

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

PRÜFAMT FÜR VERKEHRSWEGEBAU
Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein



Bericht Nr. 4875 vom 20. September 2024
Report No. 4875 of 20 September 2024

FORSCHUNGSBERICHT
RESEARCH REPORT

**Zulassungsprüfungen an der Isolierfuge „ABJ“
auf Basis von EN 16843:2024**

**Approval tests of insulation joint „ABJ“
on basis of EN 16843:2024**

(OVERAIL s.r.l., 00138 Rome, Italy)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Prüfamt für Verkehrswegebau

München, 20. September 2024
simon/overail_2024-115

Forschungsbericht 4875

**Zulassungsprüfungen an der Isolierfuge „ABJ“
auf Basis von EN 16843:2024**

(OVERAIL s.r.l., 00138 Rom, Italien)

Research Report 4875

***Approval tests of insulation joint „ABJ“
on basis of EN 16843:2024***

(OVERAIL s.r.l., 00138 Rome, Italy)

Dieses Dokument enthält vertrauliche Informationen. Eine Vervielfältigung oder Weitergabe dieses Dokuments an Dritte ist nur mit schriftlicher Zustimmung des oben aufgeführten Auftraggebers gestattet.

This document contains confidential information. Any reproduction or distribution of this document to third parties is only permitted with written consent of the client listed above.

Dies ist ein zweisprachiger Bericht. Im Zweifel hat die deutsche Fassung Gültigkeit.

This is a bilingual report. In doubt, the German version is valid.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Allgemeines.....	4
2.	Versuchsmaterial	4
3.	Prüfverfahren und Anforderungen.....	5
3.1	Mechanische Festigkeitsprüfung in Längsrichtung (Zugversuch)	5
3.2	Biegewiederholprüfung	6
3.3	Elektrische Isolationsprüfung	7
4.	Versuchsdurchführung und Ergebnisse	8
4.1	Mechanische Festigkeitsprüfung in Längsrichtung (Zugversuch)	8
4.2	Biegewiederholprüfung	9
4.3	Elektrische Isolationsprüfung	10
5.	Zusammenfassung.....	12
	Anlagenverzeichnis	24

TABLE OF CONTENTS

1.	<i>General</i>	<i>14</i>
2.	<i>Test specimen.....</i>	<i>14</i>
3.	<i>Test procedures and requirements</i>	<i>15</i>
3.1	<i>Tensile strength test (pull-apart test).....</i>	<i>15</i>
3.2	<i>Bending fatigue test (dynamic bending test)</i>	<i>16</i>
3.3	<i>Electrical insulation test.....</i>	<i>17</i>
4.	<i>Test execution and results</i>	<i>17</i>
4.1	<i>Tensile strength test in longitudinal rail direction (pull-apart test)</i>	<i>17</i>
4.2	<i>Bending fatigue test (dynamic bending test)</i>	<i>18</i>
4.3	<i>Electrical insulation test.....</i>	<i>19</i>
5.	<i>Summary.....</i>	<i>21</i>
	<i>Table of appendices</i>	<i>24</i>

1. Allgemeines

Im Auftrag von OVERAIL s.r.l., 00138 Rom, PI 14348631004, Italien, wurden Untersuchungen auf Basis von EN 16843:2024 (Mechanische Anforderungen an Fahrschienenstöße) an der Isolierfuge „ABJ“ durchgeführt. Es wurde die Dauerfestigkeit unter Biegezugbelastung und das Verhalten unter Längskrafteinleitung geprüft. Diese mechanischen Untersuchungen wurden von Messungen des Isolationswiderstandes gemäß Vorgabe der Norm begleitet. Um mit der Untersuchung neben der EN 16843 weitere Prüfnormen mit abweichenden Vorgaben zu bedienen, wurden an den vorliegenden Proben auch mechanische Prüfungen durchgeführt, welche nicht Bestandteil der EN 16843 sind. Diese weiteren Prüfungen werden im vorliegenden Bericht lediglich erwähnt, wenn sie zeitlich vor den Prüfungen gemäß EN 16843 stattgefunden haben.

Die Durchführung der Versuche erfolgte am Prüfamt für Verkehrswegebau der TU München, Franz-Langer-Straße 10, 81245 München. Das Prüfamt für Verkehrswegebau ist eine Organisationseinheit der TU München, Arcisstraße 21, 80333 München.

2. Versuchsmaterial

Für die Untersuchungen wurden dem Prüfamt am 5. August 2024 zur Verfügung gestellt:

- 3 Proben der Isolierfuge ABJ, mit $L = 2170 \text{ mm}$

Die drei Proben sind handschriftlich mit „ABJ-007“, „ABJ-008“ und „ABJ-009“ gekennzeichnet.

Die Konstruktion der eigentlichen Isolierfuge ABJ hat eine Länge von $L_{\text{Fuge}} = 650 \text{ mm}$. Auf dieser Länge sind die miteinander verbundenen Schienenprofile mit einer Fußlasche unterbaut. Die Länge der Überlappung der miteinander verbundenen Schienenprofile beträgt 540 mm. Mit einer Verziehung des Schienenfußes (Zunahme der Steghöhe) geht das „ABJ-Profil“ in das Vignol-Schienenprofil 60E2 über. Inklusive Verziehung hat die Isolierfuge ABJ zwischen den 60E2-Profilen eine Länge von 1000 mm. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen eine der gelieferten Proben. Anlage 1 zeigt eine zur Verfügung gestellte technische Zeichnung der Isolierfuge „ABJ“.



Abbildung 1: Ansicht der Isolierstoß-Konstruktion „ABJ“



Abbildung 2: Gegenseitige Ansicht der Isolierstoß-Konstruktion „ABJ“

Die im Folgenden aufgeführten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das dem Prüfamt zur Verfügung gestellte und für die Untersuchungen verwendete Versuchsmaterial. Dem Hersteller/Auftraggeber obliegt es, die Übereinstimmung des Versuchsmaterials mit der Serienfertigung sicherzustellen.

3. Prüfverfahren und Anforderungen

In Kapitel 3 werden die für die durchgeführten Zulassungsprüfungen relevanten Teile der EN 16843 kurz beschrieben.

3.1 Mechanische Festigkeitsprüfung in Längsrichtung (Zugversuch)

Kapitel 7.2.1 der EN 16843 beschreibt den Zugversuch zur Prüfung der Lastabtragung in Längsrichtung, der in zwei Stufen durchzuführen ist. Die geforderte Geschwindigkeit der Belastung beträgt $v = 20 \text{ kN/s}$. Vor der Belastung ist der elektrische Isolationswiderstand der Isolierfuge zu bestimmen (siehe Kapitel 3.3 dieses Berichts).

In Stufe 1 ist die Zugkraft bis $F_{t,min}$ (geforderte Mindestzugfestigkeit gemäß 5.2.2.1) zu steigern und anschließend sofort wieder zu entlasten. Die geforderte Mindestzugfestigkeit berechnet sich gemäß Kapitel 5.2.2.1 der EN 16843 in Abhängigkeit der gewählten Temperaturänderung ΔT_1 und dem gewählten Sicherheitsbeiwert γ_S . Anhang F der EN 16843 nennt für $\Delta T_1 = 50\text{ K}$ und $\gamma_S = 1,5$ für das Schienenprofil 60E1 eine Mindestzugfestigkeit von $F_{t,min} = 1450\text{ kN}$. Nach der Belastung in Stufe 1 ist die Probe visuell auf Schäden (Verformungen oder Risse an Komponenten, Rissbildung oder Ablösung von Haftmitteln) zu untersuchen und diese zu dokumentieren. Nach Durchführung der Belastung in Stufe 1 die Bestimmung des Isolationswiderstandes zu wiederholen.

