

# Einsatz der 3D-Laservermessung im Rahmen von Schadenuntersuchungen

Reinhold SCHAAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Allianz Risk Consulting GmbH - Allianz Zentrum für Technik, München

Kontakt E-Mail: reinhold.schaar@allianz.com

## Kurzfassung

In dem Beitrag werden einige Beispiele gezeigt, bei denen die 3D-Laservermessung als Werkzeug bei der Schadenuntersuchung eingesetzt werden konnte. Auch sehr große Objekte können mit ihren geometrischen Daten zuverlässig und mit hoher Genauigkeit erfasst werden. Die Messmethode wurde im Rahmen einer Beweissicherung, bei der Rekonstruktion eines geborstenen Bauteiles und der Zustandserfassung einer Komponente verwendet. Es werden die Messergebnisse diskutiert und die Vorgehensweise bei der Messung erläutert.



## Einsatz der 3D-Laservermessung im Rahmen von Schadenuntersuchungen

5. DGZfP-Fachseminar, 21.-22. März 2017, Kassel  
Reinhold Schaar



### Agenda

- 1 Vita
- 2 Allianz, AGCS, ARC, AZT
- 3 Schadenuntersuchung
- 4 Beispiele
- 5 Schluss



## MEINE ERFAHRUNGEN / KENNTNISSE



Vita Reinhold Schaar



### Ausbildung

Maschinenbaustudium –  
Schwingungsmeßtechnik  
Internationaler Schweißfach-  
ingenieur (IWE)  
ZfP Stufe 3 DGZfP UT, MT, PT  
VT, ET - DIN EN ISO 9712



„ Mit dem Rasterelektronenmikroskop auf Indiziensuche“



### Berufsstationen

Bundeswehr „Schwere  
Pioniere“ Leutnant der  
Reserve  
MBB Ottobrunn  
Zentrallabor, Korrosion  
Allianz Zentrum für Technik  
(AZT) Schadenforschung



### Arbeitgeber Allianz

Allianz Zentrum für Technik  
GmbH (AZT)  
Allianz Risk Consulting  
GmbH (ARC)  
Allianz Global Corporate &  
Specialty SE  
Abteilung Risk Consulting  
ARC AZT Expert 2



### Erfahrung

Ca. 1.200 Gutachten  
Zahlreiche Vorträge, Veröffent-  
lichungen  
Großschadenuntersuchung im  
In – und Ausland  
Regelmäßige Fort- u. Weiter-  
bildung  
**MITGLIEDSCHAFT**  
DGZfP e.V., DVS e.V.  
Lloyds Register

## Agenda



- 1 Vita
- 2 Allianz, AGCS, ARC, AZT
- 3 Schadenuntersuchung
- 4 Beispiele
- 5 Schluss

## Allianz SE (Holding)

### Allianz Global Corporate & Specialty SE (AGCS SE)

Globale Versicherung- und Risikolösungen für Großunternehmen (Konzernkunden weltweite Präsenz)

#### Allianz Risk Consulting ARC



Risikoanalysen, Loss Control, Risk Management

#### Allianz Zentrum für Technik AZT



Beratungs- und Forschungsinstitut der AGCS  
Seit über 80 Jahren Schadenanalysen, Schadenverhütung und Risikogutachten  
Lieferung von technologischem Fachwissen auch für externe Kunden



#### Engineering / AZT Experts



Maschinenbau, Berechnung, Schweißtechnik, ZfP, Chemie, Verfahrenstechnik, Werkstoffe, Schwingungstechnik, Betriebsmessungen

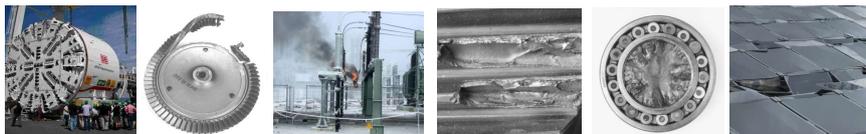
### Allianz AG Deutschland (ADAG)

Versicherung kleiner und mittlerer Unternehmen (Firmenkunden)

## Allianz Risk Consulting GmbH – Allianz Zentrum für Technik (AZT)

### Das AZT leistet objektive und interdisziplinäre Aufklärung und Beratung bei komplexen Risiken und Schäden in Industrie- und Kraftwerksanlagen.

