OBSOLESZENZ GELÖST DURCH ADDITIVE FERTIGUNG

Drosselventile im Lufttrockner einer Straßenbahnflotte – per PolyJet-3D-Druck nachgefertigt

Franz Pätzold · Eisenbahn Pätzold, Leipzig · Schienenfahrzeugtagung Graz

KLEIN WIE EINE 2-CENT-MÜNZE

Ohne Ersatz kommt die Bahn nicht aus der Hauptuntersuchung



AUFBAU

Vulkanisiertes Gummi-Metall-Drosselventil – etwa so groß wie eine 2-Eurocent-Münze

OBSOLESZENZ

Von WABCO abgekündigt – das Unternehmen wurde verkauft und fertigt mit neuem Schwerpunkt

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Neu vulkanisieren? Werkzeug- und Formenbau stehen trotz vermeindlich großer Stückzahl (250 Stk.) in keinem Verhältnis zur Bauteilgröße

EISENBAHN PÄTZOLD

KEIN EINZELFALL

Lebenszyklus 20–40 Jahre – Zulieferer verschwinden früher

20–40 JAHRE

Lebenszyklus von Schienenfahrzeugen im urbanen und suburbanen Verkehr – oft länger

OBSOLET

Zulieferer insolvent, verkauft oder neu ausgerichtet – Komponenten werden abgekündigt

STILLSTAND

Bei der Hauptuntersuchung (BOStrab) ist keine Ersatzbeschaffung möglich – das Fahrzeug fehlt im Fahrgastbetrieb

Und dann bleibt oft nur:

Fahrzeug wird abgestellt

„Kannibalisierung“ anderer Fahrzeuge

Insellösung ohne Übertragbarkeit

EISENBAHN PÄTZOLD

DER FALL: R-WAGEN DER VGF

Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main VGF

Drosselventile im Lufttrockner einer ganzen Straßenbahnflotte



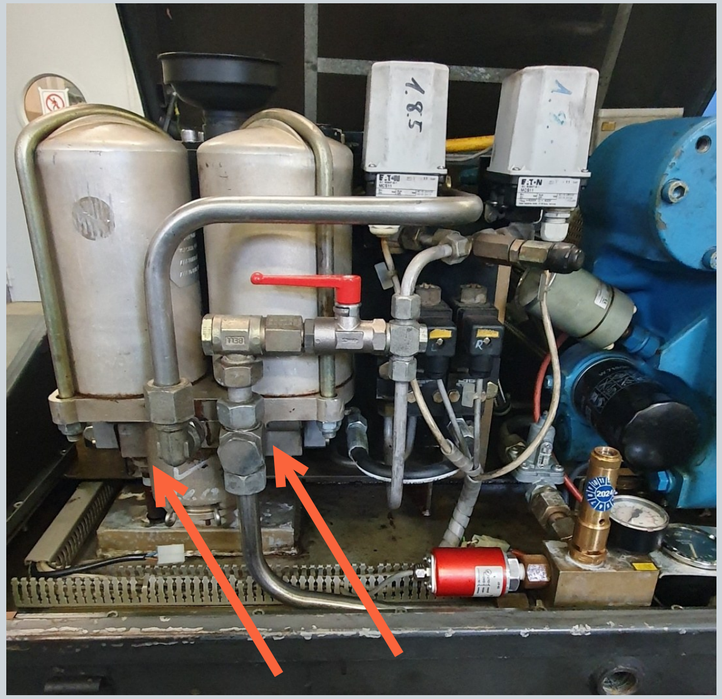
R-Wagen der VGF Frankfurt im Fahrgastbetrieb · Foto: VGF

EISENBAHN PÄTZOLD

WO SITZT DAS TEIL?

