

## INNOVATIONSFORUM PATHE 2

Passive Thermografie als zerstörungsfreies  
Prüfverfahren thermisch gefügter Bauteile

05. September 2017  
Halle (Saale)

VORTRAGSBAND



## Inhaltsverzeichnis

Dr. rer. nat. Christoph Franzen, Dresden

**Infrarotthermografie - Anwendungsbeispiele aus der Baudenkmalpflege** ..... 1

M.Sc. Armen Klisch, Halle (Saale)

**Passive Thermografie als Inline-Prozessüberwachung und zerstörungsfreies Prüfverfahren von Schweißverbindungen** ..... 9

Patrik Georg Prokosch, Linz

**Automatisierte thermographische Prüfung geschweißter und nahtloser Stahlrohre zum Nachweis der Dichtheit und Unvollkommenheiten** ..... 21

Dr.-Ing. Volker Schauder, Halle (Saale)

**Praktische Erfahrungen in der Anwendung der passiven Thermografie der sich abkühlenden Naht bei verschiedenen Schweißverfahren und Materialien** ..... 37

Dipl.-Ing. Jörg Döppner, Dresden

**Möglichkeit zur Erweiterung der Temperaturmess- und Dynamikbereiche moderner Thermografiesysteme** ..... 47

Dr.-Ing. Christian Srajbr, Stuttgart

**Induktionsthermografie zur zerstörungsfreien Bewertung von Löt- und Schweißverbindungen** ..... 59

M.Sc. Heinrich Leicht, Würzburg

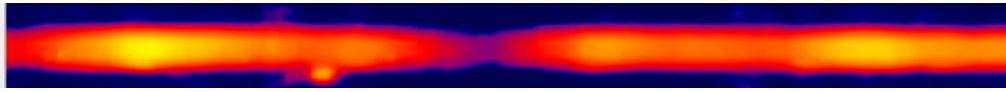
**Entwicklung und Evaluierung der aktiven Thermografie als zerstörungsfreies Prüfverfahren zur Qualitätssicherung von gefügten Kunststoffverbindungen** ..... 72

Dipl.-Ing. Gunnar Morgenstern, Berlin

**Der Weg zum ISO 9712 Zertifikat - Thermografieausbildung bei der DGZfP** ..... 82

**Werbeseite** SLV Halle GmbH





## Passive Thermografie als Inline-Prozessüberwachung und zerstörungsfreies Prüfverfahren von Schweißverbindungen

A. Klisch, S. Keitel

2. Innovationsforum pathe, Halle, den 05.09.2017

Passive Thermografie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für thermisch gefügte Bauteile



### Gliederung



- Motivation / Zielstellung
- Aktuelle Situation Thermografie in der zfP
- EN 16714-1 Thermografische Prüfung Teil 1: Allgemeine Grundlagen
- Referenzprobekörper Typ 1
- Referenzprobekörper Typ 2
- Referenzprobekörper Typ 3
- Diskussion

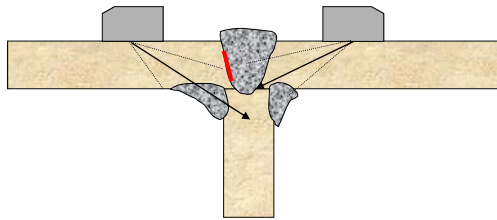


Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH (alle Rechte vorbehalten)

2

## Motivation / Zielstellung

- Etablieren der Thermografie als neues, innovatives Prüfverfahren in der zfP → z. Zt. Spezialisierung auf Produktsektor Schweißverbindungen w
  - Detektion und Bewertung von Schweißnahtunregelmäßigkeiten (EN ISO 6520) mittels TT
- UT-Prüfung an Kehlnähten
  - Zugänglichkeit Schweißnaht nicht immer gegeben
  - Richtungsabhängigkeit Ungänze-Prüfkopf nicht immer gegeben → Unregelmäßigkeit nicht anschallbar
  - Phased-Array-Technologie noch nicht in Prüflandschaft etabliert → noch keine Durchführungs- und Bewertungsnorm an Kehlnähten vorhanden
  - Interpretation Anzeigen hohes Maß an Prüferfahrung notwendig





## Aktuelle Situation Thermografie in der zfP




- DGZfP-Ausbildung
  - Stufe 1 – 3 TT
- ÖGfZP-Ausbildung
  - Stufe 1 – 2 TT
- SGZP-Ausbildung
  - Stufe 1 TT
- Ausbildung bei IR-Kameraanbietern
  - Stufe 1 TT
- SLV Halle GmbH-Ausbildung
  - Stufe 1 und 2 TT, w

### Anwendung TT nach Branchen

- Feuerwehrentechnik
- Luftfahrt
- Elektrothermografie
- Industriethermografie
- Gebäudethermografie
- Schweißverbindungen



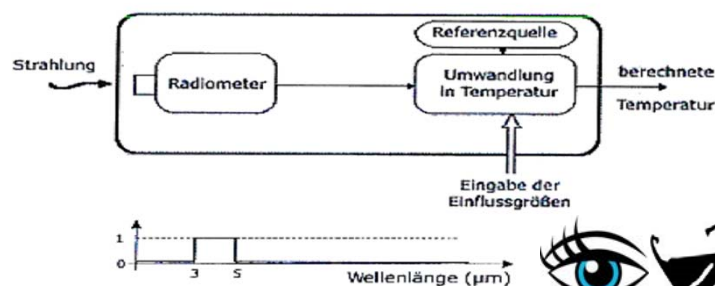
<b>Aktuelle Situation Thermografie in der zfP</b> 	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN 54190-1/-2/-3 → DIN EN 16714-1/-2/-3 (November 2016) <ul style="list-style-type: none"> <li>– Allgemeine Grundlagen</li> <li>– Geräte</li> <li>– Begriffe</li> </ul> </li>   <li>• Technische Richtlinie der ÖGfZP TR 10893-13 (April 2017):  <i>„Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren; Automatisierte thermografische Prüfung geschweißter Stahlrohre zum Nachweis von Unvollkommenheiten“</i> </li>   <li>• TT-Normen gehen vermehrt in die Tiefe → zunehmender Informationsgewinn</li> </ul>	
 <small>Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH (alle Rechte vorbehalten)</small>	5

<b>DIN EN 16714-1 Thermografische Prüfung Teil 1: Allgemeine Grundlagen</b> 	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definiert grundlegende Begrifflichkeiten der Thermografie</li> <li>• Vorbereitung einer thermografischen Prüfung</li> <li>• Klärung allgemeiner Begriffe wie Prüfanweisung sowie Verfahrensbeschreibung</li>   <li>• Änderung zu europäischen Norm (Vorgängernorm DIN 54190-1)</li> <li>• Redaktionelle Anpassung sowie Angaben zum Stand der Technik</li> <li>• Umbenennung von Begriffen</li> <li>• U.a. Angabe zu Anwendungsgebiete → Thermografie an Schweißverbindungen</li> <li>• Prüfpersonal muss in dem Verfahren qualifiziert und zertifiziert sein</li>   <li>• Einführung von <b>Referenzprobekörper</b> Typ 1, Typ 2 und Typ 3 zur Überprüfung des Prüfsystems</li> <li>• Die Verwendung von <b>Referenzprobekörpern</b> ist im Prüfbericht vorgeschrieben</li> </ul> 	
 <small>Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH (alle Rechte vorbehalten)</small>	6

## Referenzprobekörper Typ 1

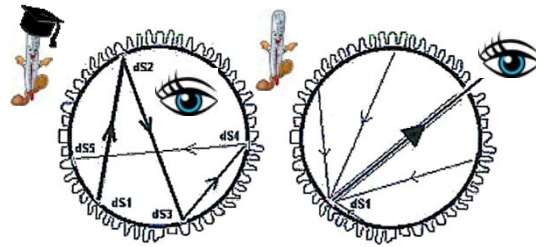
- Referenzprobekörper zur Überprüfung der Kalibrierung und/oder zur Prüfung des Messsystems
  - Kalibrierter Schwarzkörperstrahler, große Metallplatte
  - Überprüfung von zwei verschiedenen prüfungsrelevanten Temperaturen
  - Genauigkeit sollte den Wert der aktuellen Kalibrierung nicht überschreiten ( $\pm 3,5$  K)
  - Allgemeine Funktionskontrolle vor jedem Prüfeinsatz
  - Verwendung des **Referenzprobekörpers** vor- und/oder während der Prüfung, aber nicht vor jeder Prüfung notwendig

## Referenzprobekörper Typ 1



- Beispiel: Arbeitsbereich Detektor 3 - 5 µm
  - Kamera kann nur im Arbeitsbereich IR-Strahlung aufnehmen
  - Radiometer rechnet ankommende Strahlung in Temperaturwert um
  - Arbeitsbereich wird durch Filter weiter eingeschränkt
  - Filter verringern Strahlungsintensität, welche am Detektor ankommt
  - Umrechnung erfolgt anhand von Kalibrierkurve(n)





- Theoretischer und realer Schwarzkörperstrahler
- Kalibrierung erfolgt am realen Schwarzkörperstrahler



Quelle: voestalpine



Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH (alle Rechte vorbehalten)

- Aufnahme Kalibrierkurve an allen Objektiven, Blenden und Filtern in dem gewünschten Temperaturbereich



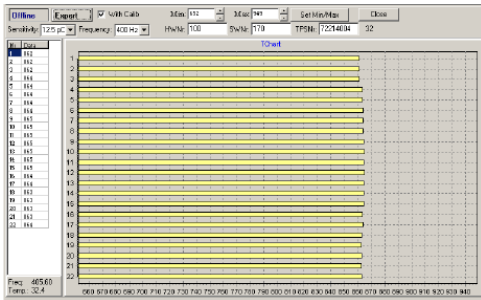
Quelle: Infratec



Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH (alle Rechte vorbehalten)

## Referenzprobekörper Typ 1

- Kalibrieren bei hohen Temperaturen für die Schweißtechnik
  - Aufheizen des realen Schwarzkörperstrahlers mit Gasflamme oder Strom
  - Strahlung wird von jedem einzelnen Pixel des Detektors gemessen
  - Normierungsfunktion wird für jeden Pixel hinterlegt (Abgleich)



Quelle: HKS

## Referenzprobekörper Typ 1

- Kalibrierung findet beim Hersteller statt und sind aller zwei Jahre zu wiederholen
- Empfohlen wird jährliche Kalibrierung!
- Kosten ca. 400 €

Kalibrierschein/ Certificate of calibration		<b>HKS</b> PROZESSKONTROLLE	
Version	05.1.2016		
Revisor	Technische Abteilung	Typ	TP1 Typ 03
Revisor/Revisorin	7330-030	Hersteller	HKS Prozesskontrolle GmbH
Ausgabedatum: Das Temperaturmessgerät ist ab dem 01.01.2016 gültig.			
Temperaturmessbereich		Min. 100°C	Max. 225°C
±0,1°C	±0,2°C	±0,3°C	±0,4°C
±0,5°C	±0,6°C	±0,7°C	±0,8°C
±1,0°C	±1,2°C	±1,5°C	±2,0°C
±2,0°C	±2,5°C	±3,0°C	±4,0°C
Messunsicherheit		Kombinierte Messunsicherheit	
±0,1°C	±0,2°C	±0,3°C	±0,4°C
±0,5°C	±0,6°C	±0,7°C	±0,8°C
±1,0°C	±1,2°C	±1,5°C	±2,0°C
±2,0°C	±2,5°C	±3,0°C	±4,0°C
Ausschließen der Abschirmung und des Strahlungsleiters, wenn vorhanden, 2.0. (Standard) und 2.0. (Standard) (Nur für die Messung von Strahlung)			
Hersteller: HKS Prozesskontrolle		Bezeichnung/Typname: TP1 Typ 03	
Revisor/Revisorin: Technische Abteilung		Temperaturbereich: 100 - 225°C	
Ausgabedatum: 01.01.2016		Kombinierte Messunsicherheit: ±0,2°C	
Kunde: HKS Prozesskontrolle		Anwendungsbereich: Kalibrierung	
Anwendungsbereich: HKS-Kalibrierung		Anwendungsbereich: Kalibrierung	
Messunsicherheit: ±0,1°C		Messunsicherheit: ±0,2°C	
Messunsicherheit: ±0,5°C		Messunsicherheit: ±1,0°C	
Messunsicherheit: ±1,0°C		Messunsicherheit: ±2,0°C	
Messunsicherheit: ±2,0°C		Messunsicherheit: ±4,0°C	
Das Messgerät wurde nach dem 01.01.2016 durch den Hersteller kalibriert. Die Messung ist nur gültig, wenn das Messgerät nach dem 01.01.2016 durch den Hersteller kalibriert wurde. Die Messung ist nur gültig, wenn das Messgerät nach dem 01.01.2016 durch den Hersteller kalibriert wurde.			
Hersteller: HKS Prozesskontrolle		Anwendungsbereich: Kalibrierung	
Revisor/Revisorin: Technische Abteilung		Anwendungsbereich: Kalibrierung	
Ausgabedatum: 01.01.2016		Anwendungsbereich: Kalibrierung	
Kunde: HKS Prozesskontrolle		Anwendungsbereich: Kalibrierung	
Anwendungsbereich: HKS-Kalibrierung		Anwendungsbereich: Kalibrierung	



## Referenzprobekörper Typ 2

- Referenzprobekörper zur Bewertung der Nachweisempfindlichkeit bestimmter Werkstoffe
  - Justierung erfolgt an künstlichen Fehlern (Flachbodenbohrung, Nuten, Stufenkeil)
  - Werkstoff Prüfgegenstand derselbe wie Referenzprobekörper
  - Verwendung des **Referenzprobekörpers** vor- und/oder während der Prüfung wird nicht explizit in DIN EN 16714-1 erwähnt

## Referenzprobekörper Typ 2

- Kompakte Geometrie
- Reproduzierbare Darstellung des Prüfergebnisses mit einzustellenden Schweiß- und Kameraparametern
- Fünfmalige Überprüfung der Nachweisempfindlichkeit des Prüfsystems mit anschließender Aufarbeitung



## Referenzprobekörper Typ 2

- Kameraparameter

A 39 mm

B 94 mm

C 60,3°

A



B



C



## Referenzprobekörper Typ 2

- Schweißparameter

Drahtvorschub	12,9 m/min
Stromstärke	246 A
Spannung	32,2 V
Schweißdraht	G3Si1
Schweißdrahtdurchmesser	1 mm
Schutzgas	M21 mit 82% Ar und 18% CO <sub>2</sub>
Gasdurchflussmenge	12 l/min
Schweißgeschwindigkeit	70 cm/min
Brennerhaltung	90°
Freies Drahtende	10 mm



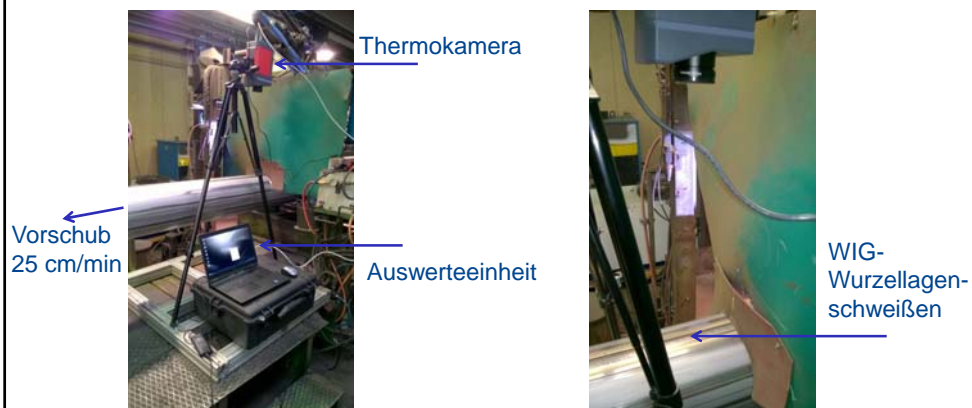


### Referenzprobekörper Typ 3

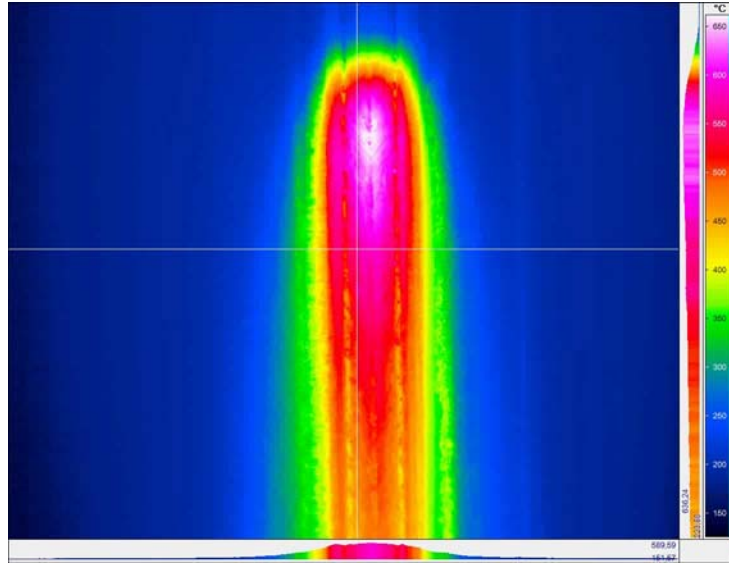
- Referenzprobekörper zur Bewertung der Nachweisempfindlichkeit bestimmter Werkstoffe (Originalprüfobjekt)
  - Justierung erfolgt an natürlichen Fehlern (Qualitätsabweichungen während des Produktionsprozesses)
  - Werkstoff Prüfgegenstand ähnelt dem Referenzprobekörper
  - Charakterisierung des natürlichen Fehlers durch andere zFP-Verfahren (z.B. CT oder UT)
  - Verwendung des **Referenzprobekörpers** vor- und/oder während der Prüfung wird nicht explizit in DIN EN 16714-1 erwähnt

### Referenzprobekörper Typ 3

- Nahtvorbereitung I-Stoß
- Decklagenschweißen (Plasmaschweißen), Wurzellagenschweißen (WIG-Schweißen)
- Überwachung des Wurzellagenschweißprozesses

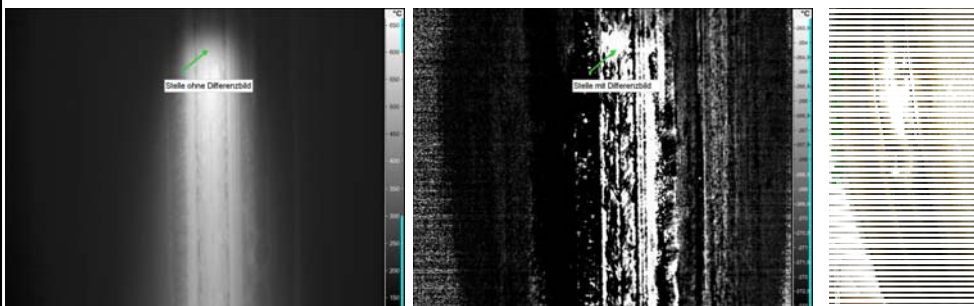


## Referenzprobekörper Typ 3



## Referenzprobekörper Typ 3

- Anzeigenoptimierung
  - Temperaturbereich (Level, Span)
  - Farbpalette (Schwarz-Weiß)
  - Differenzbild aus Thermosequenz (i.O. „minus“ TT<sub>1,2,3...</sub>)
  - Kosten schwer abschätzbar



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Innovationsforum pathe 2

- Netzwerkpartner





# TR 10893 - 13

Automatisierte thermographische Prüfung geschweißter und nahtloser Stahlrohre zum Nachweis der Dichtheit und Unvollkommenheiten

voestalpine Stahl GmbH  
[www.voestalpine.com/stahl](http://www.voestalpine.com/stahl)

voestalpine  
ONE STEP AHEAD.

voestalpine



voestalpine Stahl GmbH  
2 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine  
ONE STEP AHEAD.