In Stufe 2 ist die Belastung bis zum 1,2-fachen Wert von $F_{t,min}$ ($= 1740\text{ kN}$) zu steigern. Die maximal erreichte Belastung ohne Schadensereignis wird mit dem Wert $F_{s,min}$ bezeichnet. Gemäß Vorgabe des Auftraggebers wurde die Probe in Stufe 2 bis zu einer Maximallast von 2000 kN geprüft, entsprechend dem 1,38-fachen Wert von $F_{t,min}$.

3.2 Biegewiederholprüfung

Kapitel 7.2.2 der EN 16843 beschreibt die Biegewiederholprüfung mit vertikaler Belastungsrichtung als symmetrische 4-Punkt-Biegeschwellbelastung über 3 Millionen Lastspiele.

Die Prüf-Unterlast beträgt $F_u = 5\text{ kN}$. Die Prüf-Oberlast ergibt sich in Abhängigkeit der Geometrie im Prüfaufbau und dem geforderten Biegemoment. Bei Ansatz einer maximalen Schienendurchbiegung von $w_{max} = 1,5\text{ mm}$ (empfohlener Wert gemäß Anhang G der EN 16843) und einer Nenn-Radlast von 125 kN ergibt sich für einen Isolierstoß des Schienenprofils 60E1 für die Situation eines „gestützten Schienenstoßes“ (Sicherheitsbeiwert $\gamma_C = 1,0$) ein Biegemoment von $M_r = 26,5\text{ kNm}$. (Hinweis: Der Isolierstoß „ABJ“ ist planmäßig ein gestützter Isolierstoß. In der Mitte der Konstruktion hat die Fußlasche Aussparungen für die Montage von Spannklemmen zur Fixierung der Isolierfuge auf einer Gleisschwelle.)

Nach Vorgabe des Auftraggebers erfolgt die Biegewiederholprüfung mit Prüflasten für einen gestützten Isolierstoß (Biegemoment: $26,5\text{ kNm}$). Mit einem gewählten Auflagerabstand im Prüfaufbau von 1100 mm und einem Abstand zwischen den Lasteinleitungsrollen von 150 mm beträgt die zum geforderten Biegemoment korrespondierende Prüf-Oberlast $F_o = 111,6\text{ kN}$.

Vor und nach der Biegewiederholprüfung ist der elektrische Isolationswiderstand der Isolierfuge zu ermitteln. Nach der Belastungsprüfung ist der Isolierstoß augenscheinlich auf Schäden zu untersuchen. Als Schäden werden hierbei Verformungen von Komponenten, Risse oder Ablösung von Haftmitteln eingeordnet.

3.3 Elektrische Isolationsprüfung

Die Hauptfunktion eines Isolierstoßes ist die elektrische Isolation der miteinander verbundenen Schienenprofile. Entsprechend fordert die EN 16843, den elektrischen Isolationswiderstand an den neuen Proben sowie im Anschluss an die mechanischen Prüfungen an den belasteten Proben zu ermitteln.

Kapitel 7.3 der EN 16843 beschreibt die Prüfung der elektrischen Isolierung. Hierbei muss eine Gleichspannung von 500 V DC für die Dauer von 60 Sekunden an die Probe angelegt und der Isolationswiderstand ermittelt werden. Diese Prüfung ist jeweils dreimal zwischen den verbundenen Schienenprofilen, sowie zwischen den Schienen und der Fußlasche durchzuführen. Bei der betrachteten Konstruktion „ABJ“ ergeben sich nach dieser Vorgabe folgende Bauteilkombinationen, zwischen welchen je drei Messungen durchzuführen sind:

- Schiene A – Schiene B
- Schiene A – Fußlasche
- Schiene B – Fußlasche

Die hierbei ermittelten, geringsten Widerstandswerte sind zu dokumentieren.

Anhang H (informativ) der EN 16843 nennt Anforderungswerte an den Isolationswiderstand. Demnach muss bei neuen (unbelasteten) Proben der Isolationswiderstand (trockene Probe) mindestens 10 M Ω betragen. Nach der Biegewiederholprüfung sowie nach der 1. Stufe der Zugprüfung ist ein Isolationswiderstand von mindestens 150 k Ω gefordert.

4. Versuchsdurchführung und Ergebnisse

4.1 Mechanische Festigkeitsprüfung in Längsrichtung (Zugversuch)

Der Zugversuch (gemäß Beschreibung in Abschnitt 3.1) wurde an der Probe „ABJ-007“ durchgeführt. (Um mit der Untersuchung an dieser Probe weitere Prüfnormen zu bedienen, wurde vor dem Zugversuch gemäß EN 16843 die Zugprüfung gemäß der italienischen Spezifikation RFI TCAR SF AR 07 008 A durchgeführt. Hierbei wurde mit $v = 30 \text{ kN/min}$ auf 1000 kN und anschließend auf 1500 kN belastet.)

Abbildung 3 zeigt den Prüfaufbau des Zugversuchs. Über zwei Hydraulikzylinder wird in die Isolierstoßprobe die Zugkraft in Schienenlängsrichtung eingeleitet. Die resultierende Relativbewegung zwischen den verbundenen Schienenprofilen wird am Schienenkopf gemessen.



Abbildung 3: Probe ABJ-007 im Prüfaufbau zum Nachweis der Längskraftabtragung

Die Messwertaufzeichnungen des Zugversuchs gemäß EN 16843 sind in den Anlagen 2.1 und 2.2 (Belastung in Stufe 1 auf 1450 kN) und in den Anlage 2.3 und 2.4 (Belastung in Stufe 2 auf 2000 kN) abgebildet. Demnach verursachte die Belastung auf 1450 kN eine bleibende Relativbewegung nach Entlastung zwischen den verbundenen Schienenprofilen von 0,03 mm. Die bleibende Bewegung nach Belastung auf 2000 kN betrug 0,09 mm.

Nach der Prüfung konnten keine Risse in der Verklebung oder sonstige Verbundlösungen festgestellt werden. Somit wurde die Anforderung an die Abtragung von Längs-Zugkräften eingehalten. Die Belastbarkeit ohne Schadensereignis beträgt $F_{s,min} \geq 2000 \text{ kN}$.

4.2 Biegewiederholprüfung

Die Dauerfestigkeitsprüfung unter 4-Punkt-Biegebeanspruchung (gemäß Beschreibung in Abschnitt 3.2) wurde mit einer Belastungsfrequenz von $f = 4,5 \text{ Hz}$ an Probe „ABJ-009“ durchgeführt.

Nach Vorgabe des Auftraggebers wurde die Probe in der Prüfung mit einem Biegemoment von $26,5 \text{ kNm}$ (Anforderung für gestützte Isolierfugen) über 3 Millionen Lastspiele geprüft. Während der Prüfung wurde die hervorgerufene Durchbiegung wiederholt aufgezeichnet.

Abbildung 4 zeigt die Probe „ABJ-009“ im Prüfaufbau.



Abbildung 4: Probe ABJ-009 im Prüfaufbau der Biegewiederholprüfung

Die Isolierstoß-Konstruktion zeigte unter der zyklischen Biegebeanspruchung ein lineares Verformungsverhalten (siehe Anlage 3.1). Die vertikale Schwingweite zwischen der Unterlast von 5 kN und der Oberlast von $111,6 \text{ kN}$ (entsprechend einem Biegemoment von $26,5 \text{ kNm}$) betrug etwa $0,7 \text{ mm}$. Dieser Wert blieb über die Dauer von 3 Millionen Lastspielen weitgehend konstant (siehe Anlage 3.2).