Im Druckluftcontainer – dem Lufttrockner-Aggregat





80 °C

Betriebstemperatur, für die der Hersteller den gesamten Container auslegt

Links: Druckluftcontainer · Rechts: Einbauorte (orangener Pfeile) · Fotos: VGF

EISENBAHN PÄTZOLD

REENGINEERING

Eine grobe Zeichnung reicht nicht für die Neufertigung

Grobe WABCO-Zeichnung mit Anschlussmaßen

Ausgebautes, verschlissenes Originalteil

Vermessung des Musters

Neukonstruktion durch den Autor

METALLKERN

Präzise Bohrung, strömungsführend

→ **Konventionell zerspanend gefertigt**

GUMMIMANTEL

Dichtfunktion und mechanische Einbettung

→ **PolyJet-3D-Druck**

EISENBAHN PÄTZOLD

WERKSTOFF: POLYJET

Gummiartig drucken – Eigenschaften per Post-Cure einstellen

DAS VERFAHREN

PolyJet druckt gummiartige Photopolymere direkt

Geeignetstes additives Verfahren dafür

DAS MATERIAL

Stratasys ToughONE™

Eigenschaften durch Dauer und Temperatur der Nachhärtung steuerbar

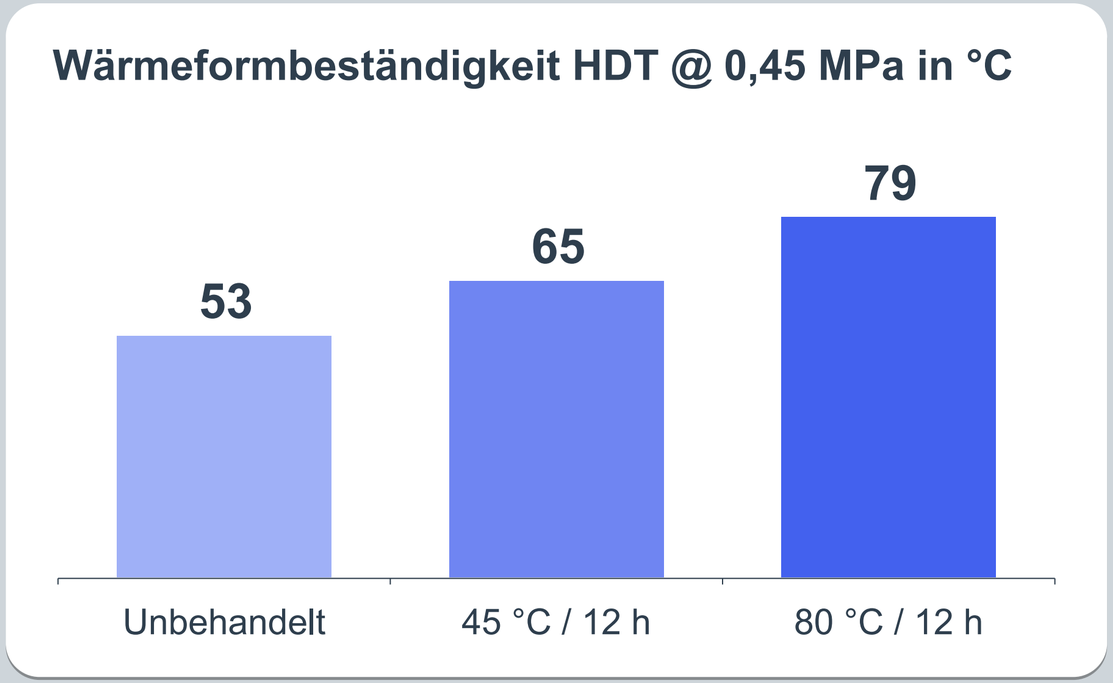
weicher, dehnfähiger → **fester, wärmeformbeständiger**