- AZT bietet technische Unterstützung für Risikoingenieure, Schadenregulierer und Kunden der AGCS.
- AZT Dienstleistung reicht von technischer Schadenanalyse bis hin zur Bewertung prototypischer Risiken.
- AZT agiert als unabhängiger Dienstleister innerhalb des weltweiten ARC Netzwerkes von 220 Ingenieuren.
- AZT Dienstleistungen werden kommerziell über die **ARC GmbH** abgewickelt.



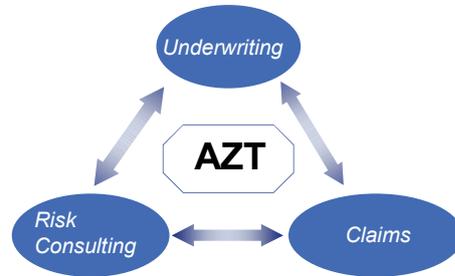
## 2008 Eingliederung Allianz Zentrum für Technik (AZT) in die Allianz Global Corporate & Specialty SE (AGCS SE)



Allianz Risk Consulting GmbH  
<https://azt.allianz.de>

- 15 Ingenieure verschiedener Fachrichtungen
- Laborkooperation mit der GWP Gesellschaft für Werkstoffprüfung mbH in Zorneding
- 3 AZT-Techniker / Laboranten in Zorneding
- Netzwerkpartner

© Allianz Risk Consulting GmbH, 21.03.2017 R. Schaar



Kooperationslabor in Zorneding  
<http://www.gwp.eu/>



## Kooperationslabor und Netzwerkpartner statt eigenem Labor

Dr. Johannes Stober  
 Allianz Risk Consulting GmbH  
 Allianz Zentrum für Technik  
 Fritz-Schäffer-Strasse 9  
 81737 München  
 Deutschland  
 Fon: +49 89 38 00-63 29  
 Fax: +49 89 38 00-63 22  
[johannes.stober@allianz.com](mailto:johannes.stober@allianz.com)  
[www.allianz-azt.de](http://www.allianz-azt.de)

Dr. Julian Neckl  
 Gesellschaft für Werkstoffprüfung mbH  
 Georg-Meiner-Allee 25  
 85064 Zorneding bei München  
 Deutschland  
 Fon: +49 81 06 9941-10  
 Fax: +49 81 06 9941-11  
[julian.neckl@gwp.eu](mailto:julian.neckl@gwp.eu)  
[www.gwp.eu](http://www.gwp.eu)

Anfahrt:

**Labor technick**  
 Analysieren, Prüfen, Testen,  
 Bewerten, Entwickeln.

Allianz 

GWP 

Allianz 



GWP Gesellschaft für Werkstoffprüfung mbH

Über 40 Jahre Erfahrung  
 Akkreditierung nach DIN 17025

- Labor - Services
- Analytik
  - Werkstoffprüfung
  - Metallographie
  - Mikroskopie
  - Umweltsimulation
  - Gaslabor
  - Klebelabor
  - ZfP
  - Physikalische Prüfung
  - Brandprüfungen
  - Werkstatt
  - ParticleCheck

© Allianz Risk Consulting GmbH, 21.03.2017 R. Schaar

Folie 8

# Agenda

- 1 Vita
- 2 Allianz, AGCS, ARC, AZT
- 3 Schadenuntersuchung**
- 4 Beispiele
- 5 Schluss

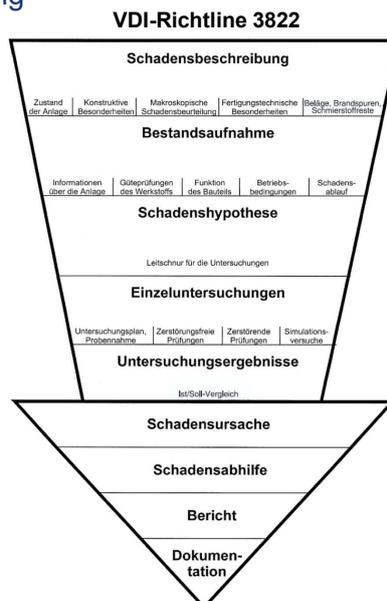
## Ablauf einer Schadenuntersuchung

Anwendung von optische Prüf- und Messverfahren?