# Prokosch Patrik

---

voestalpine Stahl Linz GmbH

Stufe 3 nach EN ISO 9712 für TT/UT/RT/MT/PT/VT

voestalpine Stahl GmbH  
[www.voestalpine.com/stahl](http://www.voestalpine.com/stahl)

voestalpine  
ONE STEP AHEAD.

## Vortragsübersicht

---

- » Die **Ö**sterreichische **G**esellschaft für **Z**erstörungsfreie **P**rüfung → ÖGfZP
- » Der Unterausschuss TT (UA TT) stellt sich vor
- » Warum wird die 10893-13 benötigt
- » Aufbau einer TT online Prüfanlage
- » Geschichte der 10893-13
- » Zukünftige Schritte im Normenprojekt

voestalpine Stahl GmbH  
4 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine  
ONE STEP AHEAD.

# Die ÖGfZP

---

voestalpine Stahl GmbH

5 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Die ÖGfZP

---



## Die Österreichische Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung

Die Ausbildung und Qualifizierung von ZfP-Personal in Österreich hat eine lange Tradition.

Namhafte Unternehmen wie die voestalpine AG (Linz) und Böhler Edelstahl AG (Kapfenberg) haben bereits in den 70er Jahren nach dem Schema der ASNT TC 1A ihre ZfP - Prüfer ausgebildet.

voestalpine Stahl GmbH

6 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

## Die ÖGfZP - Historie



Ende der 70er Jahre wurde von NDT-Experten der Österreichische Standard „ÖNORM M 3040 Teil 1-3“ erarbeitet. Dieser Standard diente als Grundlage für die „Third Party“ Zertifizierung.

1979 gründeten Herr Brunner (SZA) und Herr Krainer (Böhler) die **Österreichische Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (ÖGfZP)**.

## Die ÖGfZP - Heute



**Präsident:**

Hr. DI. Dr. Stefan Haas

**Geschäftsführer:**

Komm. Rat Ing. Gerhard Aufricht

**Leiter ZS:**

Hr. DI (FH) Gerald Idinger

**Leitung Sekretariat:**

Fr. Zettl Elisabeth

**Sekretariat:**

Fr. Köstner Iris

# Die ÖGfZP - Heute

---



voestalpine Stahl GmbH

9 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Die ÖGfZP

---

ÖGfZP

Sektorkomitees

Technischer Ausschuss

Ausbildungsausschuss

Unterausschüsse



voestalpine Stahl GmbH

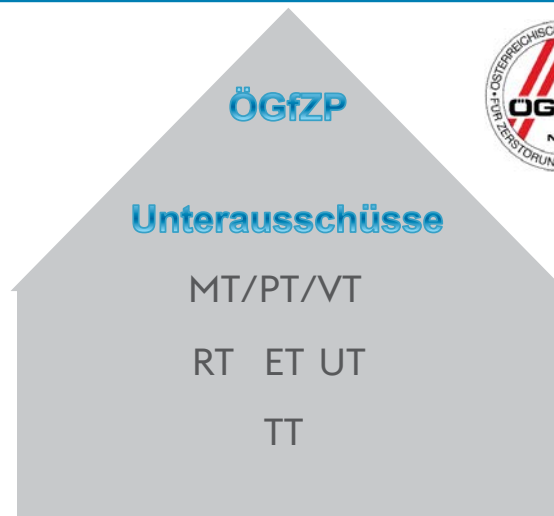
10 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Die ÖGfZP

---



voestalpine Stahl GmbH

11 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Die ÖGfZP

---



voestalpine Stahl GmbH

12 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Der UA TT stellt sich vor

voestalpine Stahl GmbH

13 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.



voestalpine Stahl GmbH

14 | 31. Juli 2017 | Die Gründungsmitglieder

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Warum wird diese Norm benötigt?

---

voestalpine Stahl GmbH

15 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Warum wird diese Norm benötigt?

---

Weil jeder Rohrhersteller sein Produkt einer normativen Qualitätssicherung unterziehen möchte um so ein Qualitätsgesichertes Produkt liefern zu dürfen.

voestalpine Stahl GmbH

16 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.



# Welche Vor- und Nachteile bietet dieses Verfahren?

---

voestalpine Stahl GmbH

17 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

## Vorteile des Prüfverfahrens

---

- » 100% Fehlerdedektion
- » Prüfung bei hoher Geschwindigkeit (180 m/min)
- » Prüfergebnis ist eindeutig darstellbar
- » Visualisierung und Parametersierung des Wärmefeldes
- » Reproduzierbare Schweißnahtqualität

voestalpine Stahl GmbH

18 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Nachteile des Prüfverfahrens

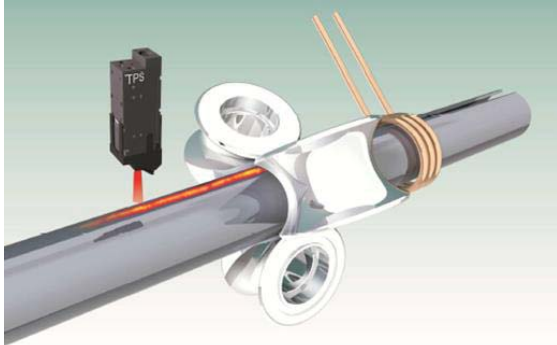
---

» ?

# Aufbau einer TT online Prüfanlage

---

# Aufbau einer TT Prüfanlage



Zeilenscanner mit 400 Messungen/Sekunde. Dieser ist kurz nach dem Schweißpunkt positioniert.

Die aus der erfassten Infrarotstrahlung abgeleitete Temperatur wird verarbeitet und die Flächenverteilung bildhaft dargestellt.

Bildquelle: voestalpine Krens, [www.hks-prozesstechnik.de](http://www.hks-prozesstechnik.de)

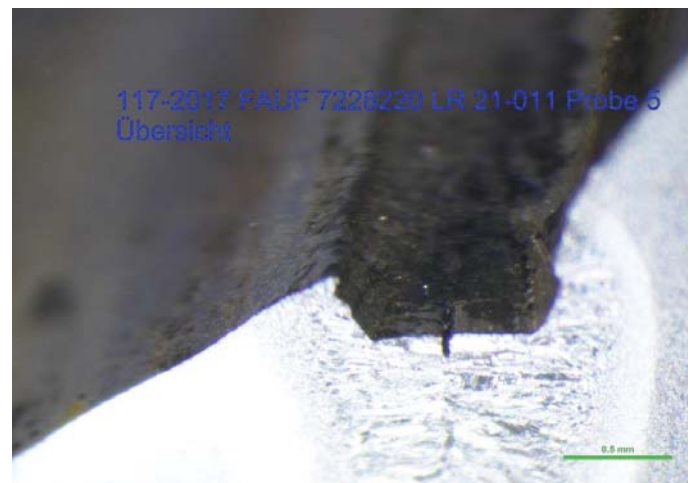
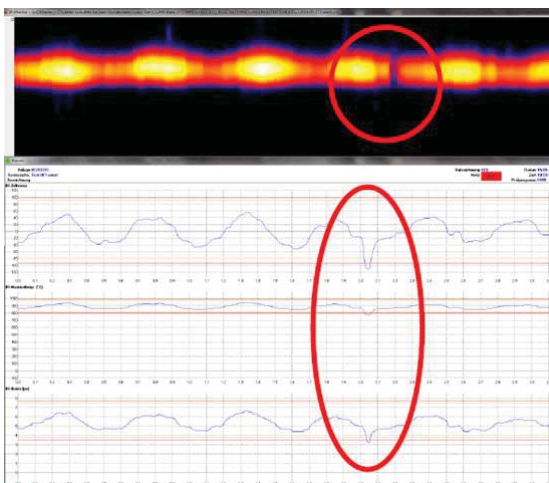
voestalpine Stahl GmbH

21 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Aufbau einer TT Prüfanlage



Bildquelle: voestalpine Krens

voestalpine Stahl GmbH

22 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Aufbau einer TT Prüfanlage



Bildquelle: voestalpine Krems

voestalpine Stahl GmbH  
23 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine  
ONE STEP AHEAD.

# Aufbau einer TT Prüfanlage



Bildquelle: voestalpine Krems

voestalpine Stahl GmbH  
24 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine  
ONE STEP AHEAD.

# Geschichte 10893-13

---

voestalpine Stahl GmbH

25 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

## 10893-13 – Historie

---

- » **März 2014**  
Die Grundidee zu dieser Norm wurde geboren. Ein Word File in Deutsch und Englisch wurde erstellt
- » **Mai 2014**  
Der erste Entwurf wurde nochmals überarbeitet
- » **November 2014**  
ASI reicht den 10893-13 Vorschlag bei CEN als NWIP (New Work Item Proposal) ein
- » **2015**  
Niemand ist zuständig für dieses Normvorhaben. Der UA TT tappt im dunkeln. Im November 2015 landen wir im ISO/TC17/SC 19
- » **18.3.2016**  
Am 18.3.2016 lag das Ergebnis des internationalen Votings vor  
  
7 x ja / 2 x nein

voestalpine Stahl GmbH

26 | 31. Juli 2017 | TR 1893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# 10893-13 – Historie

Country (Member body)	Status	1a. Agree to add to work programme					
		Yes				No	
		20.00	20.20	30.00	40.00	PWI: Yes	PWI: No
Argentina (IRAM)	P						
Austria (ASI)	P	X					
Brazil (ABNT)	P						
China (SAC)	P	X					
Czech Republic (UNMZ)	P		X				
Egypt (EOS)	P						
Finland (SFS)	P						
France (AFNOR)	P	X					
Germany (DIN)	P					X	
Hungary (MSZT)	P						
India (BIS)	P	X					
Italy (UNI)	S	X					
Japan (JISC)	P						
Poland (PKN)	P	X					
Sweden (SIS)	P						
United Kingdom (BSI)	P						
United States (ANSI)	P					X	
Sub-Total Question 1a		6	1	0	0	2	0
Totals			7			2	

» Das Ergebnis im Detail

voestalpine Stahl GmbH

27 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# 10893-13 – Historie

- » **Sommer 2016**  
Der Entwurf 10893-13 verschwindet vom D-Link Server. Anfrage bei ASI folgt.....
- » **Herbst 2016**  
ASI berichtet, dass das Normvorhaben offiziell abgelehnt wurde
- » **6.10. 2016**  
Der UA TT beschließt den Weg einer TR (Technischen Richtlinie) zu beschreiten
- » **1.3. 2017**  
Die Technische Richtlinie wurde fertiggestellt. Weiters wurde in dieser Sitzung auch beschlossen, dass wir die Richtlinie als ÖNORM bei ASI einreichen werden

voestalpine Stahl GmbH

28 | 31. Juli 2017 | TR 1893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# 10893-13 – Historie

---

» **1.4.2017**

Die TR 10893 – 13 wird auf der Homepage der ÖGfZP veröffentlicht und steht nach wie vor zum kostenlosen Download zur Verfügung!

[www.oegfzp.at](http://www.oegfzp.at)

» **10.4.2017**

Es wird der Antrag auf eine ÖNORM bei ASI eingereicht

voestalpine Stahl GmbH

29 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# Zukünftige Schritte

---

voestalpine Stahl GmbH

30 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# 10893-13 – ...coming soon

---

» **25.4.17** → FNK Sitzung ASI Wien

Antrag auf die ÖNORM wird behandelt. Jedoch könnte ein anderes Komitee dafür zuständig sein → Muss abgeklärt werden...

» **14.6.17**

Aus dem FNK 063 kommt grünes Licht. Der FNK 147 darf mit der Erstellung der Norm beginnen

» **10.10.17**

Start zur ÖNORM M 10893...

voestalpine Stahl GmbH

31 | 31. Juli 2017 | TR 10893-13

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

# VIELEN DANK!

---

Patrik Georg Prokosch  
T. +43/5030415/76306  
[patrik-georg.prokosch@voestalpine.com](mailto:patrik-georg.prokosch@voestalpine.com)

voestalpine Stahl GmbH  
[www.voestalpine.com/stahl](http://www.voestalpine.com/stahl)

voestalpine

ONE STEP AHEAD.



## Innovationsforum PATHE 2:

### „ Passive Thermografie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für thermisch gefügte Bauteile “



*Praktische Erfahrungen in der Anwendung der passiven Thermografie der sich abkühlenden Naht bei verschiedenen Schweißverfahren und Materialien*



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## *Gliederung :*

- Kurzvorstellung HKS Prozesstechnik
- Thermografie als ZfP-Verfahren
- Thermografie in unmittelbarer Nähe des Schweißpunkts
- Anwendungsbeispiele



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Kurzvorstellung HKS Prozesstechnik:

- 1994 gegründet
- 22 Mitarbeiter
- Entwicklung und Fertigung von Schweißmesstechnik
- HKS zählt international zu den Marktführern auf dem Gebiet der Schweißmesstechnik
- Kunden sind hauptsächlich im Sektor Automobilindustrie und deren Zulieferer sowie Rohrhersteller
- seit Mai 2017 ist HKS Teil der ESAB-Familie

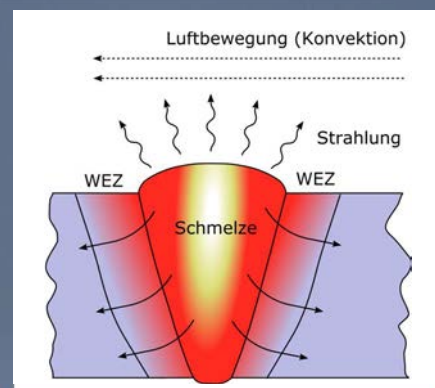


HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Thermografie als ZfP-Verfahren:

- zur Erzeugung der Schweißnaht wird Energie gezielt in das Grundmaterial eingekoppelt (per Lichtbogen, Laserstrahl oder den elektrischen Strom)
- darauf folgen Wärmeausgleichsvorgänge, die über drei Varianten stattfinden

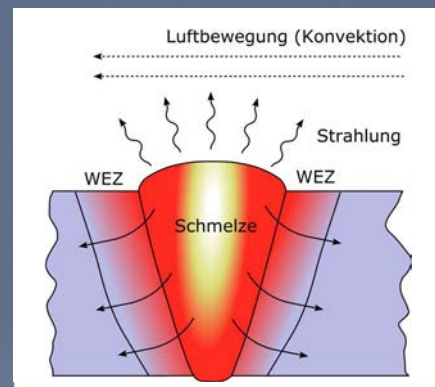
- **Wärmeleitung**  
Wärmefluss in den Grundwerkstoff
- **Wärmestrahlung**  
Emission von Infrarotstrahlung
- **Konvektion**  
Abkühlung durch Luftbewegung oder Kühlwasser auf der Naht



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Thermografie als ZfP-Verfahren:

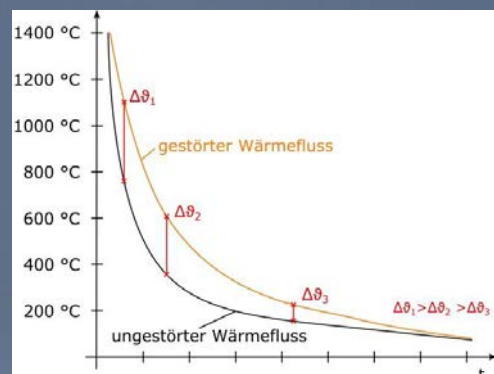
- der Wärmeausgleich findet hierbei im Wesentlichen durch die Wärmeleitung statt, also durch den Wärmefluss in das Grundmaterial
- der Wärmefluss ist abhängig von den Materialeigenschaften sowie der Geometrie
- damit hat der Abfluss der Wärme eine Auswirkung auf den zeitlichen Verlauf der Temperatur
- große Berührungsflächen und eine gute Wärmeleitfähigkeit führen zur schnellen Abkühlung der Naht
- kleine Austauschflächen und eine schlechte Wärmeleitfähigkeit hingegen sorgen für eine langsamere Abkühlung



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Thermografie als ZfP-Verfahren:

- durch Schweißnahtunregelmäßigkeiten und Prozessstörungen sowie -abweichungen wird der Energieeintrag und der Wärmefluss verändert
  - im Ergebnis führt dies zu unterschiedlichen Temperaturen und damit zu einer geänderten Emission der Infrarotstrahlung
  - die Oberflächentemperatur und Emission der Strahlung ändert sich auch bei Problemen in der Wurzel (Einbrand- oder Anbindungsproblem)
  - damit diese Abweichungen im Wärmefluss detektiert werden können, muss die Messung unmittelbar hinter dem Schweißpunkt erfolgen
- Wärmeausgleich beginnt erst, und die Temperaturdifferenzen sind am größten



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Thermografie am Schweißpunkt:

### Voraussetzung:

- Die passive Thermografie als ZfP-Verfahren bei Schweißnähten bedarf einer Erfassung der Naht unmittelbar hinter dem Fügepunkt.

