



Sicherheit in Technik und Chemie

19th Oct. 2015

PROBABILISTIC ANALYSIS OF COMPOSITE GAS CYLINDERS Georg W. Mair

ICHS 2015, Yokohama 6th International Conference on Hydrogen Safety





Sicherheit in Technik und Chemie

19th Oct. 2015

COMPOSITE GAS CYLINDERS Probabilistic Analysis of Minimum Load Cycle Requirements

G. W. Mair, B. Becker, E. Duffner, C. Gregor, H. Saul, A. Schoppa BAM – 3.2





Introduction: Sample Performance Chart (SPC)4(reference to ICHS 2013)

Comparison of Probabilistic Approach and Standards

 I: Burst Strength (reference to EHEC 2014) II: Load Cycle Strength of CGH₂-Systems - Properties of tested cylinders 	7
	11
 III: Load Cycle Strength of CGH₂-Systems, Estimation on cylinder population 	16
Summary	20

19th Oct. 2015 Georg W. Mair: Probabilistic Analysis of Composite Gas Cylinders





Introduction

"Sample Performance Chart" SPC enables the display of sample properties and of lines of constant reliability values "Iso-asfalia"

Please compare with ICHS 2013



The Sample Performance Chart (SPC)













Safety Assessment via Survival Rates



Sample Performance Charts (SPC)

- ... enable to display sample strength properties as one dot per sample;
- ... allow to display changes in strength properties, due to production quality and due to in-servicedegradation.

Isoasfalias (lines of constant survival rate)

- ... allow to evaluate safety of a sample in the SPC;
- ... depend on distribution function and sample size





Comparison of Probabilistic Approach and Standards The principle of this comparison is best to get explained by using the SPC for

(slow) Burst Strength (SBT)

Please compare with EHEC 2014















Comparison of Probabilistic Approach and Standards Evaluation of Load Cycle Strength (LC) of CGH₂-Systems

- Properties of tested cylinders



"Lucky Punch Area" of Load Cycles





LC: Comparison of Standards and PA







LC: Discrepancy of Standards and PA

Comparison Deterministic vs. Probabilistic Approach

• ICHS



Scatter of hydraulic cycle strength: Ns in [LC]

S BAM

Probabilistic Sa



Comparison of BoL and EoL: Degradation in service









Comparison of Probabilistic Approach and Standards Evaluation of Load Cycle Strength (LC) of CGH₂-Systems,

Estimation on cylinder population, considering influence of sample size
g. n = 7 cylinders LC: Influence of Sample Size





19th Oct. 2015 Georg W. Mair: Probabilistic Analysis of Composite Gas Cylinders

LC: Discrepancy of Standards and PA

LC: Discrepancy of Standards and PA - including degradation to EoL

Deterministic approach ...

- ... focuses mainly on BoL-properties
- In case of a low production scatter it requests a probably unnecessary high reliability level.
- In case of high production scatter individual requirements may be too low for insuring safety.

Probabilistic approach...

- ... opens the approval assessment to lower minimum requirements in case of low production scatter;
- ... focuses on EoL-properties but needs checks of degradation;
- ... can be used for quantifying in-service-degradation
- ... can be used directly for determination of safe service life

This means...

... do not reduce current minimum safety margins

If you want to reduce minimum material effort...

- ... use die probabilistic approach for approval
- ... and abstain from using deterministic safety margins (EC-Reg/GTR) for ensuring safety in approval, not taking into account real strength scatter.

Probabilistic Safety Assessment:

Probabilistic Safety Assessment

Several years of consequent research enabled by national and European research funding

Further Details and Explanations

ISBN 978-3-662-48131-8

Sicherheitsbewertung von Composite-Druckgasbehältern

Das Buch zeigt einen alternativen Weg der Sicherheitsbeurteilung von Druckbehäl Das buch zeigt einen auernativen weg der sichernetisbeutreinung von Druckoenal-tern aus Faserverbundwerktöffen. Dies ist insbesondere für die Mobilität der Zukunft und die zugehörige Energieversorgung mit Bio-/Erdgas und Wasserstoff von Interesse. Mit statistischen Methoden gelingt es, die Sicherheit auch jenseits der Grenzen aktueller vorschriften fundiert zu beutreilen. Es wird dargelegt wie eine proba-bilistische Sicherheitsbeurteilung als Alternative aussehen könnte. Dieser Ansatz basiert auf neuen Verfahren der zerstörenden Prüfung und statistischer Auswertung relevanter Festigkeitseigenschaften. Hierzu zählen die langsame Berstprüfung und ein spezielles Arbeitsdiagramm zur Auswertung von Stichproben. Darüber hinaus erlaubt der Anstaz die Quantifizierung der Degradation im Betrieb und zeigt Wege zur Abschätzung der Lebensdauer. Sicherheit wird diskutiert als Kombination von Überlebenswahrscheinlichkeit und Konsequenz.

Der Inhalt

- Prozeduren für die hydraulische Stichprobenprüfung
 Statistische Bewertung der Stichprobenprüfergebnisse
 Degradation und Bewertung der sicheren Betriebsdauer

Der Autor

ISBN 978-3-662-48131-8

transport von Gasen, mit dem Forschungsschwerpunkt auf Umschließungen aus Ver-bundwerkstoffen. Er ist an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) tätig und dort verantwortlich für den Arbeitsbereich "Druckgeräte – Druckgefäße; Treibgasspeichersysteme" in der Abteilung BAM-3 "Gefahrgutumschließungen"

2

Sicherheitsbewertung von Composite-Druckgasbehältern

Mai

Sicherheitsbewertung von Composite-Druckgasbehältern

Potential statistischer Methoden jenseits aktueller Vorschriften

Georg W. Mair

Springer Vieweg

Will be available

March 2016 in German

and probably

end of 2016 in English

19th Oct. 2015 Georg W. Mair: Probabilistic Analysis of Composite Gas Cylinders