Sind Schadenuntersuchungen unverzichtbar?

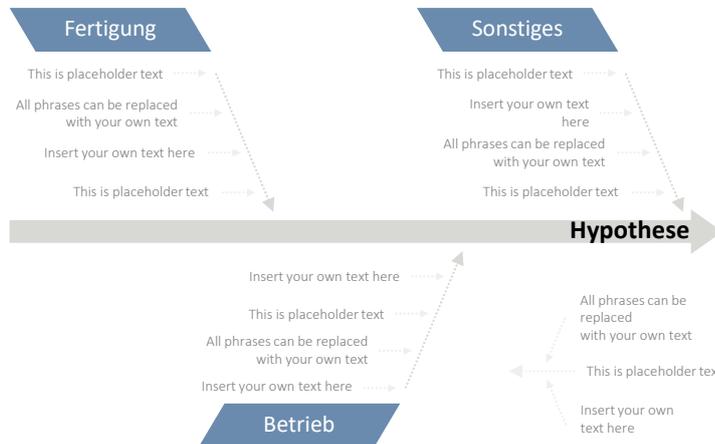
**Ja**, nur wenn die wirkliche Ursachenkette erkannt ist, können Reparaturmaßnahmen oder Änderungen erfolgreich sein.

**Lessons Learned Prozess**



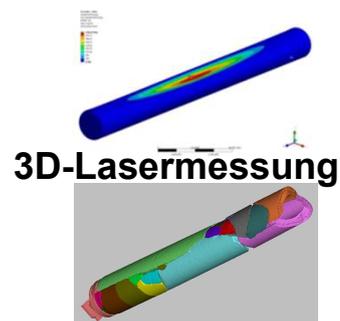
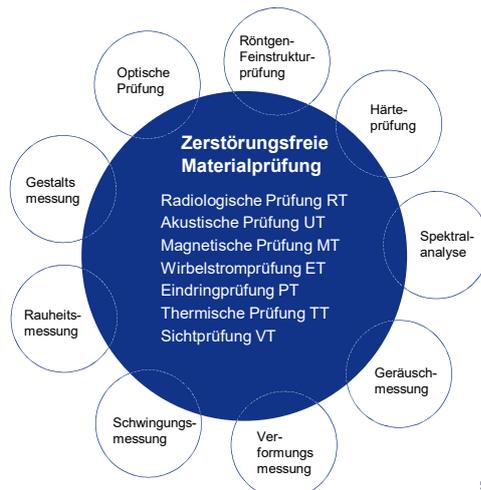
## Ursache – Wirkungsdiagramm (ISHIKAWA)

### Schadenhypothesen



## Zerstörungsfreie Materialprüfung

Welche Verfahren kommen bei einer Schadenuntersuchung oft zur Anwendung?



Es kommen alle verfügbaren Verfahren oder Methoden zur Anwendung –  
**„Der Zweck heiligt die Mittel“**  
**Schadensummen xxx Mill. €**

## Agenda

- 1 Vita
- 2 Allianz, AGCS, ARC, AZT
- 3 Schadenuntersuchung
- 4 Beispiele
- 5 Schluss

## Schadenbeispiel 1

### **3D-Vermessung und Rekonstruktion einer geborstenen Kalandervalze**

## Eine Papierfabrik in China



Gesamtleistung der Fabrik 2.000.000 t Papier

Kapazität der vom Schadenfall betroffenen Anlage:  
1.100.000 t/a doppelt gestrichenes Feinpapier ( bei 2.000 m/min, Siebbreite 10.600 mm)