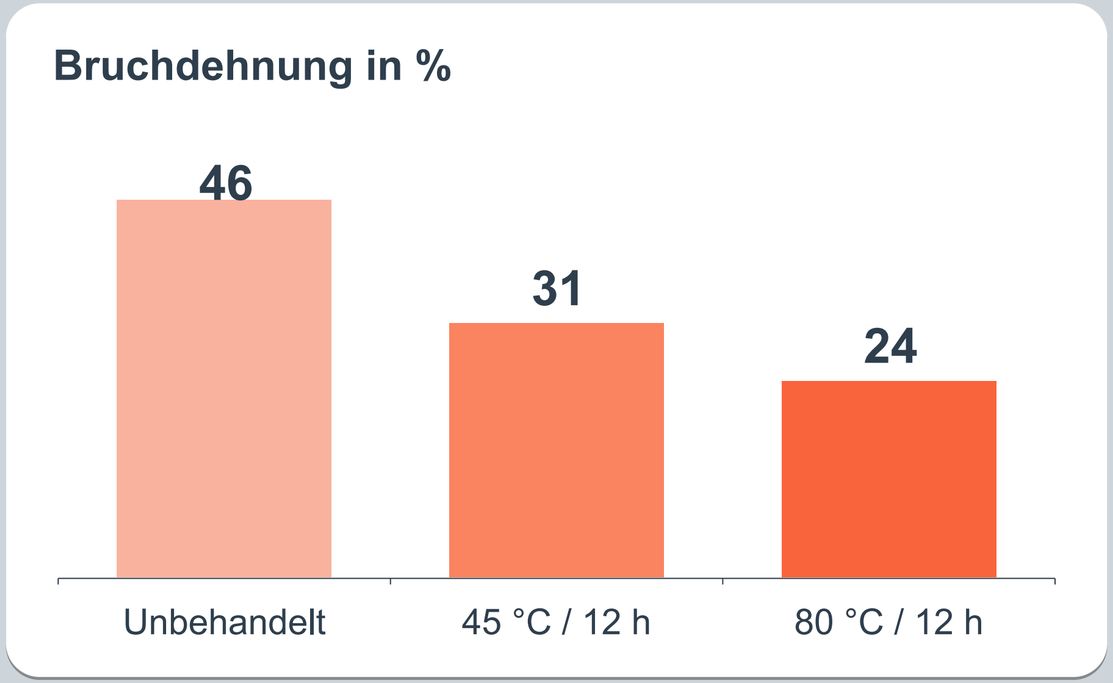
Unbehandelt → **12 h Post-Cure @ 45 °C** → **12 h Post-Cure @ 80 °C**

EISENBAHN PÄTZOLD

DER HAKEN

Mehr Nachhärtung: wärmefester – aber weniger dehnfähig



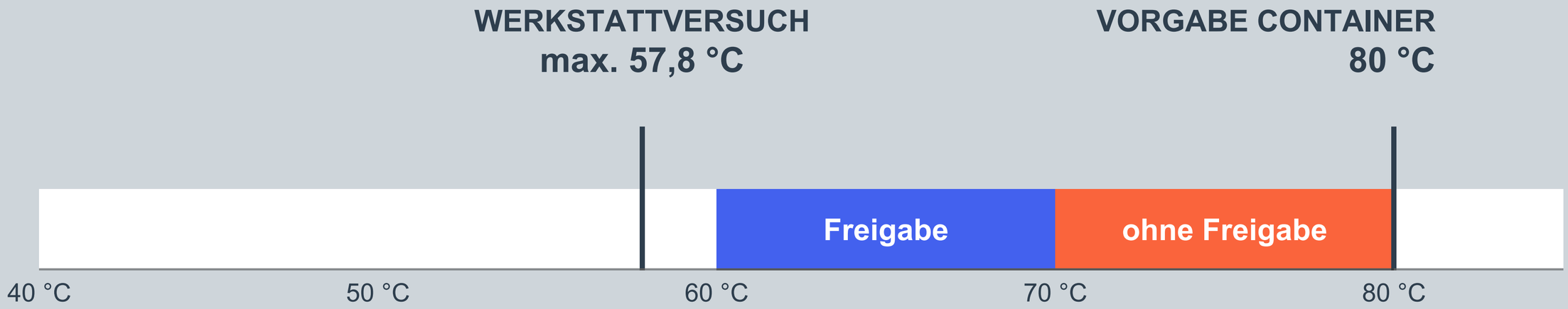


Quelle: Stratasys Material Data Sheet ToughONE™ (White Reinforced) [1] · vollständige Tabelle im Anhang