### Problemstellung:

- Umgebungsbedingungen (hohe Temperatur, Schweißrauch, Schweißspritzer, Wasserdampf, ...) am Schweißpunkt stellen eine große Herausforderung für die Messtechnik dar.

### Lösung:

- Eigenentwickelter Infrarotmesskopf ThermoProfilScanner erfasst die Temperatur mittels einer Messlinie quer zur Naht und besitzt eine mechanische Optik, ohne Linsen, Gläser oder Spiegel, und Schutzmechanismen.

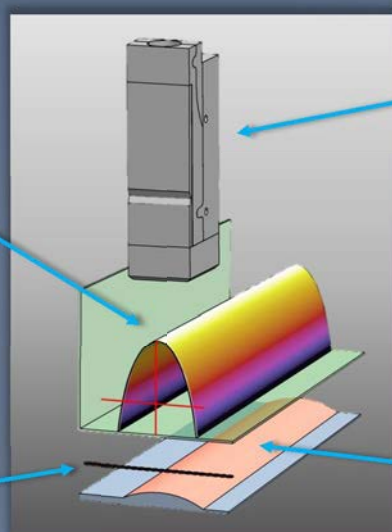


HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Thermografie am Schweißpunkt:

Temperaturprofil der Schweißnaht in Falschfarbendarstellung

Messzeile  
(quer zur Naht)



Infrarotmesskopf TPS

Schweißnaht



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Thermografie am Schweißpunkt:



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Anwendungsbeispiele:

Stückfertigung:



Stahl

Endlosfertigung:



Edelstahl, Dualphasenstahl



Kupfer, Edelstahl



Stahl

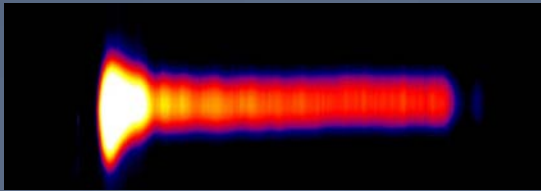


HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

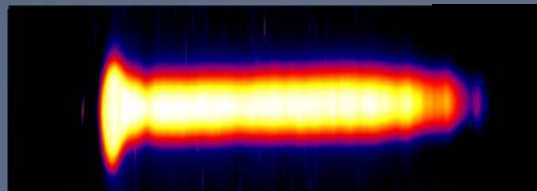
## Anwendungsbeispiele:

MAG-Schweißen von Stahlblechen (S235) – Schweißen von Coilenden

[ Materialstärke 2 mm; Stromstärke 240 A ]



i.O.-Naht



geschweißte Naht ohne Spalt

- ohne Spalt kommt es zu Einbrandproblemen
- fehlerhafte Wurzelbildung führt zu einer „überhitzen“ Naht



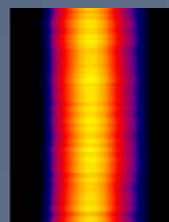
HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Anwendungsbeispiele:

Laser-Schweißen von Edelstahlrohren (1.4301)

[ Wandstärke 0,4 mm; Geschwindigkeit 12,5 m/min ]

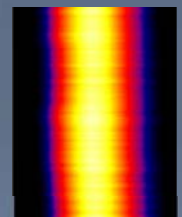
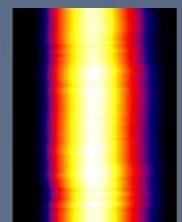
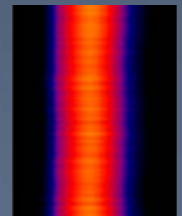
- Variationen in der Fokusslage führen zu Abweichungen in der Energieeinkopplung



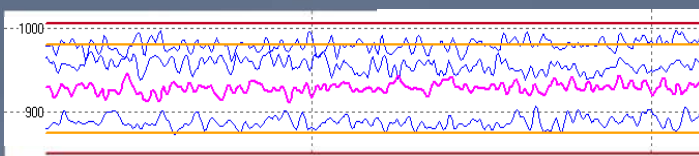
- 0,4 mm

+ 0,4 mm

+ 0,1 mm



Temperaturänderungen:



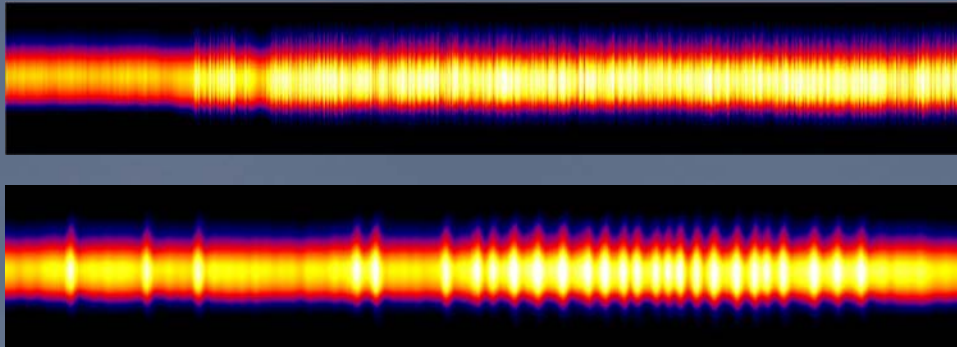
HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Anwendungsbeispiele:

Laser-Schweißen von Edelstahlrohren (1.4301)

[ Wandstärke 0,4 mm; Geschwindigkeit 12,5 m/min ]

→ Ausbildung von Löchern durch 50 µm Versatz des Lasers zum Nullspalt



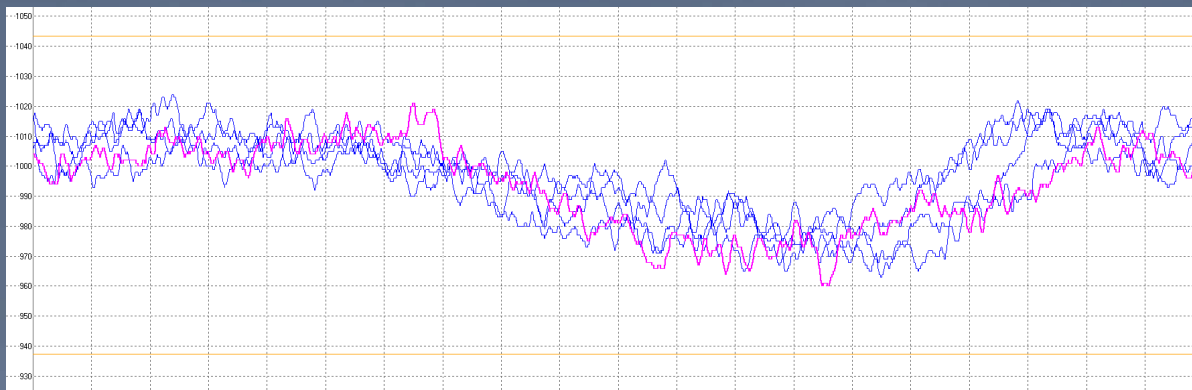
HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Anwendungsbeispiele:

Laser-Schweißen von Stahlrohren (Dualphasenstahl) – Weiterverarbeitung zu B-Säulen

[ Wandstärke 0,77 mm; Geschwindigkeit 4 m/min ]

→ asynchrone Säge führt zu Geschwindigkeitsänderungen → stetiger Temperaturabfall

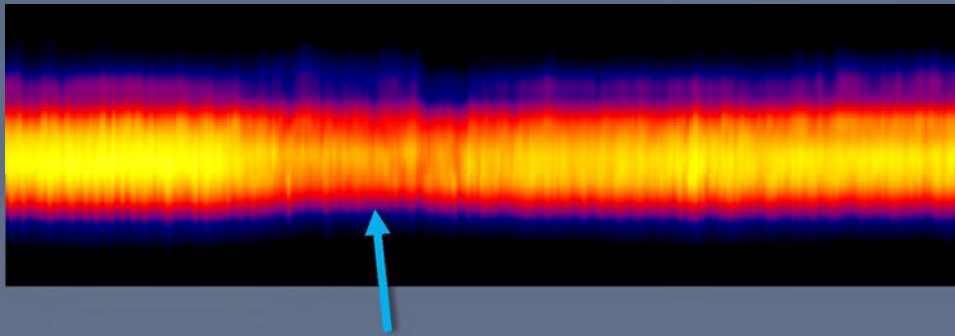


HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Anwendungsbeispiele:

WIG-Schweißen von Kupferrohren – Weiterverarbeitung in Druckmessdosen  
[ Wandstärke 1,0 mm; Geschwindigkeit 5,0 m/min; Stromstärke 210 A ]

→ kontaminierte Blechkante führt zur Ausbildung von Porennestern



Ausbildung eines Porennest durch Berührung der Blechkante mit der Hand

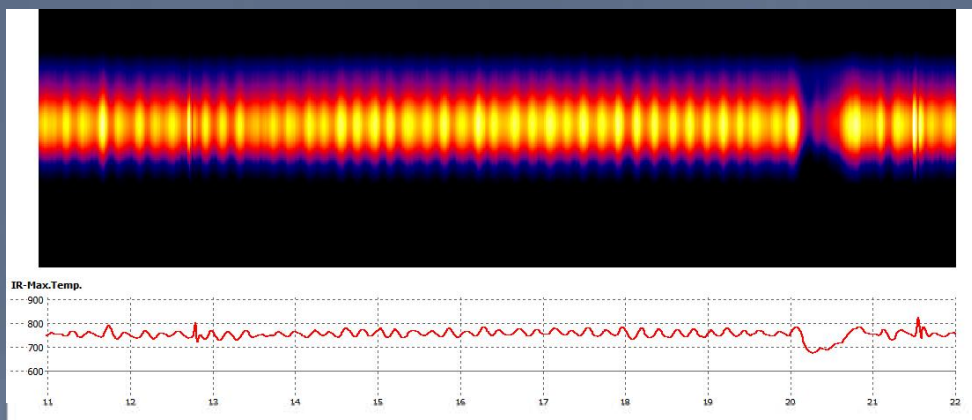


HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Anwendungsbeispiele:

Microplasma-Schweißen von Edelstahlrohren – Weiterverarbeitung zu Kompensatoren  
[ Wandstärke 0,14 mm; Geschwindigkeit 3,0 m/min; Stromstärke 11,5 A ]

→ defekter Antrieb versetzt Rohr in Schwingung → Einbrandprobleme oder Lochbildung



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

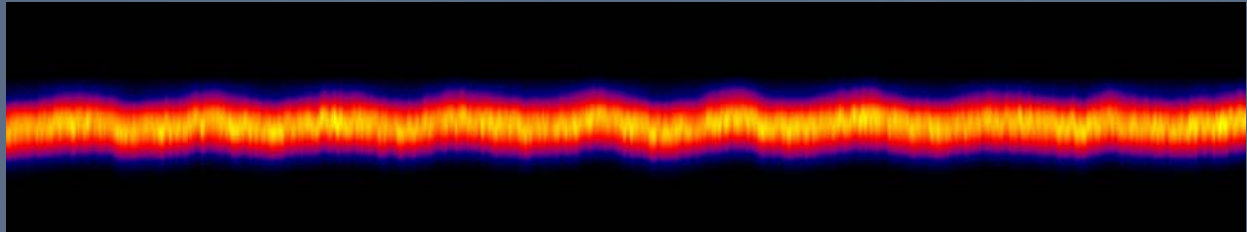


## Anwendungsbeispiele:

HFI-Schweißen von Stahlrohren (SAE 1010)

[ Wandstärke 4,2 mm; Geschwindigkeit 35 m/min ]

→ defekte Lager der Umformrollen führen seitlichen Bewegung des Rohrs



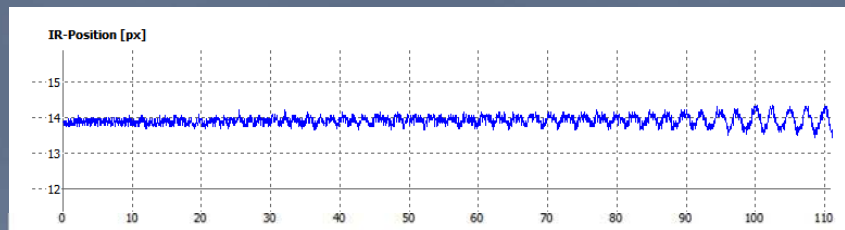
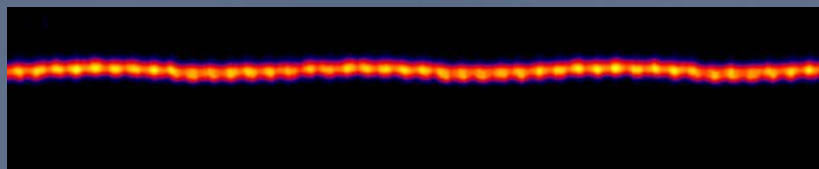
HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Anwendungsbeispiele:

HFI-Schweißen von verzinkten Stahlrohren

[ Wandstärke 0,9 mm; Geschwindigkeit 160 m/min ]

→ Stumpfes Schneidplättchen am Schaber führt zum Schlagen des Rohrs



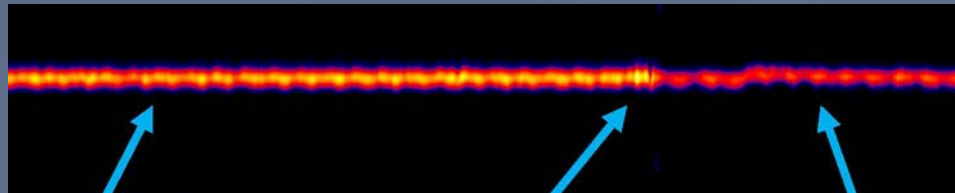
HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Anwendungsbeispiele:

HFI-Schweißen von verzinkten Stahlrohren

[ Wandstärke 0,9 mm; Geschwindigkeit 160 m/min ]

→ Änderung der Wandstärke ohne Anpassung der Schweißleistung



0,9 mm

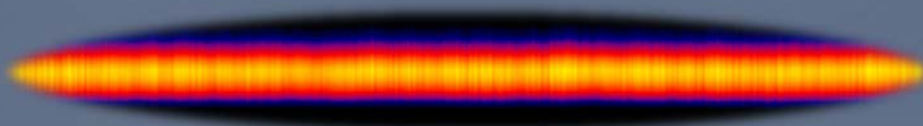
Quernaht (Coil-Wechsel)

1 mm



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

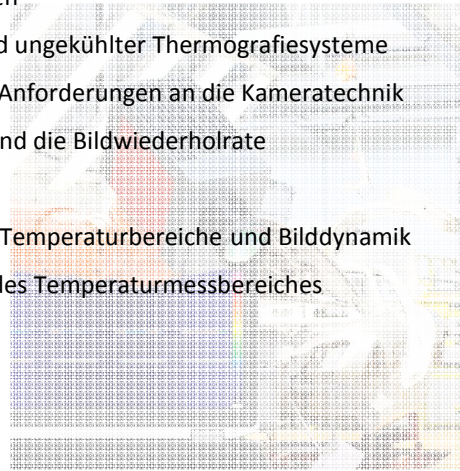
*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.*



HKS-Prozesstechnik GmbH 05.09.2017 Dr. V. Schauder, T. Köhler & P. Kammel

## Möglichkeiten zur Erweiterung der Temperaturmess- und Dynamikbereiche moderner Thermografiesysteme

- InfraTec-Kurzvorstellung, Geschäftsfelder und Kernkompetenzen
- Besonderheiten der Mehrkennlinien-Kalibrierung gekühlter und ungekühlter Thermografiesysteme
- Passive Thermografie zur Schweißprozessanalyse – technische Anforderungen an dieameratechnik
- Einfluss der Integrationszeit auf den Temperaturmessbereich und die Bildwiederholrate
- Möglichkeiten und Vorteile durch HighSense-Kalibrierung
- Die MIT-Funktion (Multi Integration Time) zur Erweiterung der Temperaturbereiche und Bilddynamik
- Nutzung von Blenden und Neutraldichtfilter zur Erweiterung des Temperaturmessbereiches
  - Separates Filter- und Blendenrad
  - Schnell rotierendes Filterrad
- Diskussion



## Vorstellung der InfraTec GmbH

InfraTec GmbH Infrarotsensorik und Messtechnik

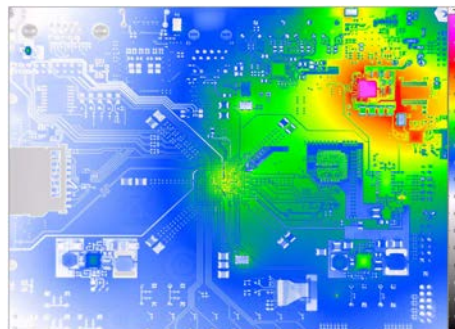
### Infrarot-Sensorik

- Multispektraler IR-Flammdetektor
- Kundenspezifische Infrarotsensorik-Komponenten für Pyrometrie, Analytik, optische Messtechnik



### Infrarot-Messtechnik

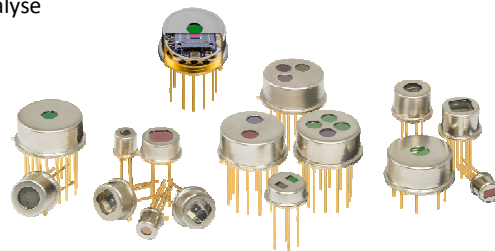
- Universelle Thermografiesysteme, Thermografie-Systemlösungen für Prozesskontrolle und Überwachung, Thermografiemessungen, Software



## Vorstellung der InfraTec GmbH

Geschäftsbereich Infrarotsensorik

- Entwicklung, Konstruktion und Fertigung pyroelektrischer Infrarot-Detektoren
- Fertigung auf über 1.000 m<sup>2</sup> Reinraumfläche in Dresden
- Baukastensystem mit ca. 50 Standardtypen bietet optimierte Lösungen für unterschiedliche Anwendungsgebiete
- Entwicklung und Produktion kundenspezifischer Infrarot-Detektoren für:
  - Pyrometrie
  - Gas- und Flammenanalyse
  - Detektionszwecke
  - Optische Messungen



© beerkoff/Fotolia.com

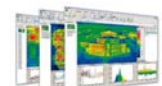


© TTStudio/Fotolia.com

## Vorstellung der InfraTec GmbH

Geschäftsbereich Infrarotmesstechnik

- Entwicklung, Fertigung und Verkauf hochwertiger Thermografiekameras
- Entwicklung und Verkauf von Thermografie-Steuer- und Analysesoftware
- Über 50 verschiedene Thermografiesysteme
  - Forschung und Entwicklung
  - Gebäudeinspektion
  - Prozess- und Qualitätskontrolle
  - Vorbeugende Instandhaltung
  - ...
- Thermografie-Automationslösungen
  - Prozessmonitoring
  - Brandfrüherkennung
  - Objektüberwachung
  - ...