## Berstschaden an einer Kalandervalze



**Fragestellung an AZT:**

- Sind Herstellungsfehler in dem Walzenkörper aus Schalenhartguss für das Bersten verantwortlich? (Evtl. Regressmöglichkeit beim Hersteller der Gussteile). **Chinesische Schadenexperten vermuten Werkstoffmängel.**
- Gibt es andere Hinweise, die auf die Ursache hinweisen?
- Können Fehler beim Betrieb das Bersten bewirkt haben (Betriebsfehler, Bedienungsfehler, Modifikationen?).

**Teilaufgaben bei der Schadenuntersuchung:**

- Dokumentation und erste Begutachtung der Bruchstücke
- Vermessung der 40 Bruchstücke und Rekonstruktion des Walzenkörpers
- Prüfung der Bruchstücke mit PT, UT, VT
- Werkstoff- und Bruchflächenuntersuchungen
- Input liefern für Nachrechnungen
- Input liefern für ZfP-Prüfprogramm der zahlreichen weltweit eingesetzten Walzen

**Spröder Schalenhartguss brach in hunderte Bruchstücke**



## Vorgehensweise / Messtechnik

AZT-Unterauftrag an Netzwerkpartner:

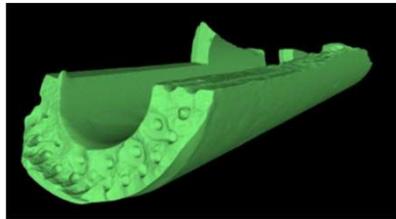


Einsatz eines terrestrischen 3D-Laserscanners „Riegl VZ-400“

- Arbeitsbereich 1 – 600 m
- Genauigkeit bei Mehrfachmessung 3 mm
- Messung von 4 - 6 unterschiedlichen Standpunkten (Zeitaufwand zwei Tage)

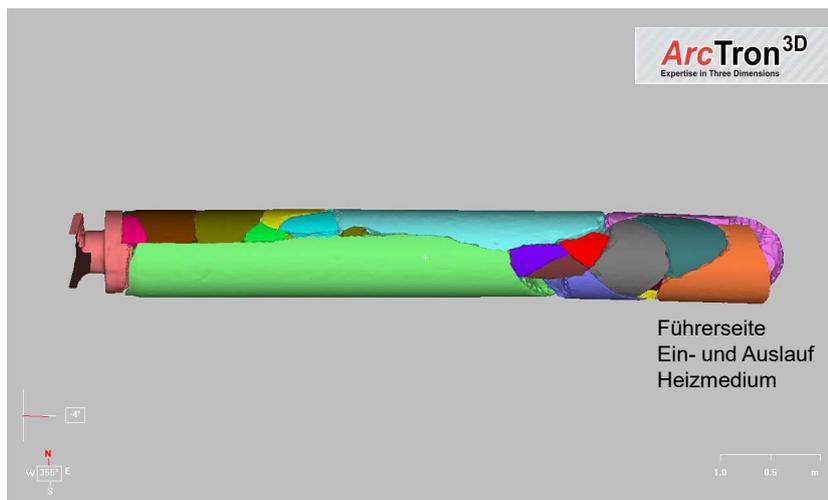
Rekonstruktion zu 3D-Modell mit Software QT-Sculptor® (Arctrion)