EISENBAHN PÄTZOLD

ZIELKONFLIKT

Container: 80 °C – Material nur bis 60–70 °C freigegeben



STÄRKER NACHHÄRTEN?

Muster per Handgefühl zu hart – kunststoffähnlich, nicht mehr dichtend. Versuch abgebrochen.

PRAKTISCHE RESERVEN PRÜFEN

Werkstattversuch, danach Langzeitversuch im Fahrgastbetrieb.

EISENBAHN PÄTZOLD

VERSUCHSBALLON: 10 TEILE

Zwei Varianten – und eine Lektion über Toleranzen



VARIANTE 1
Metalleinlage
wie das Original

VARIANTE 2
Kunststoffeinlage
gleiches Material, durch längere Härtezeit fester

LEKTION: TOLERANZEN

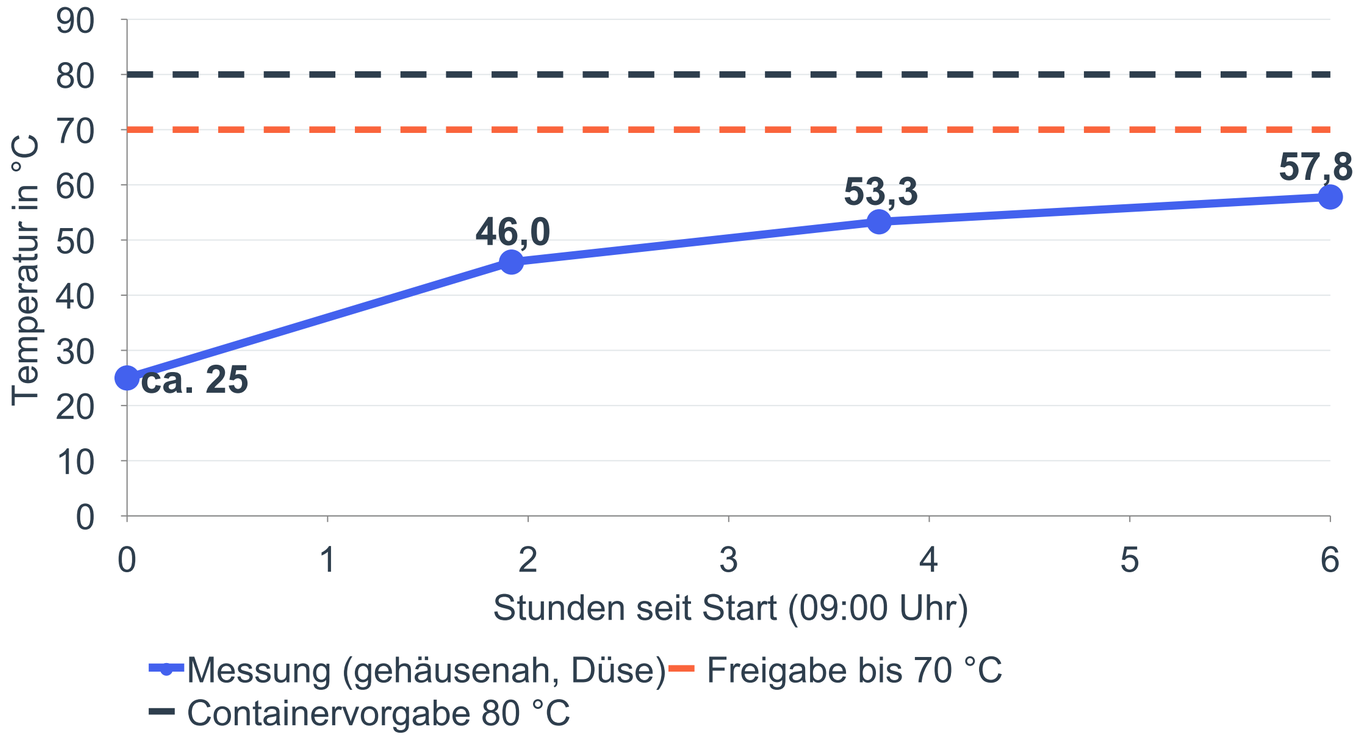
1. Versuch: geschwungene Blattfederform – Drucker „eckt“ an