Eine neue Ära beginnt - Full HD-Thermografie mit ImageR\* 10300



InfraTec GmbH  
 Infrarotsensoren und Messtechnik  
 Gottfried-Str. 41-43  
 01127 Dresden / GERMANY  
 Tel.: +49 351 471-8610  
 Fax: +49 351 471-8727  
 E-Mail: [thermografie@infotec.de](mailto:thermografie@infotec.de)  
 Internet: [www.infotec.de](http://www.infotec.de)



## Vorstellung der InfraTec GmbH

Geschäftsbereich Infrarotmesstechnik



Eine neue Ära beginnt - Full HD-Thermografie mit ImageIR\* 10300

- Über 50 Kameramodelle für nahezu jede Anwendung verfügbar
- Einsteiger-Systeme
- Profi- und Universal-Systeme
- Industrie-Systeme
- High-End-Systeme
- Gimbal-Systeme
- Infrarot-Imager



## Besonderheiten der Mehrkennlinien-Kalibrierung gekühlter und ungekühlter Thermografiesysteme

Kalibrierung – automatisiert, präzise und kundenspezifisch

- Präzisionskalibrierung inkl. **Kalibrierzertifikat** in Messbereichen (-40 ... 3.000) °C
- **3-Kennlinien Kalibrierung** mit einer Haupt- und 2 Nebenkennlinien zur Kompensation von Umgebungstemperaturschwankungen ermöglicht wiederholgenaue Messungen sowie ein optimales Einlaufverhalten
- Simultane, **automatisierte Kalibrierung** mehrerer Systeme
- Teilautomatisierte Kalibrierung **kundenspezifischer Sondermessbereiche**



## Passive Thermografie zur Schweißprozessanalyse

Technische Anforderungen an die Kamertechnik

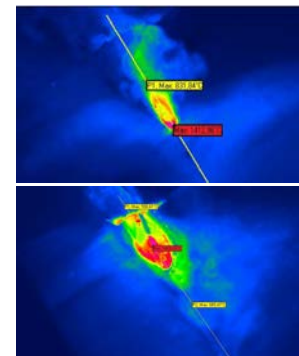
- Spektraler Detektionsbereich
  - SWIR (0,8 ... 2)  $\mu\text{m}$  / MWIR (2 ... 5)  $\mu\text{m}$  / LWIR (8 ... 14)  $\mu\text{m}$
- Detektorprinzip
  - Si-CMOS-Array, Photonendetektoren (Snapshot), Mikrobolometer-Detektor (Zeilenmodus)
- Triggerbarkeit
  - Nicht vorhanden / bildgenauer Kameratrigger / sehr exakte Trigger-Ein- und -Ausgänge
- Detektorformat
  - (1.920 x 1.536) / (1.280 x 1.024) / (1.024 x 768) / (640 x 512) / (384 x 288) / (320 x 256) / (320 x 240)
- Bildaufnahmefrequenz (Vollbild/Teilbild)
  - 9 Hz / 30 Hz / 60 Hz / 100 Hz / 350 Hz ... 25.000 Hz
- Integrationszeit
  - $\mu\text{s}$ -Bereich (10  $\mu\text{s}$ ) / ms-Bereich (12 ms)
- **Temperaturmessbereich**
  - **Sehr hohe Temperaturgradienten auf dem Messobjekt erfordern weite Messbereichsgrenzen**
  - **Der Gesamtmessbereich (-40 ... 3.000°C) besteht aus Einzelmessbereichen, diese sollten möglichst groß sein**



## Passive Thermografie zur Schweißprozessanalyse

Technische Anforderungen an die Kamertechnik

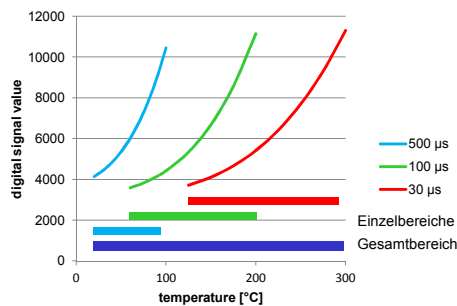
- Neben der geometrischen und thermischen Auflösung, der Bildwiederholrate oder der Messgenauigkeit stellt die **Breite der Temperaturmessbereiche und die Dynamik** der generierten Thermogramme ein wichtiges Auswahlkriterium für geeignete Thermografiesysteme dar, insbesondere dann, wenn Messobjekte mit extrem großen Temperaturgradienten sehr schnell und möglichst mit einem Messbereich erfasst und analysiert werden müssen.
- Diese extremen Anforderungen werden an **Kameratechnik** gestellt, die zur **Schweißprozessanalyse** zum Einsatz kommen.
- Durch Nutzung **alternierender Integrationszeiten in Kombination mit verschiedenen Neutraldichtefilter** können Mess- und Dynamikbereiche deutlich erweitert und somit nicht auslesbare unter- oder übersteuerte Bereiche im Thermogramm vermieden werden.



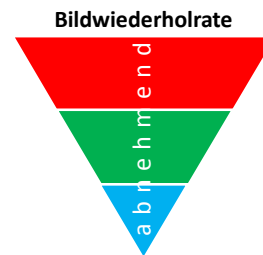
### Einfluss der Integrationszeit auf den Temperaturmessbereich und die Bildwiederholrate

Temperaturmessbereich und Integrationszeit – Sonderfunktion „Multi Integration Time“ (MIT)

- Mehrere kalibrierte Integrationszeiten werden für einen Messbereich genutzt, wodurch eine **deutliche Erweiterung des Mess- und Darstellungsbereiches** realisiert wird.
- Messobjekte mit großen Temperaturgradienten können mit einem Messbereich erfasst werden.
- Keine Bereichsumschaltung notwendig



- Kurze Tint = Messung der Objektbereiche mit hohen Temperaturen
- Lange Tint = Messung der Objektbereiche mit niedrigen Temperaturen



### Möglichkeiten und Vorteile durch HighSense-Kalibrierung

Veränderung der Integrationszeit ohne Verzicht auf Temperaturmessung

#### Möglichkeiten:

- Berechnung von Kalibrierkennlinien und NUC-table:
  - Zwischen den kalibrierten Integrationszeiten
  - Für beliebige Sub-Frames

#### Vorteile:

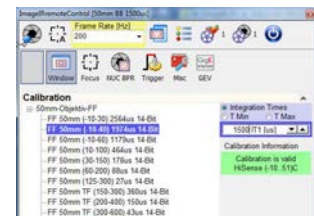
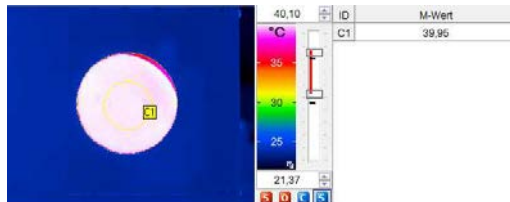
- Messung mit bestem Signal-Rauschverhältnis möglich
- Durch Angabe von Temperaturobergrenzen oder Temperaturuntergrenzen können optimale Messbereiche gefunden werden (Auswahl der Filter und der passenden Integrationszeit)
- Optimale Sub-Frames können gewählt werden ohne die Kalibrierung zu verlieren
- Je nach Messaufgabe können Anwender den gewünschten Temperaturbereich wählen und die dafür optimale Integrationszeit wird berechnet
- Oder die gewünschte Integrationszeit wird eingegeben und der Messbereich wird ermittelt



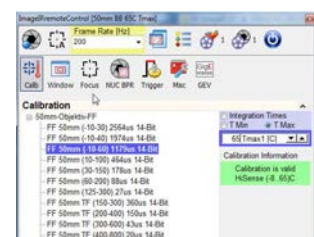
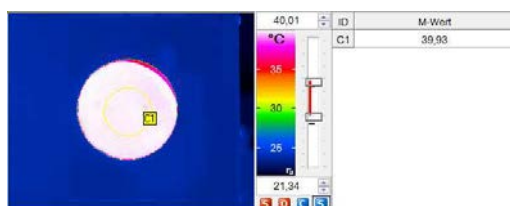
### Möglichkeiten und Vorteile durch HighSense-Kalibrierung

Veränderung der Integrationszeit ohne Verzicht auf Temperaturmessung

- Auswahl der Integrationszeit :



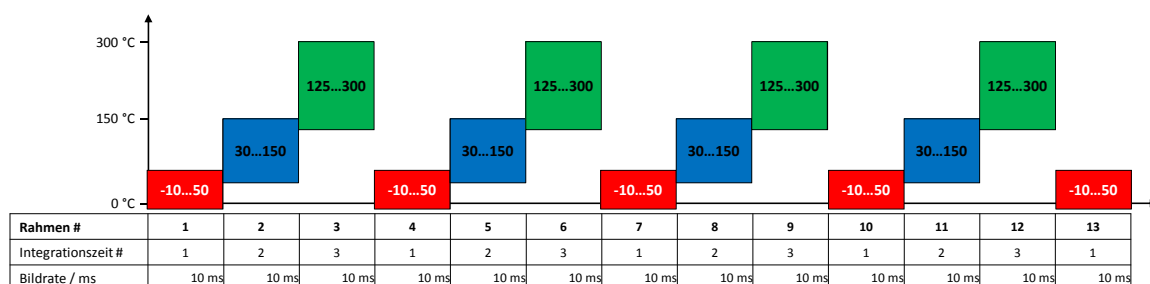
- oder Wahl der Temperaturobergrenze bzw. der Temperaturuntergrenze und dadurch automatische Suche der besten Integrationszeit:



### Die MIT-Funktion zur Erweiterung der Temperaturbereiche und Bilddynamik

High-End-Thermografieserie ImageIR® – Multi Integration Time (MIT)

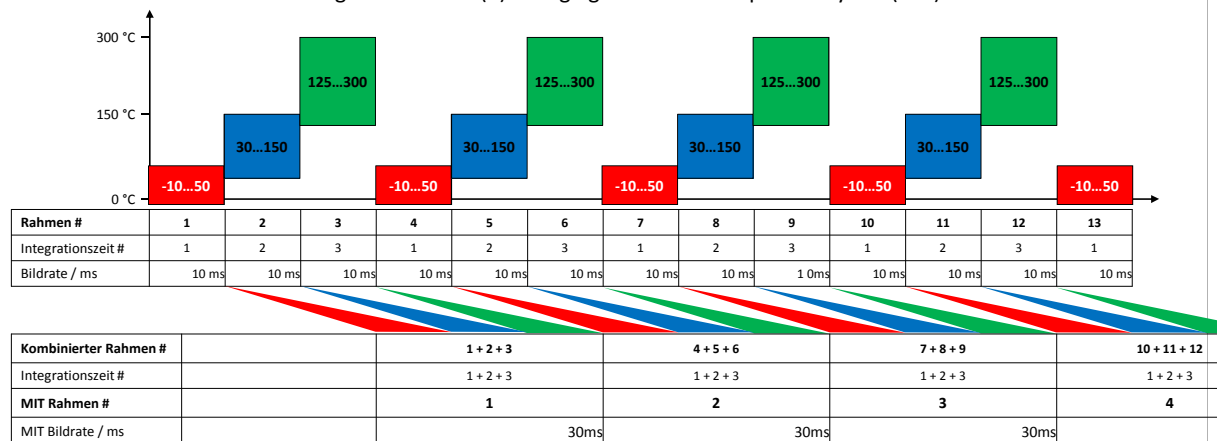
- Beispiel: 3 MIT-Bereiche für den Temperaturbereich (-10 ... 300) °C (ohne Neutralfilter)
  - IT-1: 1300 µs; (-10 ... 50) °C
  - IT-2: 145 µs; (30 ... 150) °C
  - IT-3: 22 µs; (125 ... 300) °C
- Im MIT-Mode werden die Thermogramme mit alternierenden Integrationszeiten erstellt
- Beispiel einer Kameraspezifikation: Bildwiederholrate der Kamera: 100 Hz → Bild-Periode: 10 ms





### Die MIT-Funktion zur Erweiterung der Temperaturbereiche und Bilddynamik High-End-Thermografieserie ImageIR® – Multi Integration Time (MIT)

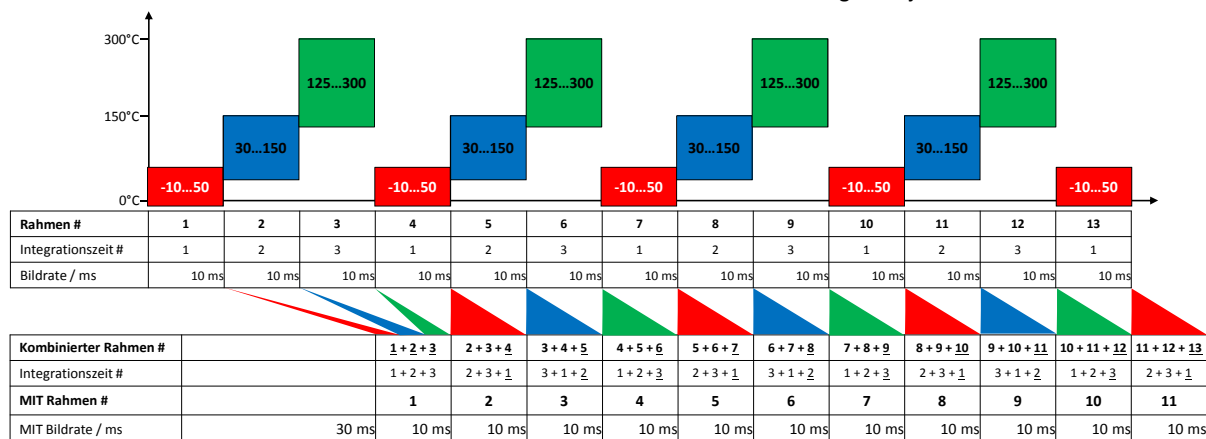
- Übliche Kombination von Integrationszeiten (3): Merging nach eine kompletten Zyklus (3 IT):



- MIT Bildrate = **33,3 Hz** @ Kamera-Bildrate = **100 Hz**

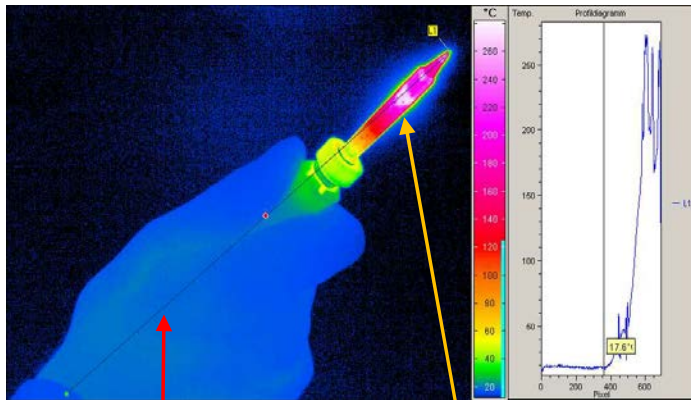
### Die MIT-Funktion zur Erweiterung der Temperaturbereiche und Bilddynamik High-End-Thermografieserie ImageIR® – Multi Integration Time (MIT)

- Verbesserte InfraTec-Methode zur Kombination verschiedener Tint: Aktualisierung nach jeder neuen Aufnahme:



- MIT-Bildrate = **100 Hz** @ Kamera-Bildrate = **100 Hz**

Die MIT-Funktion zur Erweiterung der Temperaturbereiche und Bilddynamik  
 High-End-Thermografieserie ImageIR® – Multi Integration Time (MIT)

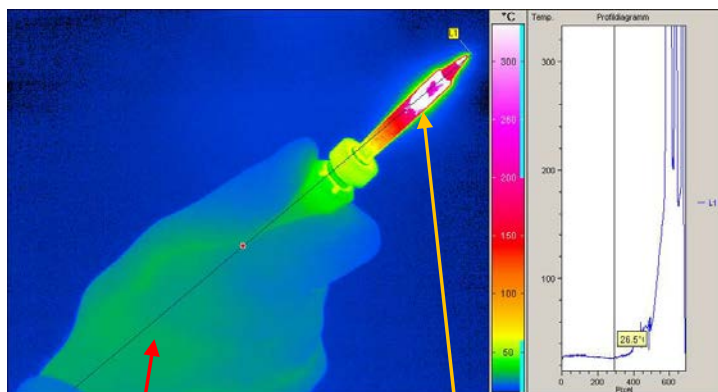


außerhalb des Messbereich

korrekte Temperaturmessung möglich

- **Untersteuerung**
- Thermische Auflösung in Abhängigkeit der Integrationszeit
- **Integrationszeit 1: 30 µs, Range: 120...300 °C**