- Auswertung und Rekonstruktion übersteigt Messzeit um ein Vielfaches



Bildschirmfoto eines 3D-Modells (Bruchstück 17) aus aSPECT<sup>3D</sup>

## Rekonstruktion durch 3D-Laserscanning



Führerseite  
Ein- und Auslauf  
Heizmedium

### Bruchstücke in 2D-Abwicklung



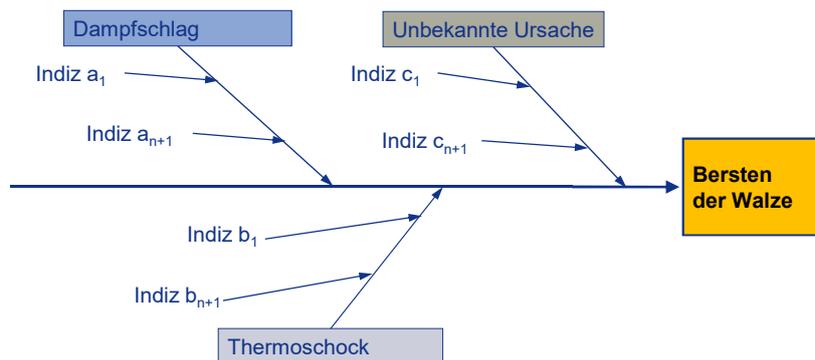
### Zerstörungsfreie Prüfungen im Rahmen der Ursachenklärung



## Zerstörungsfreie Prüfungen im Rahmen der Ursachenklärung



## Schadenhypothesen für das Bersten der Kalandерwalze



**Primäre Ursache:**

Unsachgemäße und nicht ohne weiteres erkennbare Modifikation durch den Anlagenbetreiber im Bereich der Führerseite um einen schnellere Walzenwechsel zu ermöglichen.

## Schadenbeispiel 2

### Verformungen an NH<sub>3</sub>-Behälter, festgestellt bei Wartungsarbeiten

## Erdverlegter Ammoniak-Behälter



Erdverlegter Doppeltank für NH<sub>3</sub> war viele Jahre ohne Auffälligkeiten in Betrieb. Bei einer Begehung nach einer Wartung wurden erhebliche Verformungen im Innentank festgestellt.



Einige techn. Daten:

Inhalt 447 m<sup>3</sup> NH<sub>3</sub>  
Werkstoff P335NH  
Länge 40.000 mm  
Innendurchmesser 3.800 mm  
Wanddicke 17 mm  
Abstand Innen-Außentank 250 mm

Was war passiert..

**Fragestellung an AZT:**

Ereignete sich die Verformung in der Betriebszeit oder bei der Wartung.

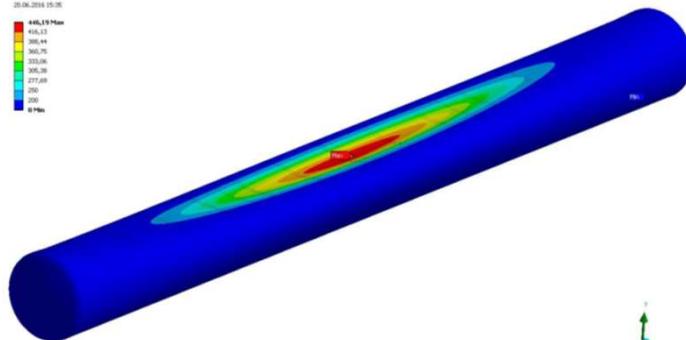
**Teilaufgaben bei der Schadenuntersuchung:**

- Fachliche Unterstützung des Betreibers/Wartungsfirma bei der Ursachenklärung
- Bewertung von bereits vorliegenden Ergebnissen (3D-Laserscanning)
- Empfehlung von weiteren Untersuchungsmaßnahmen (FEM-Simulation)
- Neutrale Bewertung des Sachverhaltes anhand der Indizien
- Erstellen einer abschließenden neutralen Bewertung

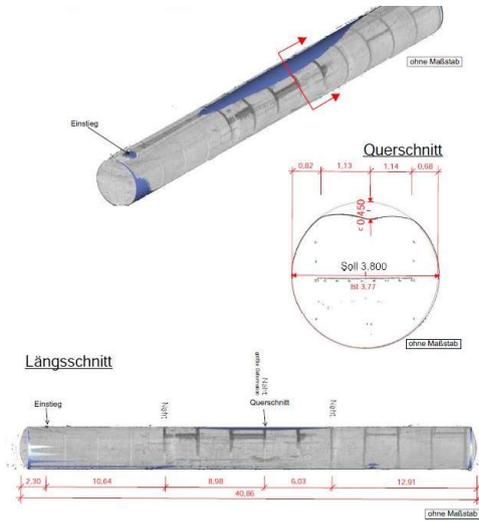
3D-Laserscanning

3D-Scan - Rohdaten  
 Gesamtverformung  
 Typ: Gesamtverformung  
 Einheit: mm  
 Zeit: 04.12.2015  
 20:06:2015 15:28

