontroli poszczególnymi głowicami, decyzję zakwalifikowania części, podpis przeprowadzającego badania, podpis sprawdzającego.

W arkuszu pomiarowym należy wpisać: wyniki badań strefy osi z wykrytymi wadami.

Arkusze pomiarowe powinny zawierać dane podawane w dzienniku oraz dodatkowo: datę, miejsce i zakres kontroli, jednostkę przeprowadzającą badania, obszar

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

wykrycia wady , rodzaj wady , orientacyjną wielkość , wysokość otrzymanego echa wady.

Należy również zamieścić szkic badanej części , na którym należy podać jej wymiary , miejsce przyłożenia głowicy , miejsce wady , odległość od miejsca przyłożenia głowicy do wady oraz oscylogram z echem wady.

#### 8. UWAGI DO BADAŃ ULTRADŹWIĘKOWYCH

Wybór metody badania ultradźwiękowego osi wagonowych jest zależny od rodzaju przeprowadzanej naprawy oraz dostępności powierzchni osi do badań.

Wykonując badania uproszczone osi , stosujemy głowice normalne z nakładkami kątowymi z powierzchni czołowej czopa. Jest to badanie dosyć trudne z uwagi na odbicia krawędzi osi i głębokich otworów w czopach oraz właściwą interpretację oscylogramów.

Wykonując badania częściowo uproszczone osi , oprócz badania głowicą normalną z nakładkami możemy dodatkowo przeprowadzić badanie z powierzchni bocznej części środkowej osi głowicą na fale poprzeczne o kącie 45°.

Metoda ta pozwala na ujawnienie płytkich nieciągłości z pojedynczego jak również podwójnego odbicia fali. Na symetrycznych wzorcach osi lub strefach wady sztuczne wykonano o różnej głębokości dostosowując do wyboru metody badań ultradźwiękowych.

Badania szczegółowe osi wykonane jest tylko głowicą kątową 45° na fale poprzeczne z powierzchni bocznej osi.

Ujawniane są wady położone zarówno w strefie środkowej osi jak i strefie powierzchniowej.

Stosuje się badanie z pojedynczego oraz podwójnego odbicia. Jest to najbardziej dokładna metoda badań ultradźwiękowych.

#### C DOKUMENTY ZWIĄZANE

VPI 04 – Utrzymanie wagonów towarowych. Zestawy kołowe.

BN-77-3518-02 – Badania ultradźwiękowe osi zestawów kołowych w wagonach eksploatowanych.

PN-M-70050 – Badania nieniszczące. Metody ultradźwiękowe. Nazwy i określenia.

PN-M-70051 – Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W1.

PN-M-70054 – Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W2.

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

**D ZAŁĄCZNIKI**

Załącznik nr 1 – Zestawienie oscylogramów

Protokół badania ultradźwiękowego osi zestawu kołowego

KONIEC

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

Załącznik Nr 1. ZESTAWIENIE OSCYLOGRAMÓW

Lp.	Miejsce przyłożenia głowicy	Typ głowicy	Echo szlifów po-przecznego wykry-tego w obszarze (?)	Orientacyjna głębokość szlifów w mm	Echo wady materiału	Echo powierzchni ograniczającej (brak wady)
1	3	3	4	5	6	7
1		Lo°	—	—		
2		Lo°	—	—		
3		Lo°	—	—		
4		T45°		2		
5		T45°		1		
				1		
				1		
6		L30°		2		

	IT-04-14	INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE OSI ZESTAWÓW KOŁOWYCH	

od. tablicy

Lp.	Miejsce przyłożenia głowicy	Typ głowicy	Echo pęknięcia poprzecznego wykrytego w obszarze	Orientacyjna głębokość pęknięcia mm	Echo wady materiału	Echo powierzchni ograniczającej (brak wady)
1	2	3	4	5	6	7
7		L35°		1		
8		L23°		2		
9		L23°		4		

1) Odczyty wykrywanych pęknięć: 1 - w czopie, 2 - w przedpięciu, 3 - w podpięciu od strony czopa, 4 - w podpięciu od strony części środkowej.



## Beilage fristgerecht eingelangte Stellungnahmen

Litera Stellungnahme des RU eingelangt am 23. September 2011:

a) **Zu Punkt 12.6 Sicherheitsempfehlungen (nicht unfallkausal):**

Die Zeitspanne wurde nicht durch das EVU vorgegeben, sondern der Wert unter 6.6 entspricht der tatsächlich Zeit, die für die Eingangsuntersuchung des Zuges benötigt wurde. Nach Rücksprache mit ÖBB Produktion GmbH Wagendienst gibt es für die Wagentechnische Untersuchung keine Zeitvorgaben.

Stellungnahme des VK eingelangt am 7. Oktober 2011:

b) Im Zusammenhang mit dem gesandten Entwurf des Untersuchungsberichtes informieren wir Sie freundlich, dass wir das ganze Material eingehend analysiert haben.