Nach der Prüfung konnten keine Risse in der Verklebung oder sonstige Verbundlösungen festgestellt werden. Somit wurde die Anforderung an die dauerhafte Abtragung von Biegebeanspruchungen für gestützte Isolierstöße eingehalten.

4.3 Elektrische Isolationsprüfung

Gemäß Vorgabe der EN 16843 wurde die elektrische Isolationsprüfung vor und nach der Festigkeitsprüfung in Längsrichtung (Zugversuch), sowie vor und nach dem 4-Punkt-Biegeschwellversuch (Biegewiederholprüfung) durchgeführt. Bei jeder Messung wurde eine Gleichspannung von 500 V DC für die Dauer von 60 Sekunden an die betreffenden Bauteile der Konstruktion angelegt. (Die Kontaktpunkte wurden zuvor mit Schleifleinen bearbeitet, um jegliche Oberflächenbeschichtung zu entfernen.)

Die elektrischen Isolationsprüfungen wurden mit einem Hochspannungsprüfgerät „ATS-400“ des Herstellers ETL durchgeführt. Abbildung 5 zeigt eine Isolierstoßprobe während der Isolationsprüfung.

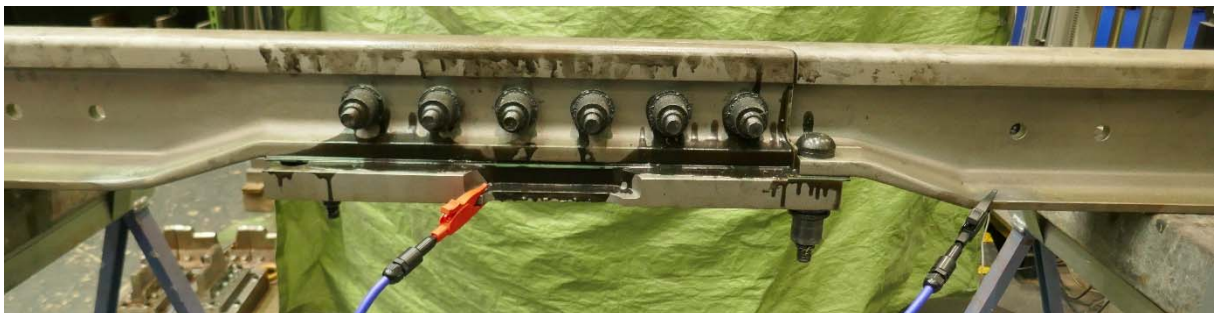


Abbildung 5: Messung des Isolationswiderstandes zwischen der Fußlasche und einem Schienenprofil

Die Isolationsprüfungen an den beiden Isolierstoßproben ABJ-007 (Probe des Zugversuchs) und ABJ-009 (Probe der Biegewiederholprüfung) ergaben vor wie auch nach den mechanischen Belastungen einen Isolationswiderstand von $> 1200 \text{ M}\Omega$. Somit wurden die Anforderungswerte gemäß Anhang H der EN 16843 ($\geq 10 \text{ M}\Omega$ bei neuer Probe, bzw. $\geq 150 \text{ k}\Omega$ nach den betreffenden mechanischen Belastungen) sicher eingehalten.

Die Tabellen 1 und 2 fassen die Ergebnisse zusammen.

Tabelle 1: Isolationswiderstand der Probe ABJ-007 vor und nach dem Zugversuch (Stufe 1)

Probenstatus	Mess-Paarung	Isolationswiderstand [MΩ]
Neu	Schiene A – Schiene B	> 1200
Neu	Schiene A – Fußlasche	> 1200
Neu	Schiene B – Fußlasche	> 1200
Nach Zugversuch Stufe 1	Schiene A – Schiene B	> 1200
Nach Zugversuch Stufe 1	Schiene A – Fußlasche	> 1200
Nach Zugversuch Stufe 1	Schiene B – Fußlasche	> 1200

Tabelle 2: Isolationswiderstand der Probe ABJ-009 vor und nach Biegewiederholprüfung

Probenstatus	Mess-Paarung	Isolationswiderstand [MΩ]
Neu	Schiene A – Schiene B	> 1200
Neu	Schiene A – Fußlasche	> 1200
Neu	Schiene B – Fußlasche	> 1200
Nach Biegewiederholprüfung	Schiene A – Schiene B	> 1200
Nach Biegewiederholprüfung	Schiene A – Fußlasche	> 1200
Nach Biegewiederholprüfung	Schiene B – Fußlasche	> 1200

5. Zusammenfassung

Im Auftrag von OVERAIL s.r.l., 00138 Rom, PI 14348631004, Italien, wurden Untersuchungen auf Basis von EN 16843:2024 (Mechanische Anforderungen an Fahrschienenstöße) an der Isolierfuge „ABJ“ durchgeführt. Es wurde die Dauerfestigkeit unter Biegezugbelastung und das Verhalten unter Längskrafteinleitung geprüft. Diese mechanischen Untersuchungen wurden von Messungen des Isolationswiderstandes gemäß Vorgabe der Norm begleitet.

Für die Untersuchungen wurden dem Prüfamt am 5. August 2024 zur Verfügung gestellt:

- 3 Proben der Isolierfuge ABJ, mit $L = 2170$ mm

Die drei Proben sind handschriftlich mit „ABJ-007“, „ABJ-008“ und „ABJ-009“ gekennzeichnet.

An Probe „ABJ-007“ erfolgte der Nachweis der Längskraftabtragung (Zugversuch). Nach Belastung in „Stufe 1“ (bis $F_{t,min} = 1450$ kN) betrug die bleibende Relativbewegung nach Entlastung zwischen den verbundenen Schienenprofilen 0,03 mm.

In „Stufe 2“ wurde nach Vorgabe des Auftraggebers bis 2000 kN belastet. (EN 16843 fordert in „Stufe 2“ eine Belastung bis 1740 kN, entsprechend $1,2 \cdot F_{t,min}$.) Die bleibende Bewegung nach der anschließenden Entlastung betrug 0,09 mm.

Nach dem Zugversuch konnten keine Risse in der Verklebung oder sonstige Verbundlösungen festgestellt werden. Somit wurde die Anforderung an die Abtragung von Längs-Zugkräften eingehalten.

An Probe „ABJ-009“ erfolgte der Dauerfestigkeitsnachweis unter Biegezugbeanspruchung (Biegewiederholprüfung) über 3 Millionen Lastspiele. EN 16843 fordert für „unterstützte Isolierstöße“ in der Prüfung eine Oberlast entsprechend einem Biegemoment von 26,5 kNm. Die Unterlast der Prüfung beträgt 5 kN.

Diese Beanspruchung im 4-Punkt-Biegeschwellversuch verursachte eine elastische Durchbiegung (Schwingweite) des Isolierstoßes von 0,7 mm. Dieser Wert blieb im Verlauf der Prüfung weitgehend konstant. Nach Abschluss der Prüfung konnten keine Risse in der Verklebung oder sonstige Verbundlösungen festgestellt werden. Die Belastung verursachte keine bleibende Deformation des Isolierstoßes. Somit wurde die Anforderung der Biegewiederholprüfung eingehalten.

Vor und nach den mechanischen Untersuchungen wurde der elektrische Isolationswiderstand an beiden Proben nach Vorgabe der EN 16843 ermittelt. Bei angelegter Gleichspannung von 500 V DC ergaben alle Widerstandsmessungen (vor und nach den mechanischen Prüfungen) zwischen den verbundenen Schienenprofilen, wie auch zur Fußlasche der Konstruktion, einen Isolationswiderstand von $>1200\text{ M}\Omega$.