Die MIT-Funktion zur Erweiterung der Temperaturbereiche und Bilddynamik  
 High-End-Thermografieserie ImageIR® – Multi Integration Time (MIT)

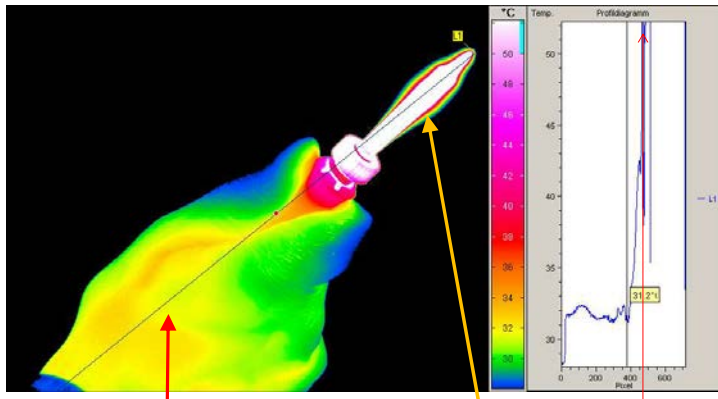


geringe thermische Auflösung

teilweise Sättigung

- **Übersteuerung**
- Thermische Auflösung in Abhängigkeit der Integrationszeit
- **Integrationszeit 2: 100 µs, Range 60...200 °C**

Die MIT-Funktion zur Erweiterung der Temperaturbereiche und Bilddynamik  
 High-End-Thermografieserie ImageIR® – Multi Integration Time (MIT)

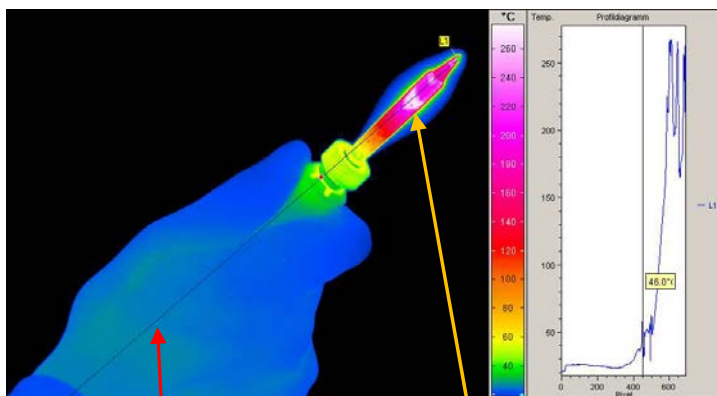


sehr gute thermische Auflösung

Sättigung

- Deutliche Übersteuerung
- Thermische Auflösung in Abhängigkeit der Integrationszeit
- Integrationszeit 3: 500 µs, Range 20...100 °C

Die MIT-Funktion zur Erweiterung der Temperaturbereiche und Bilddynamik  
 High-End-Thermografieserie ImageIR® – Multi Integration Time (MIT)



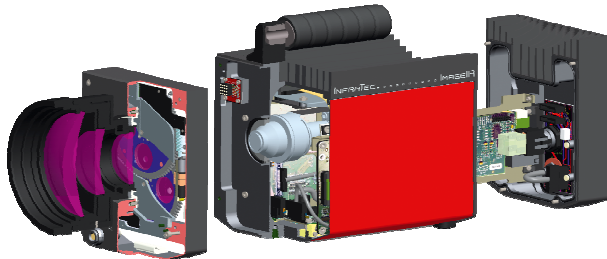
sehr gute thermische Auflösung

korrekte Temperaturmessung

- Optimale Aussteuerung mit MIT
- Thermische Auflösung in Abhängigkeit der Integrationszeit, maximale thermische Auflösung
- MIT-Mode: 3 ausgewählte Integrationszeiten: 30 µs, 100 µs, 500 µs, Range 20 ... 300 °C
- 16 Bit Bilddynamik

## Nutzung von Blenden und Neutraldichtefilter zur Erweiterung des Temperaturmessbereiches

High-End-Thermografieserie ImageIR® – Modularer Aufbau ermöglicht individuelle Ausstattung



### Modul 1

- Objektivschnittstelle
- Filterrad\***
- Blendenrad\***
- Shutter\*
- Motorfokus\*
- MicroScan\*

### Modul 2

- IDCA (Detektor + Kühler)
- Datenverarbeitung
- Controller für Kamerasteuerung
- Optomechanik, Temperatursensoren
- Stromversorgung
- Lüfteraufsatz\*, Wasserkühlung\*

### Modul 3

- GigE-, 10 GigE-, CamLink-, DualCAMLink-Schnittstelle
- Triggerinterface
- DC-IN
- Power on/off

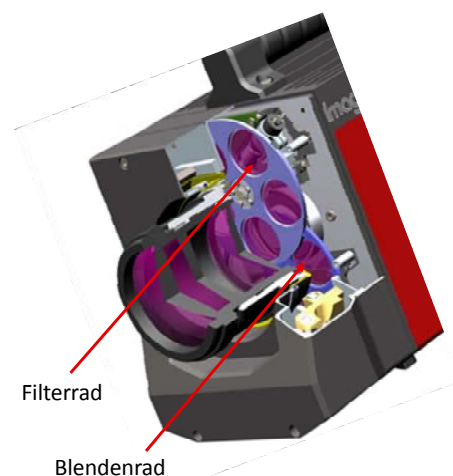
\*Optionen

## Nutzung von Blenden und Neutraldichtefilter zur Erweiterung des Temperaturmessbereiches

Separates Filter- und Blendenrad

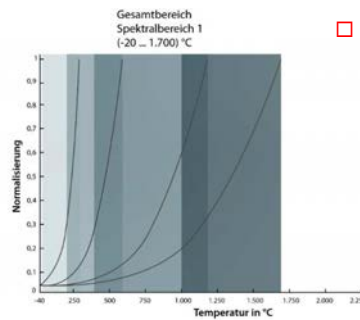
### Separates Filterrad und Blenden-/Filterrad

- Das Filterrad ist Voraussetzung für die Optimierung der Kamerawellenlänge auf die spektralen Eigenschaften der Messobjekte (Spektrale Thermografie)
- Bei der **Messungen hoher Objekttemperaturen** wird das Blendenrad zur Vermeidung von Detektor-Überstrahlungen mit einem Dämpfungselement (Graufilter oder Blende) bestückt.
- Somit sind breite Temperaturmessbereiche **bis 3.000 °C** realisierbar.
- Zur optimierten Messung von heißen Metallen werden **Spektralfilter** (sogenannte „Metallfilter“) in Kombination mit **Graufiltern** bzw. Blenden genutzt.



## Nutzung von Blenden und Neutralfilter zur Erweiterung des Temperaturmessbereiches

Schnell rotierendes Filtrerrad – Prinzipdarstellung Funktionsweise

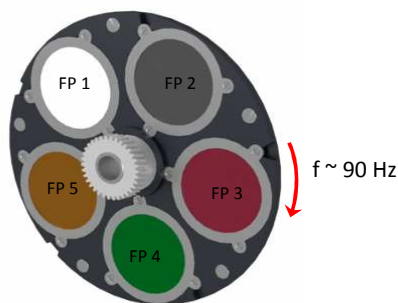


- Kombination von Neutral- und Spektralfiltern sowie Blenden
- Beispiel zur Bildung eines Gesamtmessbereiches



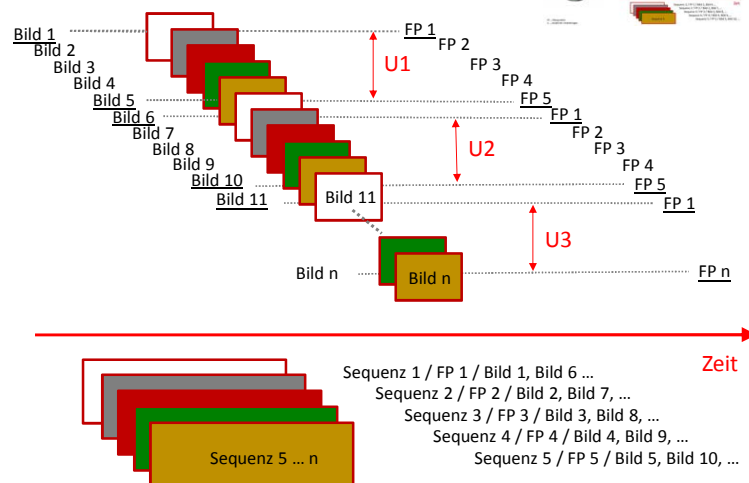
## Nutzung von Blenden und Neutralfilter zur Erweiterung des Temperaturmessbereiches

Schnell rotierendes Filtrerrad – Prinzipdarstellung Funktionsweise



schnell rotierendes Filtrerrad mit bis zu 6 Positionen

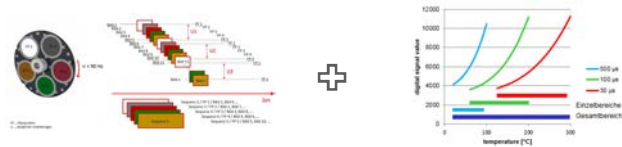
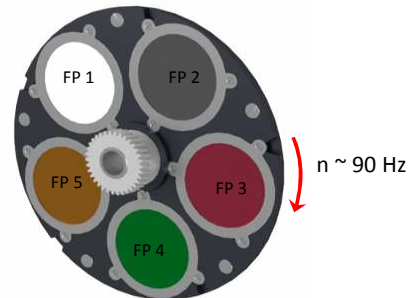
FP ... Filterposition  
U ... Anzahl der Umdrehungen

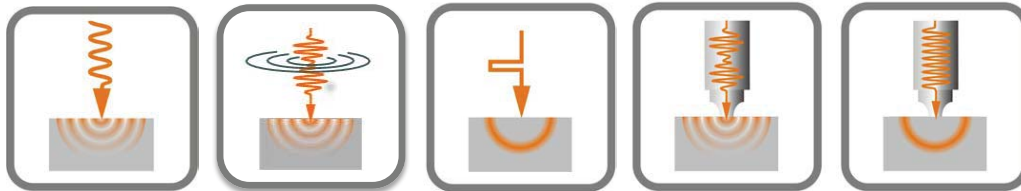


## Nutzung von Blenden und Neutralsichtfilter zur Erweiterung des Temperaturmessbereiches

Schnell rotierendes Filterrad – Prinzipdarstellung Funktionsweise

- Bestückung des Blenden-/Filterrades mit Blenden (offene Position) oder Neutralsichtfilter zur Signalabschwächung für höhere Objekttemperaturen.
- Synchronisierung der Kamera-Bildwiederholrate mit dem schnell rotierenden Blenden-/Filterrad
- Die Bildwiederholrate der Sequenzen 1 ... n ist abhängig von der maximalen Kamera-Bildwiederholrate und der Anzahl der für den Messbereich erforderlichen Blenden- und Neutralsichtfilter ( $f_{\text{Kamera}} / \text{AnzahlFB}$ )
- Kombination mit verschiedenen Integrationszeiten (MIT) möglich





# INDUKTIONSTHERMOGRAFIE ZUR ZERSTÖRUNGSFREIEN BEWERTUNG VON LÖT- UND SCHWEISSVERBINDUNGEN

Dr.-Ing. Christian Šrajbr, edevis GmbH, Stuttgart

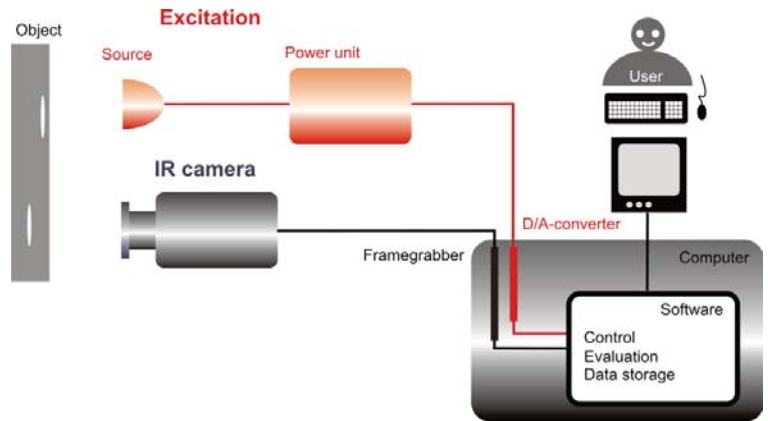
## AKTIVE THERMOGRAFIE

## DEFINITION AKTIVE THERMOGRAFIE

DIN ISO EN 54190:

*"Bei der aktiven Thermografie wird durch zusätzliche, nur zum Zweck der thermografischen Prüfung eingesetzte Wärmequellen (z. B. Licht, Ultraschall, Warmluft, ...) ein Wärmefluss im Prüfobjekt erzeugt. Diese zusätzlichen Wärmequellen können einmalig, periodisch oder kontinuierlich einwirken."*

- Zusätzlich eingesetzte Wärmequelle erzeugt Wärmefluss im Prüfkörper
- Prüfkörper wird thermisch angeregt, Antwortverhalten wird analysiert



## ANREGUNGSQUELLEN

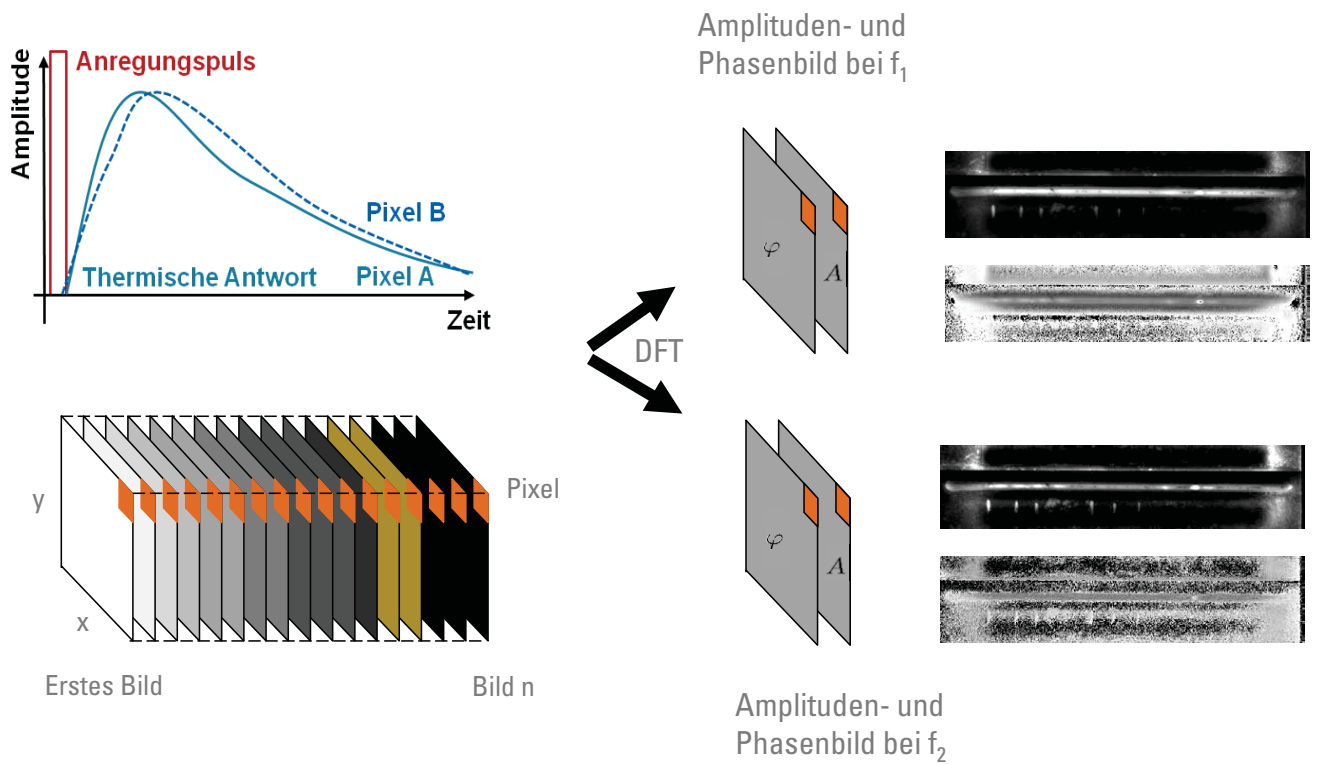
- OTvis**  
Optisch angeregte Lockin-Thermografie
- PTvis**  
Optisch angeregte Impuls-Thermografie
- LTvis**  
Laserangeregte Thermografie
- UTvis**  
Ultraschallangeregte Thermografie
- ITvis**  
Induktionsthermografie
- ForaTherm**  
Photothermische Radiometrie
- SHEAROVIS**  
Laser-Shearografie

Software DisplayIMG V  
Bildverarbeitung und Steuerung  
der Anregung in Echtzeit