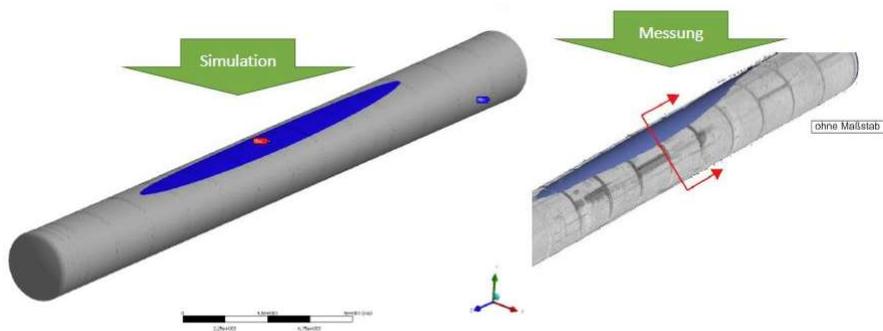
446,19 Max
416,12
386,04
356,95
327,86
298,78
277,88
250
200
0 Min



### 3D-Laserscanning für eine Deformationsmessung

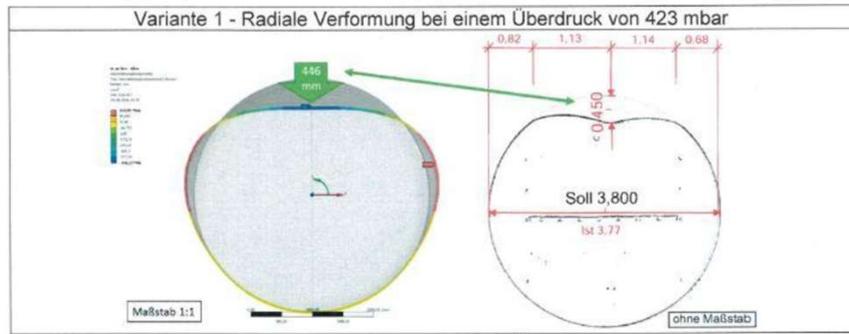


### Gesamtverformung bei einem Überdruck von 423 mbar



Quelle:  
TÜV Nord SysTec GmbH & Co. KG, A. Schulz  
Bericht 80000122306

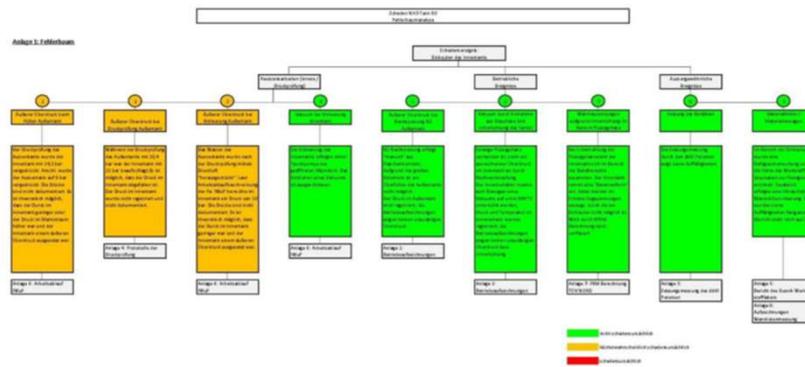
FEM-Simulation



Berechnung nach AD-2000 Merkblatt-B6:  
Grenzdruck 0,6 bar

Quelle:  
TÜV Nord SysTec GmbH & Co. KG, A. Schulz  
Bericht 80000122306

Fehlerbaumanalyse – neun mögliche Schadenhypothesen



## Fehlerbaumanalyse – mögliche Schadenhypothesen

### Äußerer Überdruck auf den Innentank

- ✓ beim Füllen des Außentanks,
- ✓ bei der Druckprüfung des Außentanks
- ✓ bei der Entleerung des Außentanks

Was tatsächlich schadensursächlich war, kann aufgrund der fehlenden Dokumentation (insbesondere Aufzeichnung zu den Druckverläufen während der Arbeitsabläufe) nicht eindeutig belegt werden.