EN 16843 fordert diesbezüglich für neue Proben einen Mindestwiderstand von $10\text{ M}\Omega$ und für Proben nach mechanischer Prüfung einen Mindestwiderstand von $150\text{ k}\Omega$. Somit wurden die Anforderungen an den Isolationswiderstand von den untersuchten Isolierstoßproben „ABJ“ sicher eingehalten.

1. General

On behalf of OVERAIL s.r.l., 00138 Rome, PI 14348631004, Italy, tests were carried out on the 'ABJ' insulated joint on the basis of EN 16843:2024 (Mechanical requirements for joints in running rails). The fatigue strength under bending tensile load and the behaviour under longitudinal tensile loads were tested. These mechanical tests were accompanied by measurements of the insulation resistance in accordance with the standard. In order to comply with other test standards with different requirements in addition to EN 16843, mechanical tests that are not part of EN 16843 were also carried out on the samples. These further tests are only mentioned in this report if they took place before the tests according to EN 16843.

The tests have been carried out at the Institute of Road, Railway and Airfield Construction of Technical University of Munich, Franz-Langinger-Strasse 10, 81245 Munich, Germany. The Institute of Road, Railway and Airfield Construction is an organizational unit of the Technical University of Munich, Arcisstrasse 21, 80333 Munich.

2. Test specimen

For the investigations, the institute got following samples on 5 August 2024, sent from the client:

- *3 samples of insulated joint "ABJ", length: 2170 mm*

The three samples are labelled by hand with "ABJ-007", "ABJ-008" and "ABJ-009".

The construction of the actual ABJ insulated joint has a length of $L_{\text{joint}} = 650$ mm. The connected rail profiles are supported by a footplate over this length. The length of the overlap of the connected rail profiles is 540 mm. The ABJ profile transitions into the 60E2 vignol rail profile with a distortion of the rail foot (increase in web height). Including the distortion, the ABJ insulated joint between the 60E2 profiles has a length of 1000 mm. Figures 1 and 2 show one of the supplied samples. Appendix 1 shows a technical drawing of the ABJ insulated joint that was provided.



Figure 1: View of insulated joint "ABJ"



Figure 2: Opposite view of insulated joint "ABJ"

The results listed below refer only to test material supplied and used for the investigations at the institute. The manufacturer/client is responsible for ensuring the conformity of the test material and series production.

3. Test procedures and requirements

Chapter 3 briefly describes the relevant parts of EN 16843 for executed tests.

3.1 Tensile strength test (pull-apart test)

Chapter 7.2.1 of the EN describes the tensile test in longitudinal rail direction, which has to be carried out in two stages. The required speed of loading is $v = 20 \text{ kN/s}$. Electrical insulation of the sample has to be determined before this mechanical test (see chapter 3.3 of this report).

In stage 1, the tensile force has to be increased to $F_{t,min}$ (required minimum tensile strength according to 5.2.2.1) and then immediately released again. The required minimum tensile strength is calculated according to chapter 5.2.2.1 of EN 16843 depending on the selected temperature change $\Delta T1$ and the selected safety factor γ_s . Annex F of EN 16843 states a

minimum tensile strength of $F_{t,min} = 1450 \text{ kN}$ for $\Delta T1 = 50 \text{ K}$ and $\gamma_S = 1.5$ for rail profile 60E1. After loading in stage 1, the sample is to be visually inspected for damage (deformations or cracks in components, crack formation or detachment of adhesives) and this is to be documented. After loading in stage 1 has been applied, the insulation resistance is to be determined again.

In stage 2, the load has to be increased to 1.2 times the value of $F_{t,min}$ ($= 1740 \text{ kN}$). The maximum load achieved without damage occurring is referred to as $F_{s,min}$. According to clients demand, the sample was tested in stage 2 up to a maximum load of 2000 kN , which is 1.38 times the value of $F_{t,min}$.

3.2 Bending fatigue test (dynamic bending test)

Chapter 7.2.2 of EN 16843 also describes the repeated bending test with vertical load direction as a symmetrical 4-point bending fatigue test of total 3 million load cycles.

The lower test load is $F_u = 5 \text{ kN}$. The upper test load is determined by the geometry of the test setup and the required bending moment. Assuming a maximum rail deflection of $w_{max} = 1.5 \text{ mm}$ (recommended value according to Annex G of the EN 16843) and a nominal wheel load of 125 kN , a bending moment of $M_r = 26.5 \text{ kNm}$ results for an insulated joint of rail profile 60E1 for the situation of a "supported rail joint" (safety factor $\gamma_C = 1.0$). (Note: The insulated joint "ABJ" is a supported insulated joint according to plan. The footplate has recesses for mounting rail clamps to fix the insulated joint on a sleeper in centre of the construction).

The bending fatigue test is carried out with test loads for a supported insulated joint (bending moment: 26.5 kNm) in accordance with the client's demand. With a support distance of 1100 mm selected in the test set-up and a distance between the load application rollers of 150 mm , the upper test load corresponding to the required bending moment is $F_o = 111.6 \text{ kN}$.

The electrical insulation resistance of the insulated joint has to be determined before and after the bending fatigue test. After the mechanical test, the insulated joint is to be inspected visually for damage. Damage in this context includes deformation of components, cracks or the detachment of adhesives.

3.3 Electrical insulation test

The main function of an insulated joint is the electrical insulation of the connected rail profiles. Accordingly, EN 16843 requires the electrical insulation to be measured on the new samples and, following the mechanical tests, on the loaded samples.

Chapter 7.3 of EN 16843 describes the test for electrical insulation. In this test, a DC voltage of 500 V DC must be applied to the sample for a period of 60 seconds and the insulation resistance has to be determined. This test must be carried out three times between the connected rail profiles and three times between the rails and the footplate. For the 'ABJ' construction under consideration, the following component combinations:

- Rail A – Rail B
- Rail A – Footplate
- Rail B - Footplate

The lowest resistance values determined in this way must be documented.

Annex H (informative) of the EN 16843 specifies requirement values for insulation resistance. Accordingly, the "dry" insulation resistance of new (unloaded) samples must be at least 10 MΩ. After the repeated bending test and after the 1st stage of the tensile test, an insulation resistance of at least 150 kΩ is required.

4. Test execution and results

4.1 Tensile strength test in longitudinal rail direction (pull-apart test)

The tensile test (as described in Section 3.1) was carried out on the sample 'ABJ-007'. (In order to use this sample for testing in accordance with other testing standards, the tensile test was carried out in accordance with the Italian specification RFI TCAR SF AR 07 008 A before the tensile test in accordance with EN 16843. In this case, the load was increased to 1000 kN and then to 1500 kN at a rate of $v = 30 \text{ kN/min.}$)

Figure 3 shows the test set-up for the tensile test. The tensile load in the longitudinal direction of the rail is applied to the insulated rail joint sample via two hydraulic cylinders. The resulting relative movement between the connected rail profiles is measured at the rail head.



Figure 3: Sample ABJ-007 in the test set-up to verify the longitudinal load transmission

The measurement recordings of the tensile test according to EN 16843 are shown in Appendices 2.1 and 2.2 (stage 1 up to 1450 kN) and in Appendices 2.3 and 2.4 (stage 2 up to 2000 kN). According to this, the loading up to 1450 kN caused a permanent relative movement of 0.03 mm between the connected rail profiles after unloading. The permanent movement after loading up to 2000 kN was 0.09 mm.

After the test, no cracks in the adhesive bond or other bond failures could be detected. Thus, the requirement for the transfer of longitudinal tensile forces was met. The capacity respect to longitudinal tensile loads without damage is $F_{s,min} \geq 2000$ kN.