Infrarotkameras  
Gekühlte FPAs und  
Microbolometer

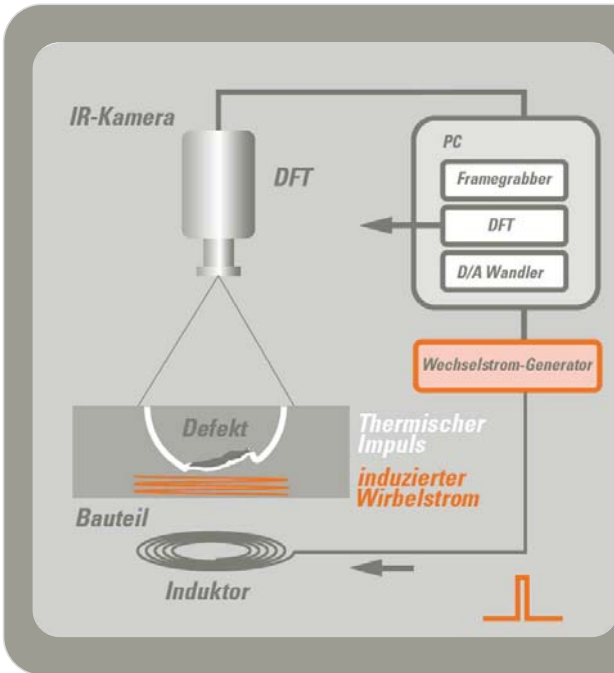


## AUSWERTUNG: PULS-PHASEN-METHODE



# INDUKTIONSWÄRMEFLUSSTHERMOGRAFIE

# PRINZIP DER INDUKTIONSANGEREGETEN WÄRMEFLUSSTHERMOGRAFIE



*Fehlerdetektion mittels der Bestimmung von Störungen des Wärmeflusses durch Luft-einschlüsse oder Grenzflächen*

- Lokale Erwärmung
- Hohe Energieeinbringung auch bei reflektierenden Oberflächen
- Berührungslos
- Schnell (Puls-Phasenmethode)

# AUFBAU EINES TYPISCHEN PRÜFSYSTEMS

„Pointy“

- Punktförmig (ø= 15 mm)
- Punktschweißen, Nietverbindungen



„Cracky“

- Reflektionsanordnung
- Rissdetektion



„Liney“

- Linienförmig (l = 100 mm)
- Laserschweißungen, Klebungen



„Flexy-Area“

- Flächig (ø= 150 mm)
- Beschichtungsprüfung, CfK-Patches (dick)



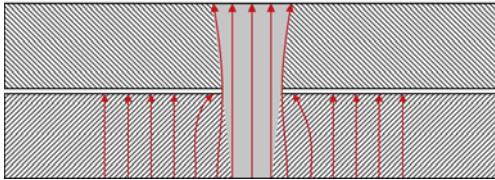
MF Induktionsgenerator

- PWM Technologie
- Nennleistung: 3/5 kW
- Aktive Luftkühlung

*Induktoren sind gekapselt, passiv gekühlt und haben Zuleitungen bis zu 5 m Länge*

# PRINZIP DER FEHLERDETEKTION MITTELS WÄRMEFLUSSTHERMOGRAFIE

Laserschweißverbindung



Lötverbindung



Fehlerdetektion aufgrund von lokalen/globalen Laufzeiten des Wärmeflusses

- Abweichungen des thermischen Reflektionskoeffizienten
- Änderungen der thermischen Dicke

Nicht detektierbar sind Grenzflächen ohne Abweichung des Reflektionskoeffizienten

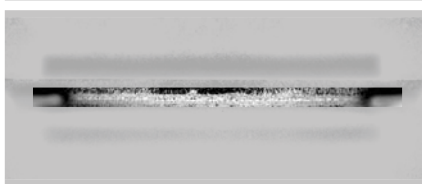
# QUALITÄTBEWERTUNG VON LASERSCHWEISSVERBINDUNGEN



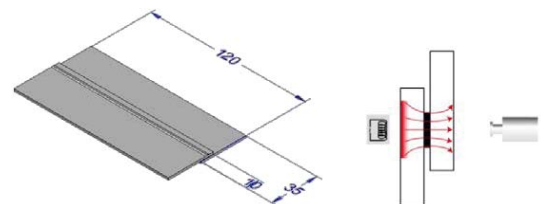
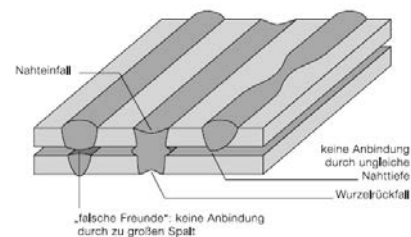
Fehlerfreie Schweißverbindung



Partiell vorhandener Nahtauswurf



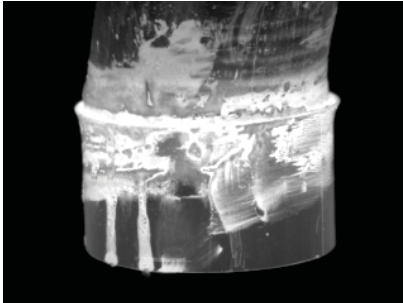
„Falscher Freund“



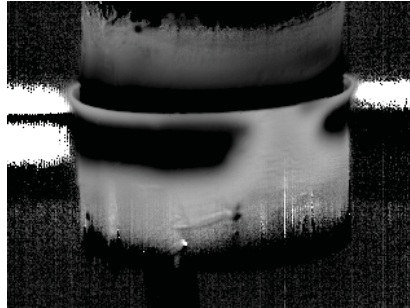
Gesamtblechdicke 1,8 mm  
 ->  $t_p = 0,05$  s,  $f_{DFT} = 2$  Hz

*Einfach überlappte Laserschweißung von Stahlblechen*

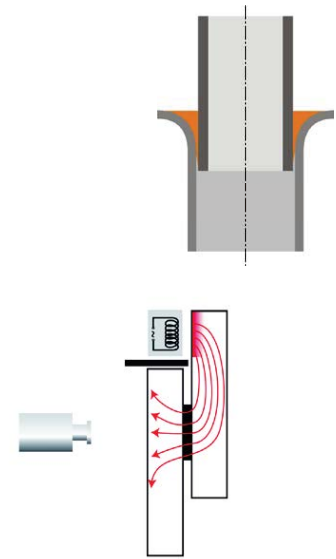
## QUALITÄTSBEWERTUNG VON LÖTVERBINDUNGEN



IR-Bild



Phasenbild



*Einfach überlappte Lötverbindung von Stahlrohren*

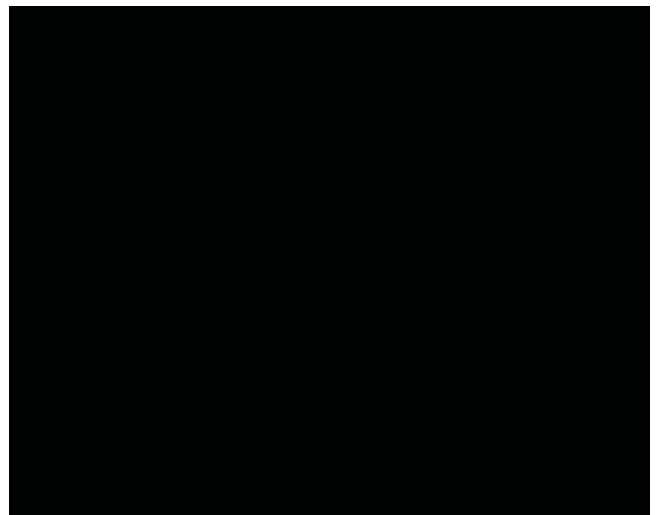
## ANWENDUNGSBEISPIEL AUTOMATION ANBINDUNG VON LASERSCHWEISSVERBINDUNGEN

Lösung: Induktions-Thermografiesystem mit speziell angepassten Induktoren

Prüfvorgang



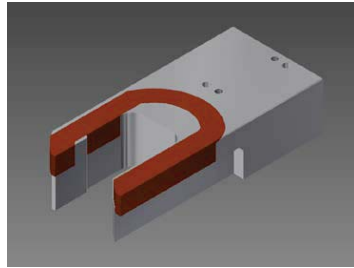
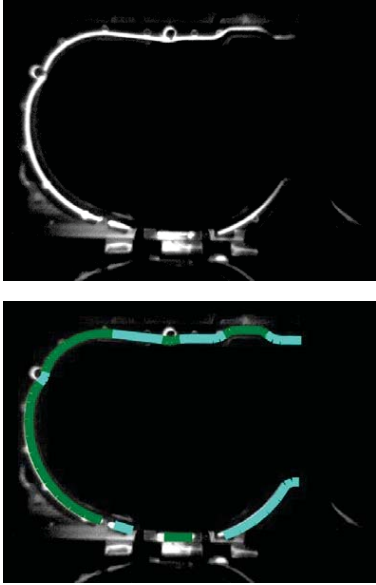
Messung



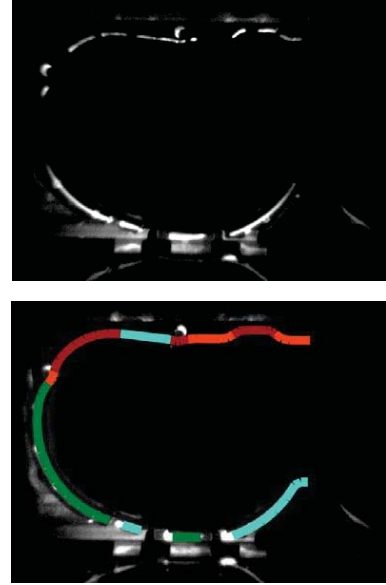
# ANWENDUNGSBEISPIEL AUTOMATION ANBINDUNG VON LASERSCHWEISSVERBINDUNGEN

Ergebnisauswertung:  
Auswertung der Amplitudenbilder bei 1Hz, Schwellwertanalyse

IO



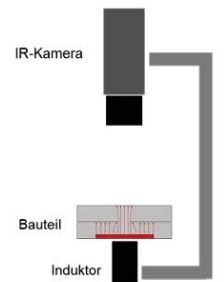
NIO



# ANWENDUNGSBEISPIEL HANDGEFÜHRTE PRÜFUNG VON LÖT- UND SCHWEISSERBINDUNGEN

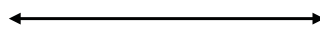
Prüfkonzept: Halbautomatisiertes Prüfgerät

Handprüfgerät



Mobiles Prüfsystem  
inkl. kabellosem Display

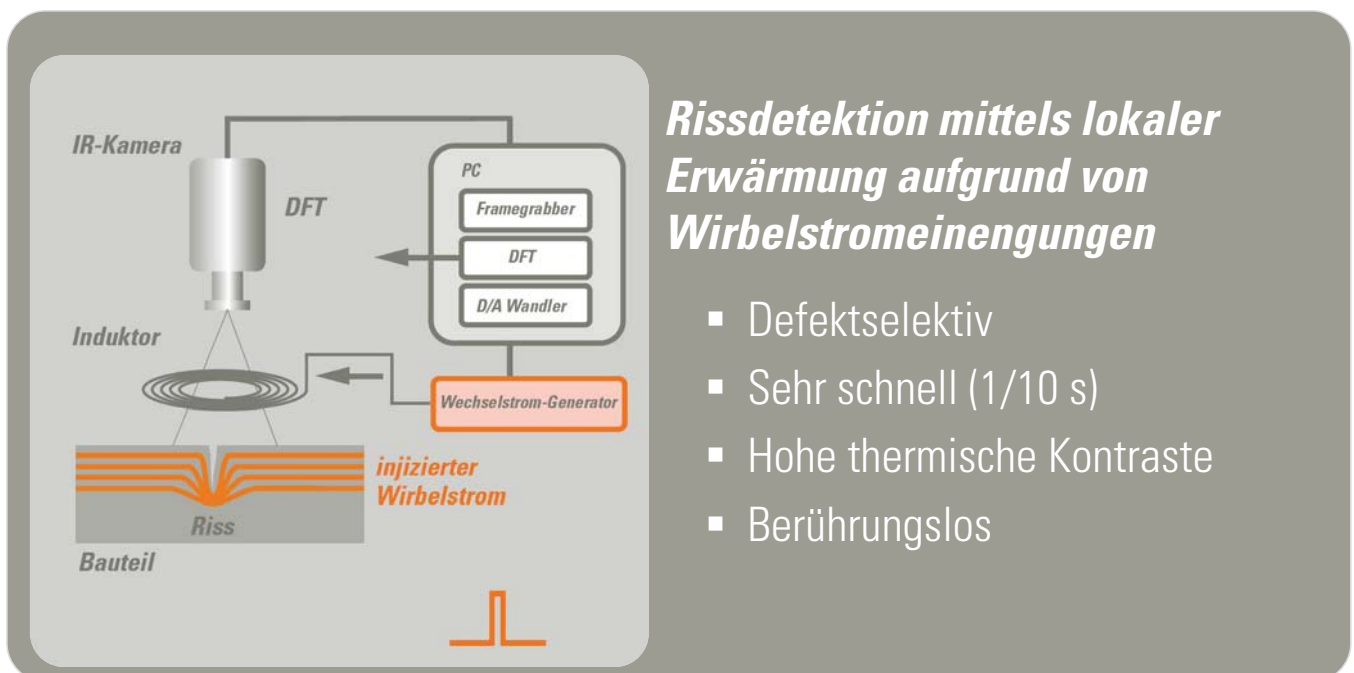
Flexible Kabel-  
verbindung bis zu  
15 m Länge



# INDUKTIONSTHERMOGRAFIE

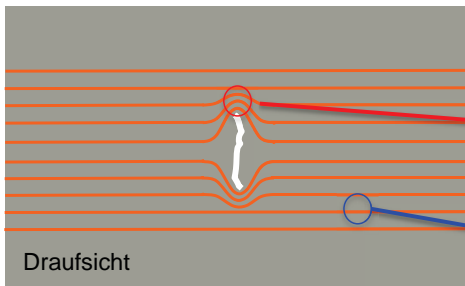
ITvis – ZfP VON SCHWEISSVERBINDUNGEN

## INDUKTIONSTHERMOGRAFIE ZUR RISSDETEKTION – MESSPRINZIP

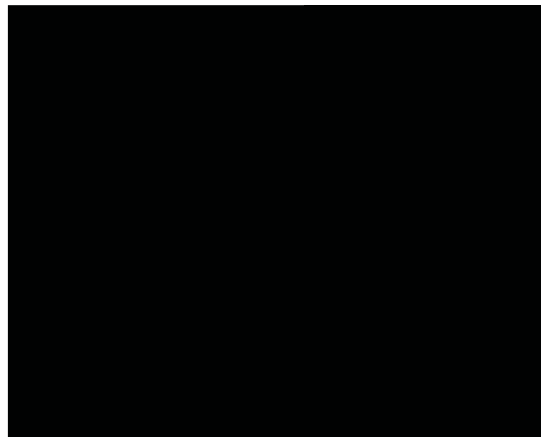
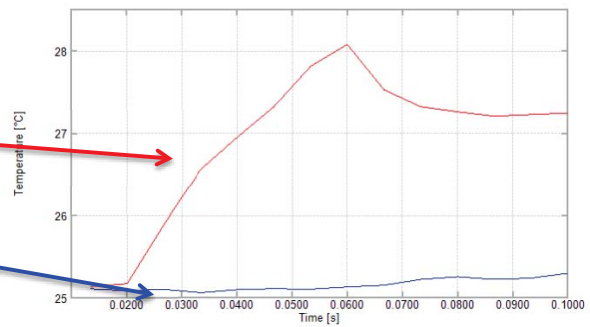


# PRINZIP DER RISSDETEKTION IM DETAIL

Wirbelstromdichte

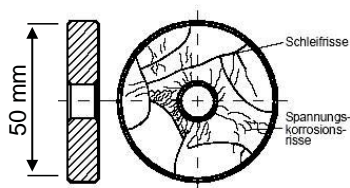


Lokaler Temperaturverlauf

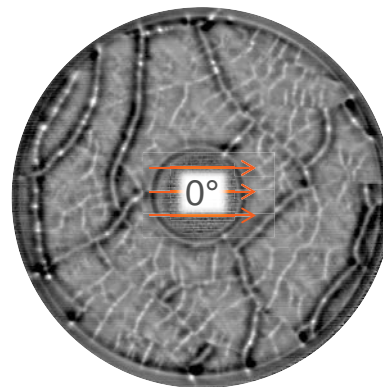


# INDUKTIONSTHERMOGRAFIE IM VERGLEICH ZUR MAGNETPULVERPRÜFUNG

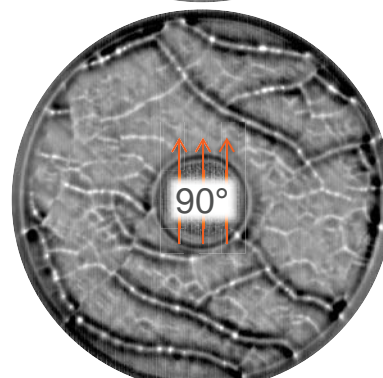
Vergleichskörper 1 (DIN EN ISO 9934-2)