Alle anderen Hypothesen konnten bewiesen widerlegt werden oder sind aufgrund physikalisch technischer Sachverhalte nicht möglich.

### Lessons Learned:

In Zukunft auch bei Wartungsarbeiten kontinuierliche Druckaufzeichnung vorsehen.

## Schadenbeispiel 3

### Nach kurzer Betriebszeit treten Auffälligkeiten an einem Abgaskamin einer Gasturbine auf



## Ein Kamin hinter einer Gasturbine

### Objektdaten:

- Doppelmantelkamin
- Schalldämpferkulissen am Kaminaustritt
- Kaminfuss mit GT-Diffusor steht auf Stahlkonstruktion
- Dreiteilig vorgefertigt, zur Baustelle transportiert und dort montiert

### Außenrohr

Werkstoff S355 J2  
Mündungshöhe 49 m  
Außendurchmesser 4900 mm

### Innenzug

Werkstoff 1.4878 (Auslegungstemp. 620°C)  
Lagerung hängend über Pendelhänger 45° versetzt  
Isolierung 100 mm



## Kamin zeigt nach kurzer Betriebszeit Auffälligkeiten

Kamin war ca. drei Tage ohne Auffälligkeiten in Betrieb. Dann wurden erhebliche Schwingungen (Brummen) festgestellt.

Schwingungsmessungen, Strömungsuntersuchungen, Simulationen u.v.a.m. ergaben keine plausible Ursache für das Brummen.

Bei Befahrungen und einer Sichtprüfung der Kamininnenseite wurden Verformungen und eine angeblich S-förmige Verformung des Innenrohres dokumentiert.

### Aufgabenstellung an AZT

Beweissicherung der geometrischen Verhältnisse am Kamin vor dem Abbau.

## Gewählte Vorgehensweise / Messtechnik

In Kombination mit dem Netzwerkpartner erfolgte eine 3D-Lasermessung am Kamin innen und außen

3D-Laserscans mit sehr hohen Genauigkeiten mit einer speziellen Kombination von hochwertigen 3D-Laserscanning-Technologien:

- äußere Übersichts-Scans (Kamin und bauliches Umfeld) und Basisscans im Kamininnenraum mit RIEGL VZ-400 (Genauigkeit:  $\leq 5\text{mm}$ )  
(Gerätespezifikation: [http://www.riegl.com/uploads/tx\\_pxriegl/downloads/10\\_DataSheet\\_VZ-400\\_2014-09-19.pdf](http://www.riegl.com/uploads/tx_pxriegl/downloads/10_DataSheet_VZ-400_2014-09-19.pdf))
- Detailscans (Kamin innen) und Feinregistrierung mit SURPHASER 25 HSX ER\_XQ (Genauigkeit:  $\leq 0.7\text{mm}$ )  
(Gerätespezifikation: <http://www.surphaser.com/25hsx-scanner.html>)

Insgesamt wurden 25 Scans durchgeführt. Zeitaufwand 1,5 Arbeitstage.

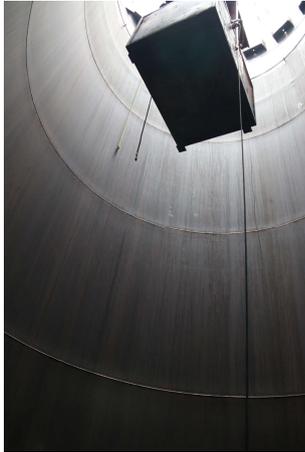
Riegl VZ-400: 14 Scanpositionen (außen), 3 Scanpositionen (innen),  
Surphaser 25 HSX: 8 Scanpositionen (innen)

Befestigung des jeweiligen Scanners an provisorisch innen angeschweißten Plattformen mit Spezialklammern. Dadurch konnten sehr steile Winkelmessungen vermieden und eine annähernd komplette Vermessungs-Abdeckung der Innenflächen realisiert werden.