4.2 Bending fatigue test (dynamic bending test)

The fatigue strength test under 4-point bending stress (as described in section 3.2) was carried out on sample ABJ-009 at a loading frequency of $f = 4.5$ Hz.

In accordance with the client's demand, the sample was tested with a bending moment of 26.5 kNm (requirement for supported insulated joints) over 3 million load cycles. During the test, the bending deflection caused was repeatedly recorded.

Figure 4 shows the sample ABJ-009 in the test set-up.



Figure 4: **Sample ABJ-009 in the test set-up of the bending fatigue test**

The insulated joint construction showed a linear deformation behaviour under the cyclic bending stress (see Appendix 3.1). The vertical amplitude between the lower load of 5 kN and the upper load of 111.6 kN (corresponding to a bending moment of 26.5 kNm) was about 0.7 mm. This value remained largely constant over the test period of 3 million load cycles (see Appendix 3.2).

After the test, no cracks in the adhesive bond or other bond failures could be detected. Thus, the requirement for the permanent transfer of bending stresses for supported insulated joints was met.

4.3 Electrical insulation test

In accordance with the requirements of EN 16843, the electrical insulation test was carried out before and after the longitudinal strength test (tensile test), as well as before and after the 4-point bending fatigue test. During each measurement, a DC voltage of 500 V DC was applied to the relevant components of the construction for a period of 60 seconds. (The contact points were previously treated with abrasive paper to remove any surface coating.)

The electrical insulation tests were carried out using an 'ATS-400' high-voltage tester from the manufacturer ETL. Figure 5 shows an insulated rail joint sample during the insulation test.



Figure 5: Measurement of insulation resistance between footplate and one rail profile

The insulation tests on the two insulated joint samples ABJ-007 (sample from the tensile test) and ABJ-009 (sample from the repeated bending test) showed an insulation resistance of $> 1200 \text{ M}\Omega$ both before and after the mechanical load tests. The requirement values according to Appendix H of EN 16843 ($\geq 10 \text{ M}\Omega$ for a new sample, or $\geq 150 \text{ k}\Omega$ after the relevant mechanical loads) were thus safely met.

The tables 1 and 2 show the test results.

Table 1: Insulation resistance of sample ABJ-007 before and after tensile test (stage 1)

Status of sample	Measurement couple	Insulation resistance [$\text{M}\Omega$]
New	Rail A – Rail B	>1200
New	Rail A – Footplate	>1200
New	Rail B - Footplate	>1200
After tensile test stage 1	Rail A – Rail B	>1200
After tensile test stage 1	Rail A – Footplate	>1200
After tensile test stage 1	Rail B - Footplate	>1200

Table 2: Insulation resistance of sample ABJ-009 before and after bending fatigue test

Status of sample	Measurement couple	Insulation resistance [$\text{M}\Omega$]
New	Rail A – Rail B	>1200
New	Rail A – Footplate	>1200
New	Rail B - Footplate	>1200
After bending fatigue test	Rail A – Rail B	>1200
After bending fatigue test	Rail A – Footplate	>1200
After bending fatigue test	Rail B - Footplate	>1200

5. Summary

On behalf of OVERAIL s.r.l., 00138 Rome, PI 14348631004, Italy, tests were carried out on the 'ABJ' insulated joint on the basis of EN 16843:2024 (Mechanical requirements for joints in running rails). The fatigue strength under bending tensile load and the behaviour under longitudinal tensile loads were tested. These mechanical tests were accompanied by measurements of the insulation resistance in accordance with the standard.

For the investigations, the institute got following samples on 5 August 2024, sent from the client:

- *3 samples of insulated joint "ABJ", length: 2170 mm*

The three samples are labelled by hand with "ABJ-007", "ABJ-008" and "ABJ-009".

Sample 'ABJ-007' was used in tensile strength test to demonstrate the transfer of longitudinal loads (tensile test). After loading in 'Stage 1' (up to $F_{t,min} = 1450$ kN), the permanent relative movement between the connected rail profiles was 0.03 mm after unloading.

In 'Stage 2', the customer specified that the load shall be increased up to 2000 kN. (EN 16843 requires a load of up to 1740 kN in 'level 2', corresponding to $1.2 \cdot F_{t,min}$.) The remaining permanent movement after the subsequent relief was 0.09 mm.

After the tensile test, no cracks in the adhesive bond or other bond failures could be detected. Thus, the requirement for the transfer of longitudinal tensile forces was met.

Sample 'ABJ-009' passed the fatigue strength test under bending tensile stress (repetitive bending test) over 3 million load cycles. EN 16843 requires an upper load corresponding to a bending moment of 26.5 kNm for 'supported insulated joints' in the test. The lower load of the test is 5 kN.

This loading in the 4-point fatigue bending test caused an elastic bending (amplitude of deflection) of the insulated joint of 0.7 mm. This value remained largely constant during the test. After completion of the test, no cracks in the adhesive bond or other composite solutions could be detected. The load did not cause any permanent deformation of the insulated joint. Thus, the requirement of the bending fatigue test was met.

The electrical insulation resistance of both samples was determined according to EN 16843 before and after the mechanical tests. When a DC voltage of 500 V DC was applied, all

resistance measurements (before and after the mechanical tests) between the connected rail profiles and to the footplate of the construction showed an insulation resistance of $>1200\text{ M}\Omega$. EN 16843 requires a minimum resistance of $10\text{ M}\Omega$ for new samples and a minimum resistance of $150\text{ k}\Omega$ for samples after mechanical testing. The 'ABJ' insulated rail join samples tested therefore comfortably met the requirements for insulation resistance.

München, 20. September 2024

Munich, 20 September 2024

Für die Freigabe des Berichts /

For the authorization of the report

Für die Durchführung und
Auswertung der Versuche / *For the
performance and evaluation of the
tests*

Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein

(Oberste Leitung)

(CEO)

Dr.-Ing. C. Simon

(Projektleiter)

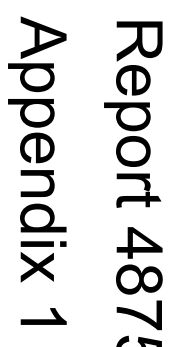
(Project manager)