Ergebnis der Magnetpulverprüfung

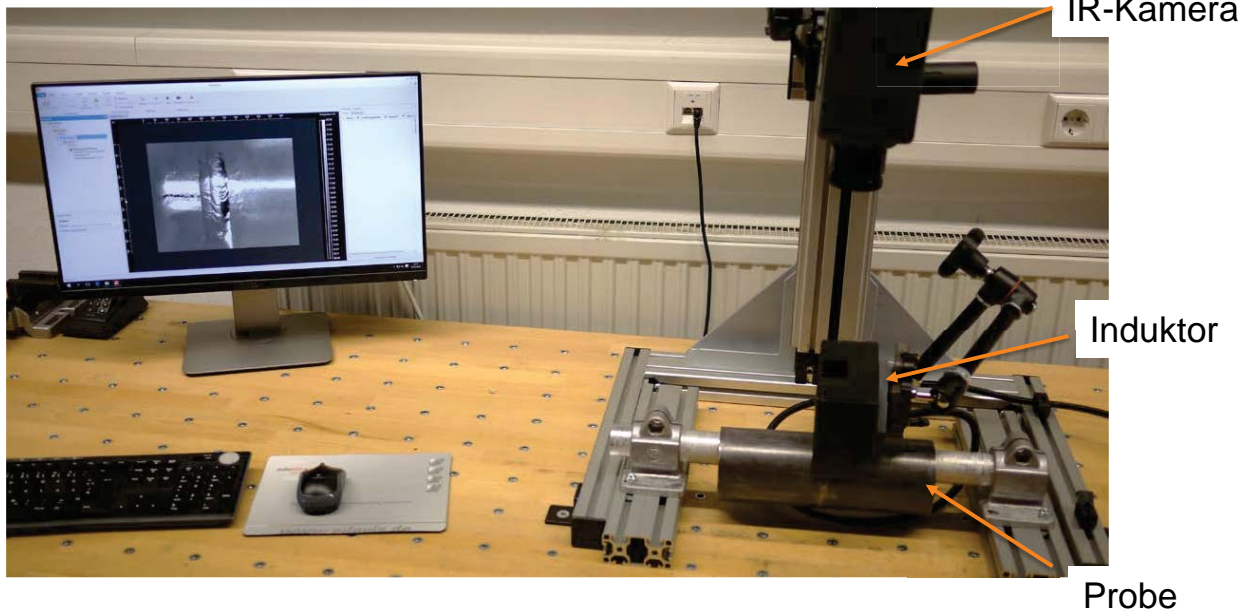


- Phasenauswertung
- Auswertefrequenz 10 Hz
- Messdauer 0,1 s / Aufnahme



Ergebnisse der Induktionsthermografie

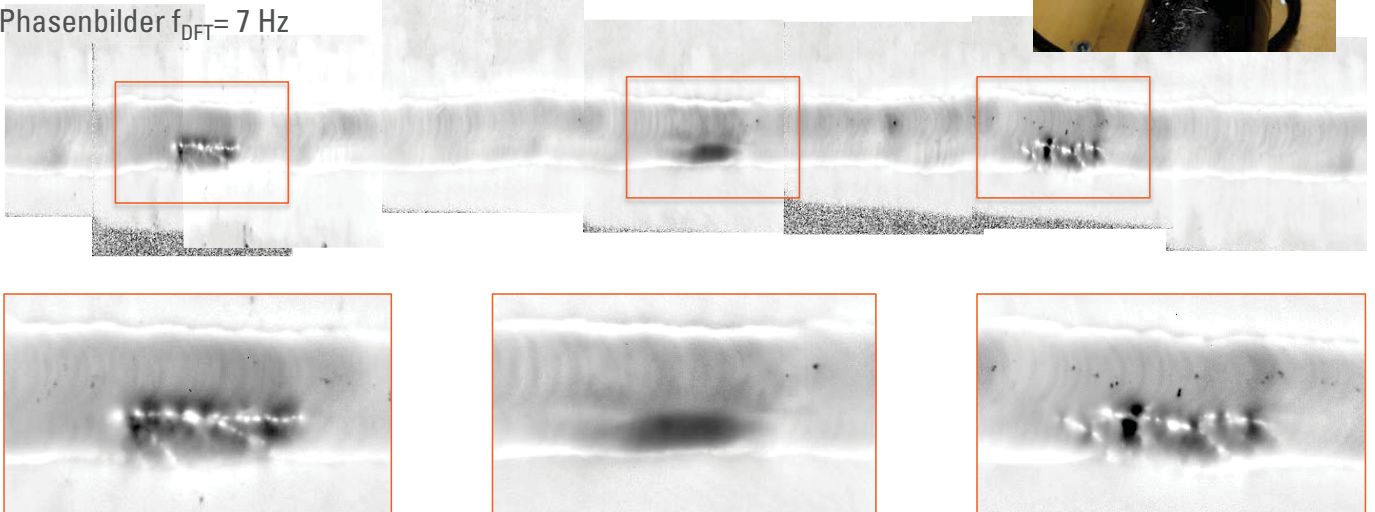
# ANWENDUNGSBEISPIEL MANUELLE PRÜFUNG RISSE IN SCHWEIßVERBINDUNG



# ANWENDUNGSBEISPIEL MANUELLE PRÜFUNG RISSE IN SCHWEIßVERBINDUNG



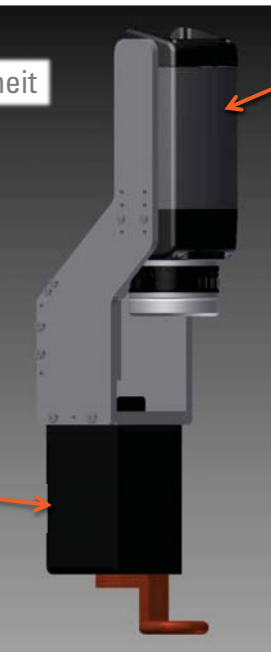
„Scan“ der gesamten Naht (zusammengesetzt aus 8 Einzelaufnahmen),  
Phasenbilder  $f_{DFT} = 7$  Hz





# ANWENDUNGSBEISPIEL AUTOMATION POREN IN LASERSCHWEIßVERBINDUNGEN

Prüfkonzept: Vollautomatisiertes Prüfsystem

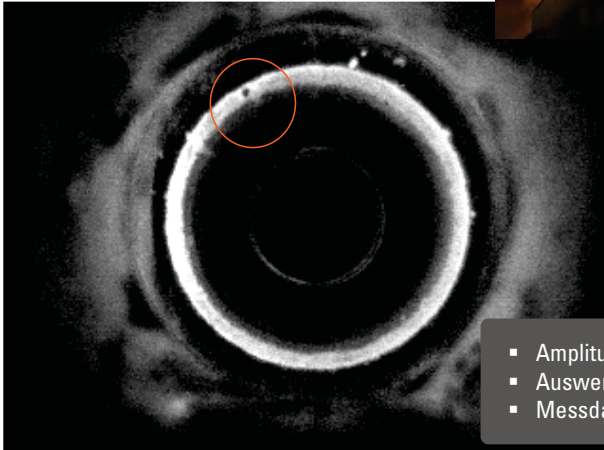



Prüfeinheit

IR-Kamera

Induktor

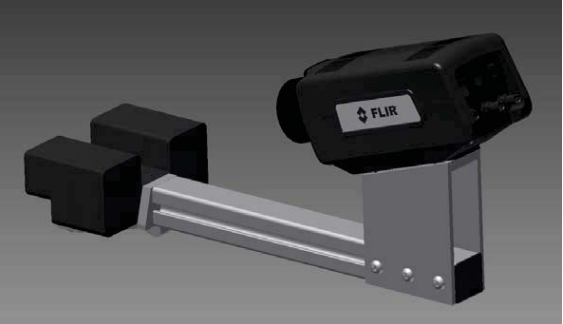
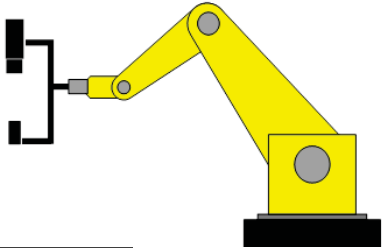
Porendetektion




- Amplitudenauswertung
- Auswertefrequenz 2 Hz
- Messdauer 0,5 s

# ANWENDUNGSBEISPIEL ROBOTERGEFÜHRTE PRÜFUNG VON LÖT- UND SCHWEISSVERBINDUNGEN

Prüfkonzept: Vollautomatisiertes Prüfsystem



Prüfeinheit



Messhardware

# ZUSAMMENFASSUNG

AKTIVE THERMOGRAFIE – ZFP VON SCHWEISSVERBINDUNGEN

## POTENTIAL INDUKTIONSTHERMOGRAFIE

- + Einfache und robuste Prüfmethode, mit geringen Anforderungen an die Positionierung des Messequipments umsetzbar.
- + Bildhafte Darstellung der Ergebnisse (Fehler), einfache Interpretation der Messergebnisse.
- + Relativ unabhängig von Oberflächenzuständen und –Topografien.
- + Kann als ZfP-Verfahren immer dann eingesetzt werden, wenn Fehler als Lufteinschlüsse oder Oberflächenrisse beschrieben werden können.
  
- Insbesondere bei der Wärmeflussmethode müssen Fehlergrößen im Verhältnis zur Tiefe groß sein.
- Schwer zu interpretierende Ergebnisse bei komplexen Verbindungen.
- (Relativ) hoher Anschaffungspreis (Kamera ca. 10-80.000 Euro, Systempreise ab 70.000 Euro).

# ZUSAMMENFASSUNG

	OTvis	PTvis	UTvis	ITvis
<b>Joining</b>				
Adhesive	+	+	+	+
Mechanical	•	•	+	+
Welding/Soldering		•	+	+
<b>Coatings</b>				
Thickness	•	+		
Adhesion			•	
Porosity	•	•		
<b>Composite material</b>				
Impact damages	+	+	+	•
Delamination	+	+	+	
Porosity	•	+		
<b>Metal structures</b>				
Cracks			•	+
Double skin			•	+
Pressed fit			•	+
<b>Automatable</b>	•	+	-	+

+ well suited  
• probably suited

# Entwicklung und Evaluierung der aktiven Thermographie zur Qualitätssicherung von gefügten Kunststoffverbindungen

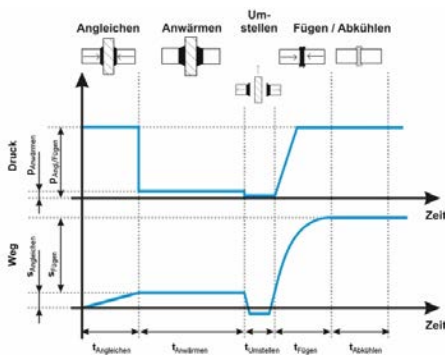
Heinrich Leicht, Dr. Benjamin Baudrit

Innovationsforum – pathe 2  
05. September 2017, Halle (Saale)



## Grundlagen des Kunststoffschweißens

### Heizelementstumpfschweißen (HS)

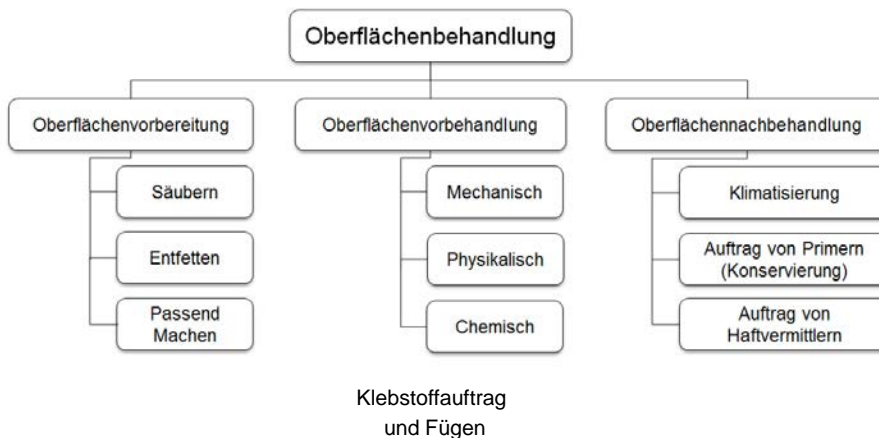


- Relativ schonender Energieeintrag in die Fügezone mittels Wärmeleitung
- Hohe resultierende Festigkeit
- Relativ lange Zykluszeit
- Einschränkung bei Kunststoffauswahl (Schmelzviskosität und -temperatur)

## Heizelementstumpfschweißen (HS)



Quelle: Bielomatik Leuze GmbH



Quelle: Nach Habenicht „Kleben – Grundlagen, Technologien, Anwendungen“ (2009)

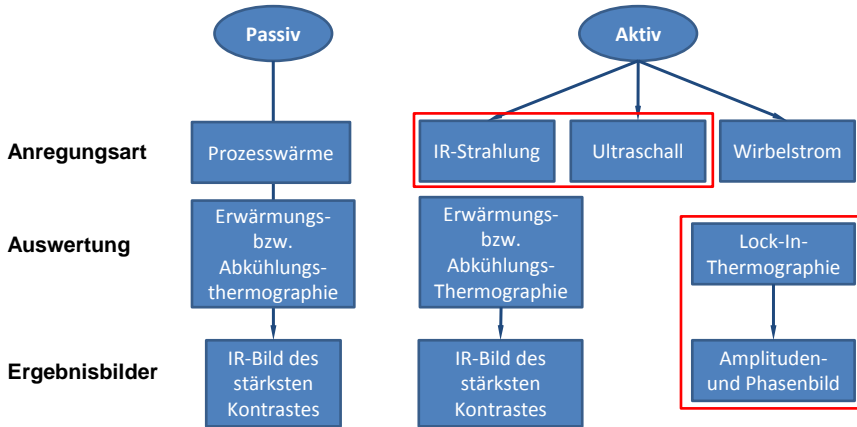


### Problemstellung

- Fehler durch Prozessabweichungen oder Umwelteinflüsse:
  - Fremdeinschlüsse
  - Lufteinschlüsse, Poren, Lunker
  - Kissing Bonds
- Folge: Beeinträchtigung der Nahtintegrität
- Zerstörende Prüfung ermöglicht gute Aussagen zum Bauteilverhalten ...  
ABER: Nicht am später eingesetzten Bauteil!

**Notwendigkeit der Evaluation zerstörungsfreier Prüfmethoden  
zur Prüfung des eingesetzten Bauteils!**

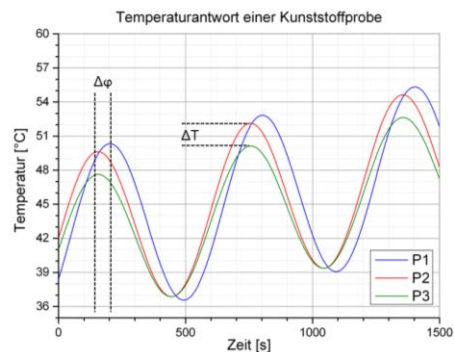
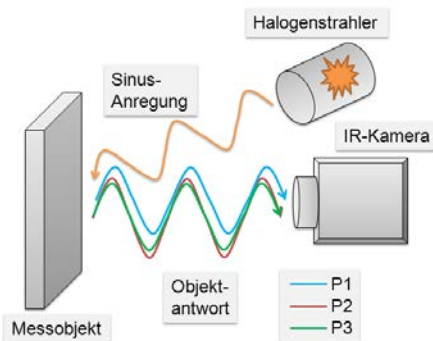
## Einteilung der Thermographieprüftechnik



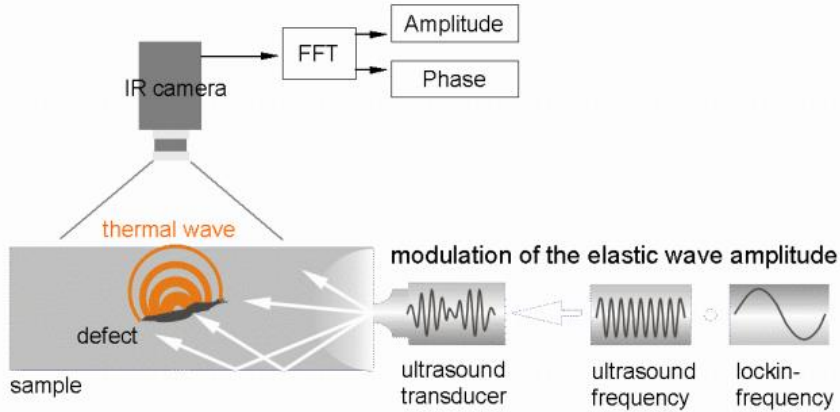
Quelle: Nach Dissertation von Riegert (2007)

## Optisch angeregte Lock-In Thermographie

- Sinusförmige Anregungsintensität
- Mathematisch: Digitale Fourier Transformation pro Pixel
- Kontrastmechanismus: Lokale Temperaturleitfähigkeits- und Geometrieunterschiede



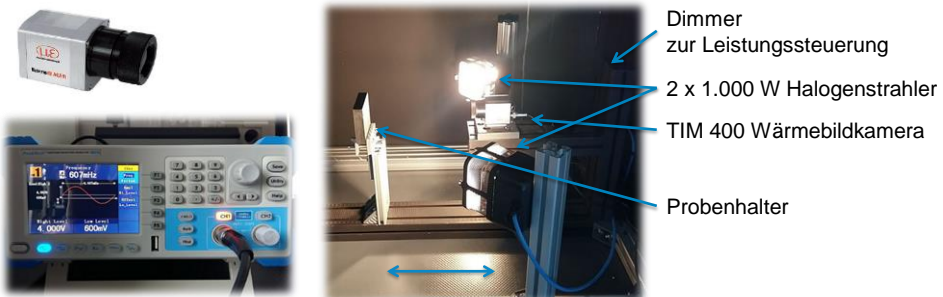
## Ultraschallangeregte Lock-In Thermographie



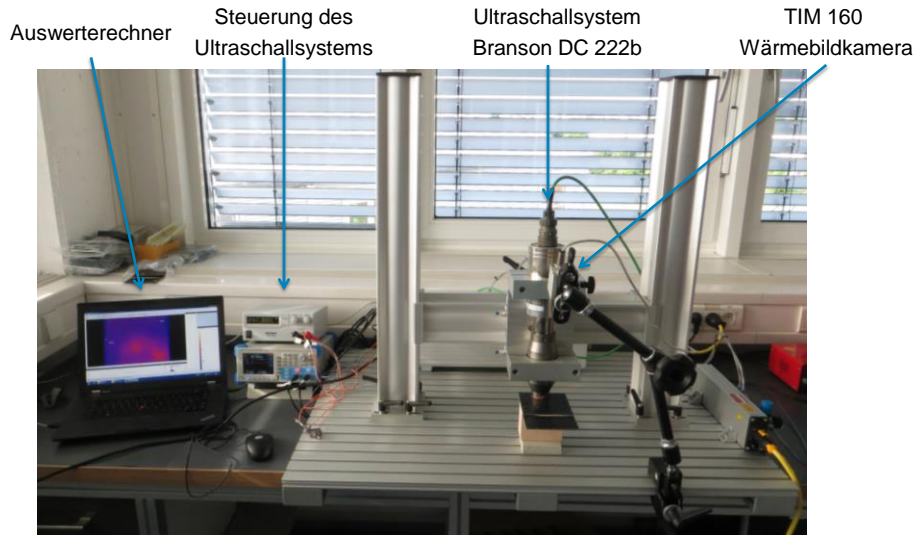
Quelle: Gleiter „Ultrasound-Lockin-Thermography for Advanced Depth Resolved Defect Selective Imaging“ (ECNDT 2006)