## Befahren des Kamins mit einem Korb an einem Mobilkran



### Kaminkopf



### Optischer Eindruck der Verformungen



## Durchführung der Messungen



RIEGL VZ-400



SURPHASER 25 HSX

3D-Laserscans im Kamin-Innenraum. Die weißen Kugeln dienen für die präzise Referenzierung der Scans.

## Messergebnisse von Arctron

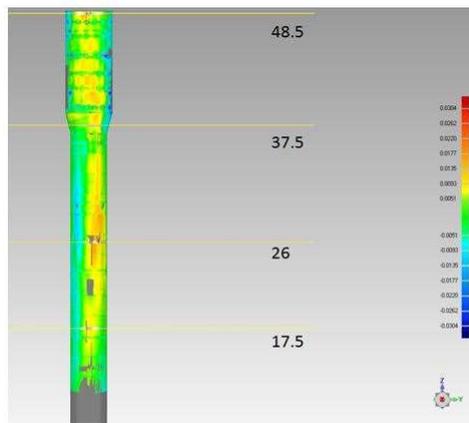
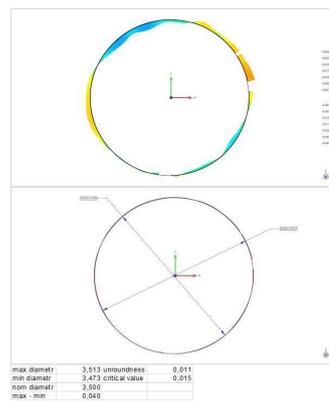


Abb. 2 Unrundheit - Lage der nachfolgend abgebildeten Querschnitte in Höhe 17,5, 26, 37,5, 48,5 m  
Querschnitt in Höhe 17,5m



## Bewertung des Kamins nach Regelwerken durch AZT

### IVS-Richtlinie 104 (Okt. 2012): Toleranzen für kreiszylindrische Schornsteine

- ✓ Fertigungstoleranz
- ✓ Abweichungen der Rohrdurchmesser am Schussübergang
- ✓ Abweichung aus der Lotrechten
- x **Beulung Innenrohr**
- x **Unrundheit, Ovalisierung**
- ✓ Blechversatz, Exzentrizität
- ✓ Außerwinkeligkeit
- ✓ Schiefstellung aus Montage
- x **Mittelpunktabweichungen Kaminfuss, Konus, Kaminkopf**

IVS = Industrie-Verband Stahlschornsteine e.V.

## Agenda

- 1 Vita
- 2 Allianz, AGCS, ARC, AZT
- 3 Schadenuntersuchung
- 4 Beispiele
- 5 Schluss

## Sturmschaden – Kollabierte Flüssiggastanks



Hier braucht man eine 3D-Lasermessung nicht mehr...

Der Schaden ereignete sich während der Bauphase als die Tanks noch nicht geschlossen waren.

**Ursache:** aerodynamischer Effekte und ungenügende Abspannung.

## Fazit

3D-Lasermessungen können eine sehr nützliches Werkzeug bei der Schadenuntersuchung sein.

**Allianz Global Corporate & Specialty – Allianz Zentrum für Technik**  
Questions or comments?

For further information please contact

**Name**        **Reinhold Schaar**  
**Title**         Leitender Oberingenieur  
**Telephone**   +49 89 3800 6228  
**Email**        reinhold.schaar@allianz.com



▶ Sign up for 'eUpdate', our regular newsletter on [www.agcs.allianz.com](http://www.agcs.allianz.com)

© Allianz Global Corporate & Specialty SE 2017.

All rights reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes only and is subject to change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of information or fitness for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is prohibited.

Graphics supplied by Allianz Global Corporate & Specialty SE if source not quoted separately.