ANLAGENVERZEICHNIS

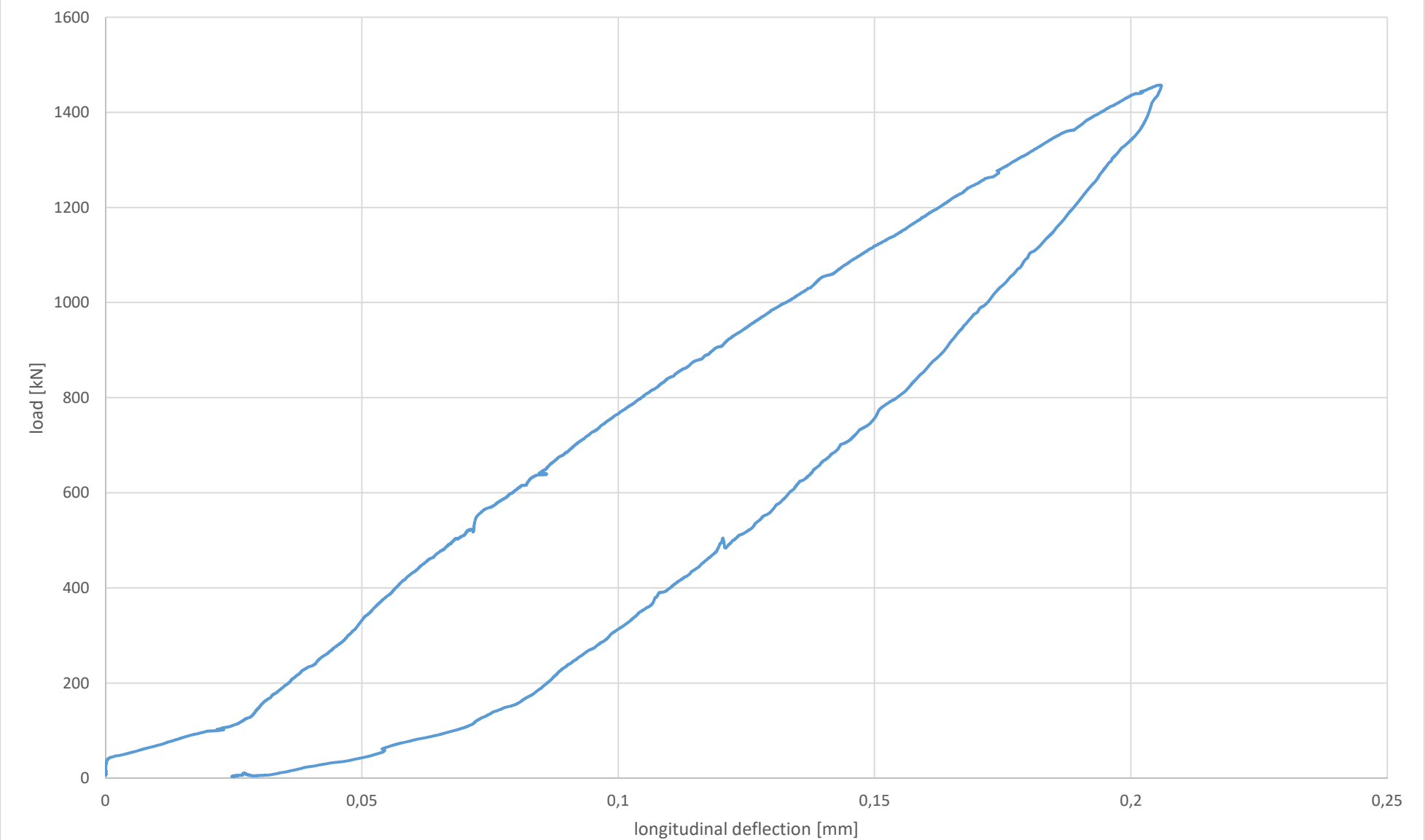
- 1: Technische Zeichnung der Isolierfuge „ABJ“
- 2.1 - 2.4: Messwertaufzeichnungen der Zugprüfung in Stufe 1 und Stufe 2
- 3.1 - 3.2: Messwertaufzeichnungen der Biegeschwellprüfung (Dauerfestigkeitsnachweis)

TABLE OF APPENDICES

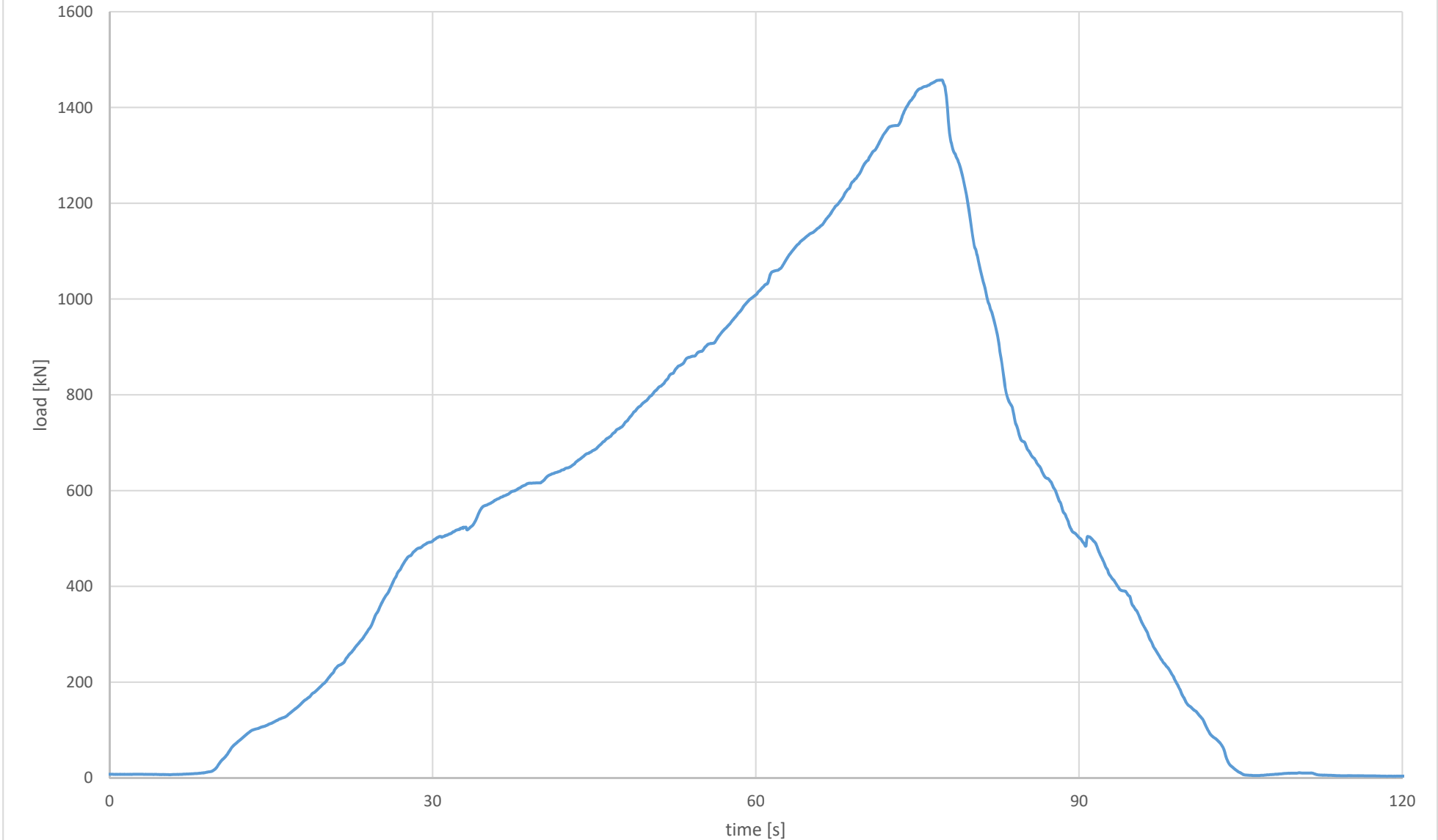
- 1: *Technical drawing of insulation joint “ABJ”*
- 2.1 - 2.4: *Measurement recordings of tensile tests in longitudinal rail direction (stage 1 and stage 2)*
- 3.1 – 3.2: *Measurement recordings of 4-point bending tests (fatigue strength test)*