2. Versuch: gerade Blättchen – problemlos umdruckt

EISENBAHN PÄTZOLD

WERKSTATTVERSUCH

6 Stunden im Container – Maximum 57,8 °C



AUFBAU

Einbau in den Druckluftcontainer, 6 h Werkstattbetrieb

ERGEBNIS

Keine signifikanten Veränderungen nach dem Ausbau

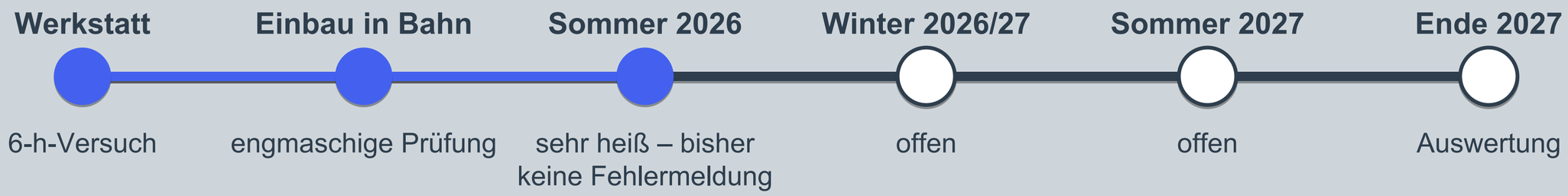
BEOBACHTUNG

Kleiner „Ausgangstrichter“ – schon im Neuzustand vorhanden, also fertigungsbedingt

EISENBAHN PÄTZOLD

LANGZEITVERSUCH LÄUFT

Im Fahrgastbetrieb bis voraussichtlich Ende 2027



OFFENE FRAGE

Reichen die praktischen Reserven des Materials oberhalb der freigegebenen 60°C - 70 °C – im Sommer wie im Winter?

EISENBAHN PÄTZOLD

WAS SIE MITNEHMEN

Vom Obsoleszenz-Fall zum wiederholbaren Vorgehen

1 MUSTER STATT ZEICHNUNG

Auch ein verschlissenes Teil plus grobe Zeichnung genügt für die Rekonstruktion

2 FUNKTIONAL TRENNEN

Präzision per Zerspanung, Gummicharakter per 3D-Druck

3 VERFAHREN PASSEND WÄHLEN

PolyJet: direkt druckbare, gummiartige Photopolymere

4 PRAXISNAH VALIDIEREN

Werkstatt- und Langzeitversuch – und offen sagen, was nicht freigegeben ist

EISENBAHN PÄTZOLD

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Mein Dank gilt der VGF Frankfurt für die vertrauensvolle Kooperation.

Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main VGF

Franz Pätzold · Eisenbahn Pätzold, Leipzig
0341 // 699 370 05 · 0174 // 324 56 73
franz.paetzold@eisenbahn-paetzold.de · eisenbahn-paetzold.de

Jetzt gern Fragen – oder beim Get-together. Die Ventile gehen gern noch eine Runde.

EISENBAHN PÄTZOLD