Der Bericht beschreibt weitläufig die Umstände des Radsatzwellenbruches bei Kesselwagen Nr. 33 517867237-4 bei Z 45043 ( Zuglauf Bf Breclav Pred-Wien Zvbf) und Entgleisung dieses Kesselwagens beim Abrollen in den Bahnhof Wien Zentralverschiebbahnhof.

c) Standhaft stellen wir fest, dass unrichtige wagentechnische Untersuchung nach dem Ankunft in Bahnhof Wien und danach das Richten des Zuges in Wien Zentralverschiebbahnhof die Ursache der Entgleisung des Wagens Nr. 33517867237-4 auf der Weiche Nummer 201 war.

Während dieser Kontrolle weniger wesentliche Fehler, wie beschädigte Niederbindungen, entdeckt wurden und der Mangel des fehlenden Achslagers nicht bemerkt wurde.

Laut unserer Meinung, die Dienste, die für wagentechnische Untersuchung verantwortlich sind, nicht die notwendige Sorgfalt ausgewiesen haben und unsere Firma auf Verluste, die mit Reparatur des beschädigten Wagens als auch mit dem Transport mit Verwendung des Hilfszuges verbunden sind, ausgesetzt haben.

d) Zusätzlich stellen wir fest, dass wir bisher keine Erklärung der Ursache der Beschädigung des Drehungsbalkens im entgleisten Drehgestell bekommen haben.

e) Mit Berücksichtigung des obengenanntes kann „Siarkopol für die Sachschäden an Infrastruktur ( Gleis, Weiche 201, Bremseinrichtungen) nicht verantwortlich sein.

Wir verbleiben

## und deren Berücksichtigung

Litera	Anmerkung
a)	Die Form der Umsetzung dieser Sicherheitsempfehlung obliegt den Eisenbahnbehörden.
b)	-
c)	berücksichtigt – Punkt 7.4 neu und Punkt 9. Ursache ergänzt.
d)	berücksichtigt – siehe Punkt 6.11.1
e)	Die Untersuchungen haben 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 Untersuchungen zielen nicht darauf ab, Schuld- oder Haftungsfragen zu klären.

Litera Stellungnahme des BMVIT eingelangt am 10. Oktober 2011:

**Abteilung IV/SCH5:**

**Fachbereich Betrieb:**

- f) 1. Der vorläufige Untersuchungsbericht wird zur Kenntnis genommen.
- g) 2. Im vorläufigen Untersuchungsbericht wäre im Kapitel „Empfänger“ bei der „NSA für Pole“ an geeigneter Stelle die bei den Sicherheitsempfehlungen angeführte Abkürzung „PL“ aufzunehmen.
- h) 3. Im vorläufigen Untersuchungsbericht gemäß Punkt 1. Und 6.11.1 ist bei der Wagennummer des Schadwagens die Kennzeichnung  angeführt. Im Punkt 3. (Seite 13, 16 und 17) fehlt jeweils diese Kennzeichnung. Diesfalls wäre diese Kennzeichnung jeweils aufzunehmen oder im Punkt 1. und 6.11.1 zu entfernen.

**Abteilung IV/SCH4:**

**Fachbereich Maschinentechnik:**

- i) Der ggst. vorläufige Untersuchungsbericht der UUB vom 2011-08-31 wird aus fahrzeugtechnischer Sicht zur Kenntnis genommen. Angesichts des enormen Gefährdungspotenzials des hier involvierten Gefahrguts ist eine derart profunde Recherche jedenfalls angebracht. Auch die Sicherheitsempfehlungen werden zustimmend zur Kenntnis genommen. Lediglich zu 12.1 wird einerseits eine Präzisierung des Ausdrucks „derartige“ (Risse) angeregt, z.B. durch eine Referenz auf real (mit den in Frage kommenden Methoden) detektierbaren Risslängen und andererseits eine Erweiterung hinsichtlich der – international zunehmend etablierten – vollständigen UT-Prüfung durch eine mechanisierte Prüfmaschine.

**Abteilung IV/SCH2:**

**Fachbereich Maschinentechnik:**

- j) Der ggst. vorläufige Untersuchungsbericht wird zur Kenntnis genommen.

Litera	Anmerkung
f)	-
g)	-
h)	berücksichtigt – <input type="checkbox"/> gestrichen
i)	<p>Im Zuge der Task Force Maintenance of Freight Wagons (ECCM) wurde die manuelle UT als zulässig erkannt (Anwendung anerkannter europäischer Instandhaltungsregelwerke).</p> <p>Für Güterwagen und Reisezugwagen österreichischer VK wurde mit der Behördlichen Verfügung GZ. BMVIT-250.000/0001-IV/SCH4/2007 vom 23. Mai 2007 die händische UT allein als nicht mehr ausreichend erkannt. Als Stand der Technik wurde u.a. die mechanische UT verfügt (Bestimmungen des DB 663 (A) bzw. DB 907.0202 (D)).</p>
j)	-