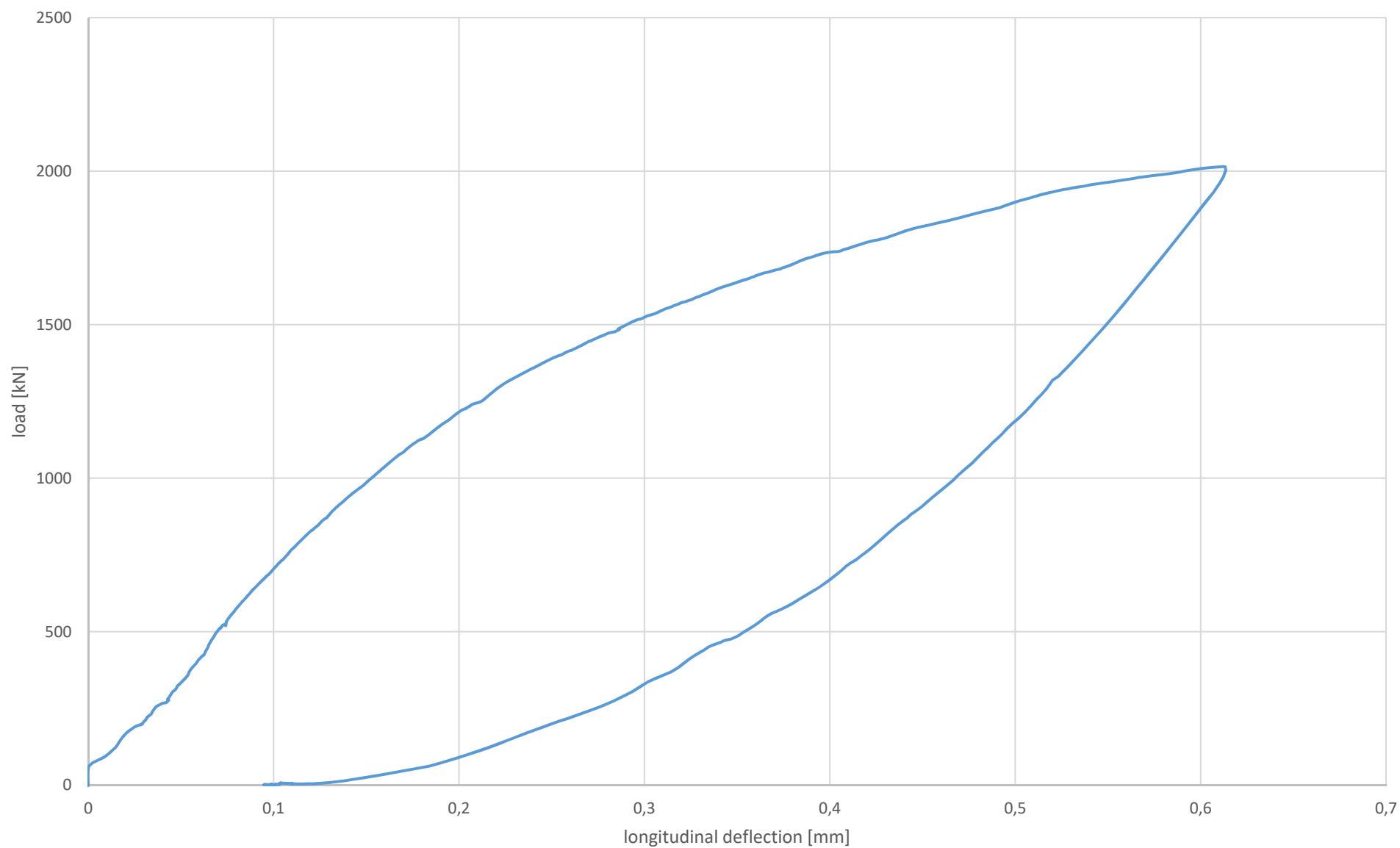
Pull-apart test acc. EN 16843 on ABJ #007 - STAGE 1



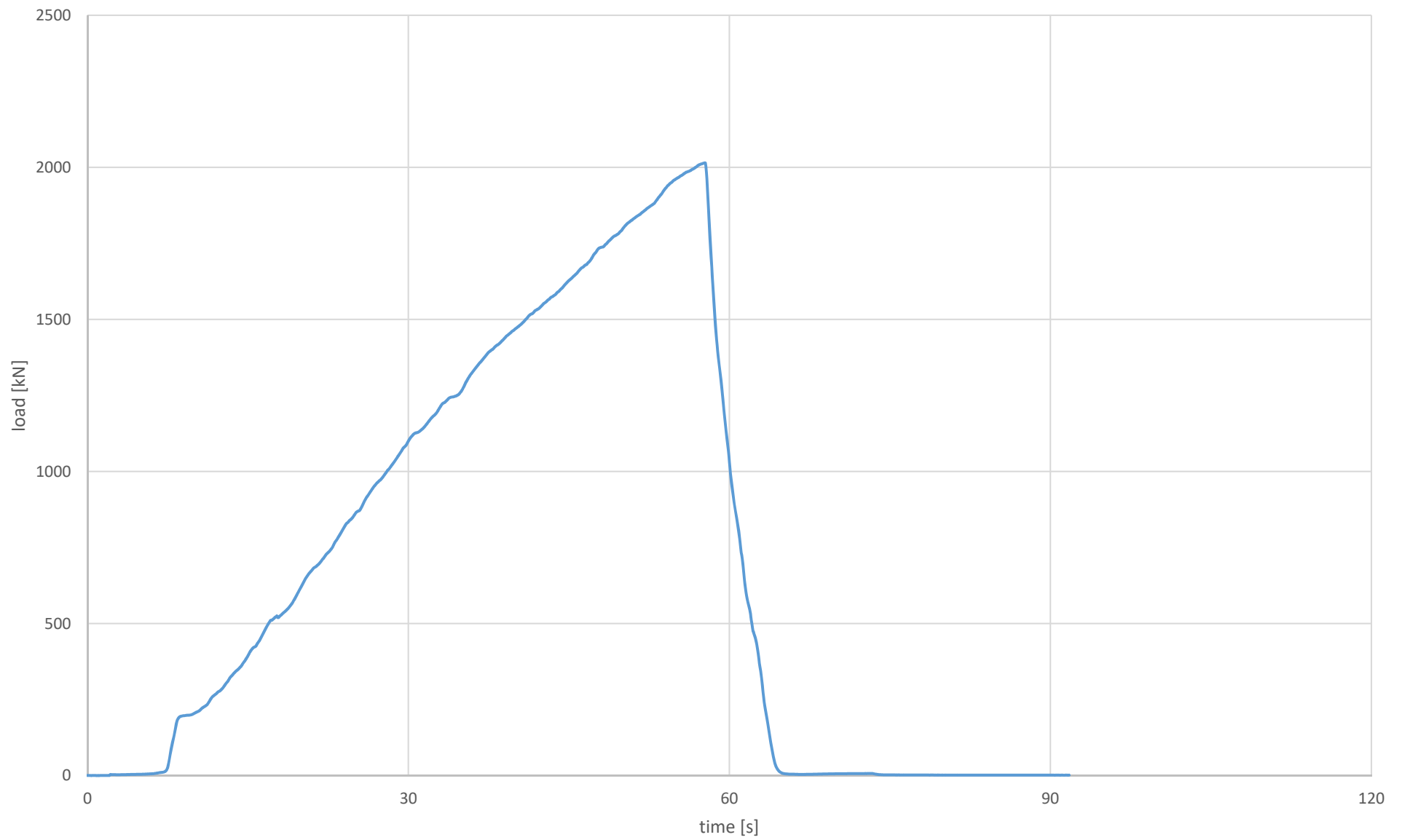
Pull-apart test acc. EN 16843 on ABJ #007 - STAGE 1



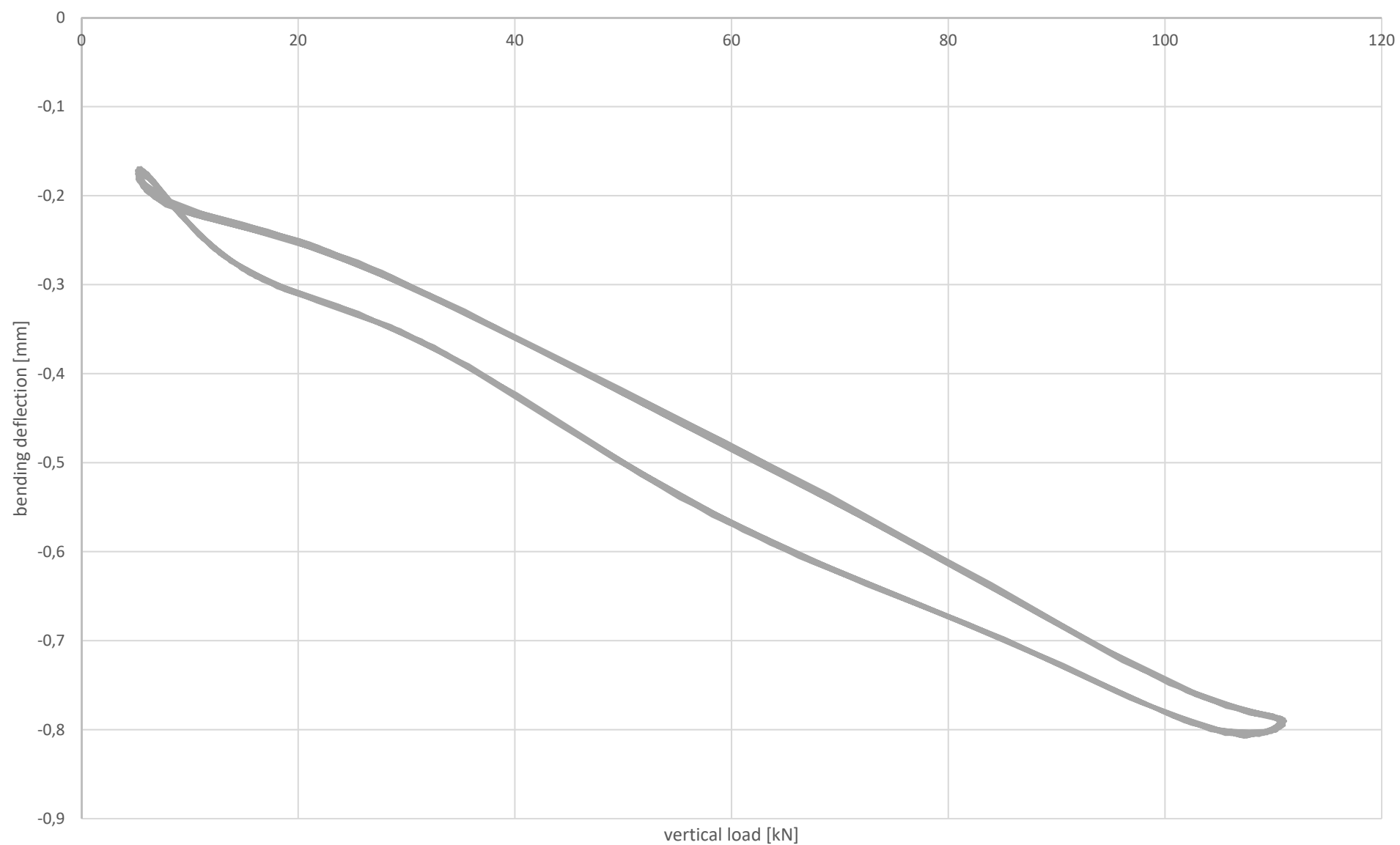
Pull-apart test acc. EN 16843 on ABJ #007 - STAGE 2



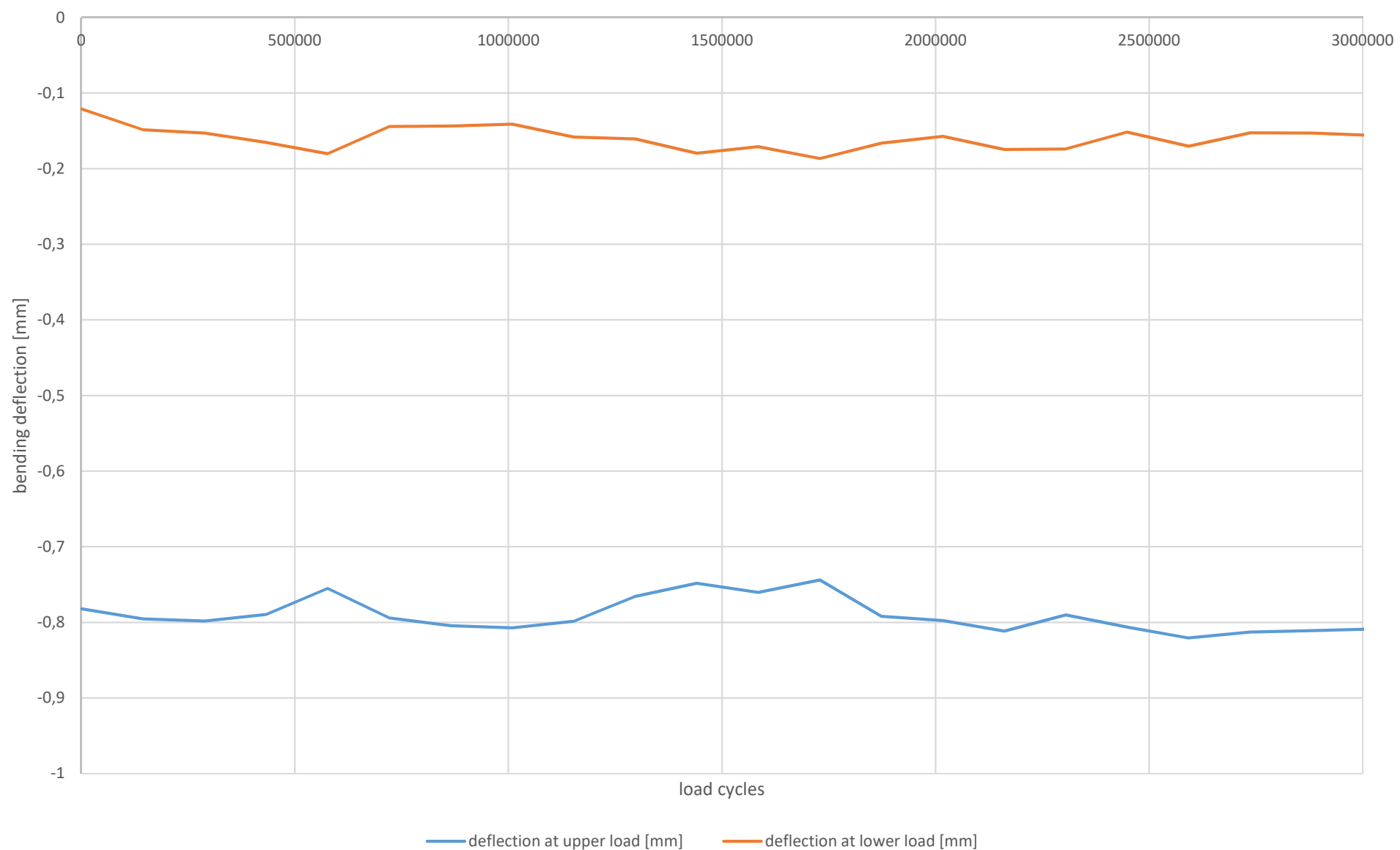
Pull-apart test acc. EN 16843 on ABJ #007 - STAGE 2



Bending fatigue test acc. EN 16843 on ABJ-009 (supported joint)



Bending fatigue test acc. EN 16843 on ABJ-009 (supported joint)



--- ENDE DES BERICHTS / END OF THE REPORT ---