## Optisch angeregte Lock-In Thermographie

- Halogenstrahler
- TIM 400 (Micro-Epsilon)
- Funktionsgenerator für niedrige Frequenzen (0,25 mHz bis 0,10 Hz)

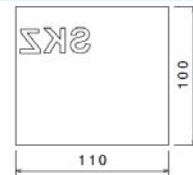




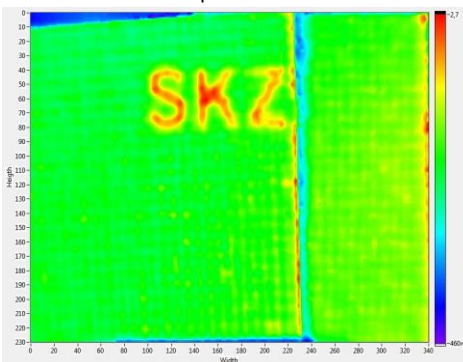


## Klebung mit Luftschluss

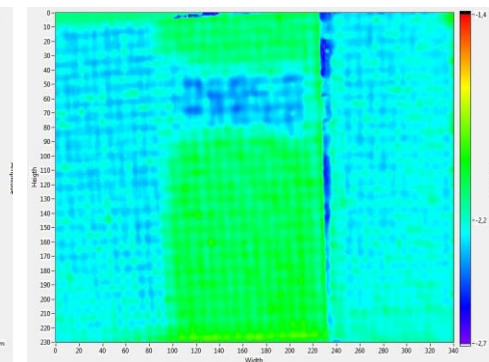
- Tepex dynamite 104 (PP) verklebt mit 2K PU-Klebstoff; Fehlertiefe 1-3 mm
- Lock-in-Frequenz 17,74 mHz



Amplitudenbild

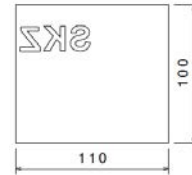


Phasenbild

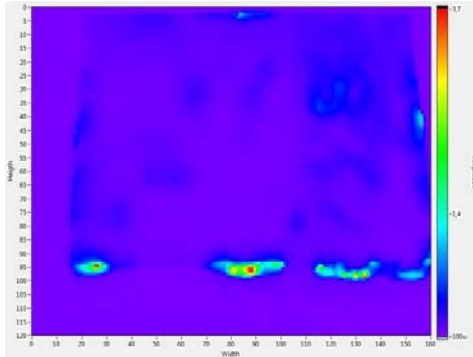


## Klebung mit Luftpneinschluss

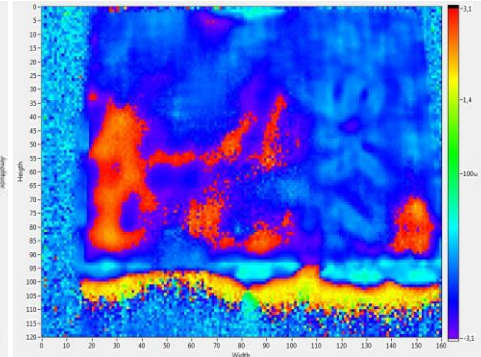
- Tepex dynalite 104 (PP) verklebt mit 2K PU-Klebstoff; Fehlertiefe 1-3 mm
- Lock-in-Frequenz 40 mHz



Amplitudenbild



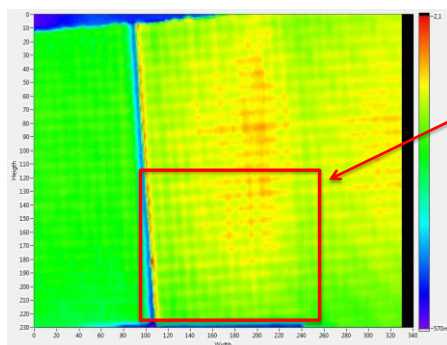
Phasenbild



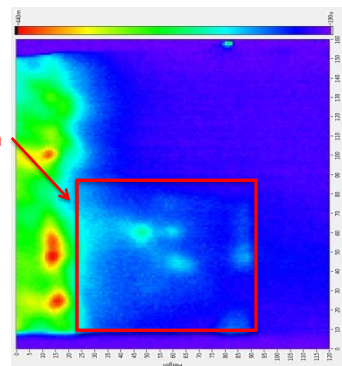
## Klebung mit partiellem Ölfilm

- Tepex dynalite 102 (PA6) verklebt mit 2K PU-Klebstoff
- Amplitudenbilder

Optisch  
Lock-in Frequenz 18,9 mHz



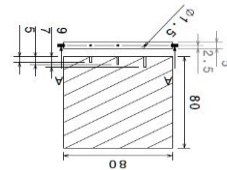
Ultraschall  
Lock-in Frequenz 40 mHz



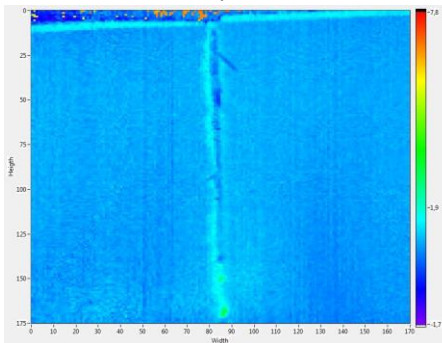
Ölfilm

## Stumpfschweißen mit Luftpneinschluss

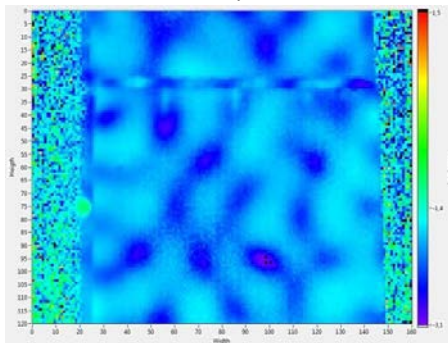
- Zytel 70G30HSLR NC010
- Fehlerdurchmesser 1 mm; Fehlertiefe 1,5 mm
- Phasenbilder



Optisch  
Lock-in Frequenz 35,5 mHz

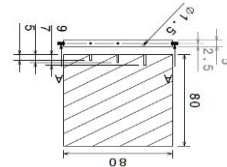


Ultraschall  
Lock-in Frequenz 20 mHz

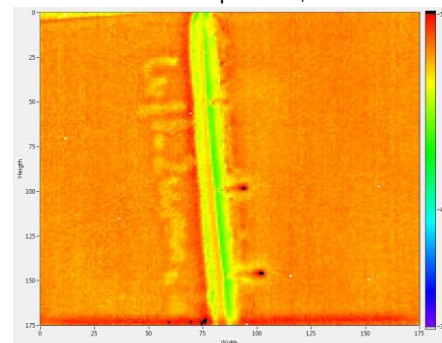


## Stumpfschweißen mit Luftpneinschluss

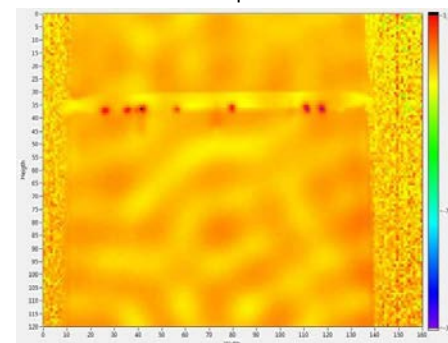
- MELEN PE-HD
- Fehlerdurchmesser 2 mm; Fehlertiefe 1,5 mm
- Phasenbilder



Optisch  
Lock-in Frequenz 22,6 mHz



Ultraschall  
Lock-in Frequenz 40 mHz



### Materialschädigung bei zu großem Energieeintrag

- Markierung durch Sonotrode
- Anschmelzen des Kunststoffs
- Materialabhängig; Extrembeispiel: MEDUR PVC-U



### Zusammenfassung der Projektergebnisse

- Optisch angeregte Lock-in Thermographie
  - Fehlerdurchmesser muss größer als Tiefe sein
  - Fehlstellen in Schweißungen mit Metall oder Sand bis in 2,5 mm Tiefe detektierbar
  - In Klebeverbindungen nur Lufteinschlüsse ab ca. 12 mm<sup>2</sup> in 1-3 mm Tiefe detektierbar
- Ultraschallangeregte Lock-in Thermographie
  - Keine Störsignale durch Faserstrukturen bei Verbundwerkstoffen
  - Probleme: stehende Wellen und Materialschädigungen
  - Klebstoffeintrag und Lufteinschlüsse in Klebungen sichtbar



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### Projektlaufzeit:

01.11.2015 – 31.10.2017 (2 Jahre)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



**Ihr Ansprechpartner bei Fragen**

M. Sc. Heinrich Leicht  
Friedrich-Bergius-Ring 22  
97076 Würzburg

Tel: +49 931 4104-682  
Fax: +49 931 4104-717  
E-Mail: [h.leicht@skz.de](mailto:h.leicht@skz.de)

Prüfung • Weiterbildung • Forschung • Zertifizierung

[www.skz.de](http://www.skz.de)

# Der Weg zum ISO 9712 Zertifikat-Ausbildung in der Thermografie bei der DGZFP



Dipl.-Ing. Gunnar Morgenstern DGZfP Ausbildung und Training GmbH




1






## Ausbildung in 10 Verfahren

STUFE 1			STUFE 2			STUFE 3		
	Kursus AT 1 K	Prüfung AT 1 Q	Kursus AT 2 K	Prüfung AT 2 Q	Grundkursus ZIP BC 3 K M 1 M 2 M 3	Prüfung BC 3 Q M 1 M 2/3	Aufbaukursus AT 3 K	Prüfung AT 3 Q
	Kursus ET 1 K	Prüfung ET 1 Q	Kursus ET 2 K	Prüfung ET 2 Q			Aufbaukursus ET 3 K	Prüfung ET 3 Q
	Kursus LT 1 K	Prüfung LT 1 Q	Kursus LT 2 K	Prüfung LT 2 Q			Aufbaukursus LT 3 K	Prüfung LT 3 Q
	Kursus MT 1 K	Prüfung MT 1 Q	Kursus MT 2 K	Prüfung MT 2 Q			Aufbaukursus MT 3 K	Prüfung MT 3 Q
	Kursus PT 1 K	Prüfung PT 1 Q	Kursus PT 2 K	Prüfung PT 2 Q			Aufbaukursus PT 3 K	Prüfung PT 3 Q
	Kursus RT 1 K	Prüfung RT 1 Q	Kursus RT 2 K	Prüfung RT 2 Q			Aufbaukursus RT 3 K	Prüfung RT 3 Q
	Kursus DR 1 K	Prüfung DR 1 Q	Kursus DR 2 K	Prüfung DR 2 Q			Aufbaukursus DR 3 K	Prüfung DR 3 Q
	Kursus TT 1 K	Prüfung TT 1 Q	Kursus TT 2 K	Prüfung TT 2 Q			Aufbaukursus TT 3 K	Prüfung TT 3 Q
	Kursus UT 1 K	Prüfung UT 1 Q	Kursus UT 2 K	Prüfung UT 2 Q			Aufbaukursus UT 3 K	Prüfung UT 3 Q
	Kursus VT 1 K	Prüfung VT 1 Q	Kursus VT 2 K	Prüfung VT 2 Q			Aufbaukursus VT 3 K	Prüfung VT 3 Q
	Kursus SP K	Prüfung SP Q	Kursus SB K	Prüfung SB Q				



Verbreitung DIN EN ISO 9712

## wenn Ziel - Zertifizierung- dann...



### Schulung bei DGZfP

muss Anforderungen der DIN EN ISO 9712 und Zertifizierungsprogramm



### Qualifikationsprüfung

muss in jedem Teil mit mind. 70 % bestanden werden



### Industrielle ZfP-Erfahrung

muss ausreichend nach DIN EN ISO 9712 sein



### Sehtest

muss jährlich nachgewiesen werden



### Antrag auf Zertifizierung

wenn alle Anforderungen erfüllt sind





## Entstehung Schulungsunterlagen-Prüfungen

- **Fachausschuss Thermographie (FATT)**
- u.a. Themeninhalte der Schulungen
- **Unterausschuss–Ausbildung TT (UA-A-TT)**
- Umsetzung der Schulungen, Prüfungsinhalte in Zusammenarbeit mit DPZ
- Fachleiter TT – MA der DGZfP Ausbildung und Training GmbH (z.Z. Dr. Müller)



## Mindestausbildungszeiten

### klar festgelegt in DIN EN ISO 9712

TT 1 = 40 Stunden (DGZfP Ausbildung und Training GmbH)

TT 2 = 80 Stunden (\*\*\*)

TT 3 = 80 Stunden (DGZfP Ausbildung und Training GmbH)

aber: Beiblatt 1 der DIN EN ISO 9712 (05.2014)  
Empfehlung TT 2 – Aufteilung in industrielle Anwendungsbereiche  
(Bauwesen, Elektrotechnik, allgemeine Industrie- aktive TT, allgemeine  
Industrie-passive TT)

\*\*\* TT 2 40 Stunden (DGZfP Ausbildung und Training GmbH)  
Basisausbildung 16 h + aktive Thermografie 24 h





- Start Ausbildung in Thermografie DGZfP 2005
- ab 2005 im AZ B TT 1, ab 2007 TT 2 + TT3
- IT nicht in DIN EN 473
- nur DIN EN 54162
- Ziel: Durchführung in allen AZ der DGZfP
- ab 2012 im AZ M – wenig Teilnehmer, fehlende Produktnormen
- ab 2017 TT1+TT2+TT3 nur im AZ B



## Schulungsinhalte TT 1 K

### Kursusinhalt

- Begriffe und Techniken der Thermografie
- Grundlagen der Wärmelehre
- Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessung
- Wärmestrahlung/Strahlungsphysik
- Aufbau, Funktionsweise und Kennwerte von IR-Kameras
- IR-Objektive, -Filter und IR-Detektoren
- Darstellung und Optimierung von Thermogrammen
- Anregungsarten der aktiven Thermografie
- Anwendungen: Aktive Thermografie, Bau-, Elektro- und Industriethermografie
- Vorbereitung und Durchführung der Prüfung, Kontrollen
- Dokumentation der Prüfung: Prüfanweisung/Prüfbericht
- Arbeitssicherheit



Eigene ungekühlte Mikrobolometer Kameras  
 (IR CAM (CAMLink Schnittstelle für Datenübertragung LOCK-In tauglich  
 FLUKE T1 50 Batterie betrieben; DIAS MIDAS Batterie betrieben mit USB  
 Schnittstelle für  
 Online Übertragung)

Oberflächenthermometer  
 Windgeschwindigkeitsmesser



## Schulungsinhalte TT 2 K

### Kursusinhalte

- Grundlagen der Thermografie
- Einfluss der Prüfbedingungen
- Thermografische Techniken: Aktive und Passive Thermografie
- Thermische Anregungsquellen: Optische und Mechanische Anregung, weitere Anregungsquellen
- Wärme- und Temperaturleitung: Kenngrößen des Prüfgegenstands
- Zeitabhängige Phänomene der Wärmeleitung: Konzept thermischer Wellen
- Anregungsarten: Lock-in-Thermografie, Impulsthermografie
- Arbeitssicherheit und Umweltschutz
- Auswahl der Prüftechnik, Prüfkonfiguration und Auswertetechnik
- Gerätetechnik I: Grundtypen, Kenngrößen und Kalibrierung von IR-Kameras
- Gerätetechnik II: IR-Optiken, Detektorbauformen, Kühlkonzepte, Datenübertragung und -speicherung
- Planung, Vorbereitung und Durchführung der Prüfung, Datenauswertung und -darstellung, Kontrollen
- Regelwerke der Thermografie, Prüfanweisung und Dokumentation der Prüfung

TT 2 nur aktiv, Kunden kommen hauptsächlich aus Industrie

Thermographie Sequenzenauswertung z.B. Impaktschäden an CFK Windkraft, Blitzthermographie

Erarbeitung Prüfanweisung aus derzeit gültigen Normen



## Normen in der Thermografie

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">DEUTSCHE NORM</td> <td style="text-align: right;">November 2016</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DIN EN 16714-1</td> <td style="text-align: center;"><b>DIN</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">ICS 19.100</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Teil 1: Allgemeine Grundlagen; Deutsche Fassung EN 16714-1:2016</b>                      Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 1: General principles; German version EN 16714-1:2016                      Essais non destructifs - Analyses thermographiques - Partie 1: Principes généraux; Version allemande EN 16714-1:2016                 </td> </tr> </table>	DEUTSCHE NORM	November 2016	DIN EN 16714-1	<b>DIN</b>	ICS 19.100		<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Teil 1: Allgemeine Grundlagen; Deutsche Fassung EN 16714-1:2016</b> Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 1: General principles; German version EN 16714-1:2016 Essais non destructifs - Analyses thermographiques - Partie 1: Principes généraux; Version allemande EN 16714-1:2016		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">DEUTSCHE NORM</td> <td style="text-align: right;">November 2016</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DIN EN 16714-2</td> <td style="text-align: center;"><b>DIN</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">ICS 19.100</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Teil 2: Geräte; Deutsche Fassung EN 16714-2:2016</b>                      Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 2: Equipment; German version EN 16714-2:2016                 </td> </tr> </table>	DEUTSCHE NORM	November 2016	DIN EN 16714-2	<b>DIN</b>	ICS 19.100		<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Teil 2: Geräte; Deutsche Fassung EN 16714-2:2016</b> Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 2: Equipment; German version EN 16714-2:2016		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">DEUTSCHE NORM</td> <td style="text-align: right;">November 2016</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DIN EN 16714-3</td> <td style="text-align: center;"><b>DIN</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">ICS 01.040.19; 19.100</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Teil 3: Begriffe; Deutsche Fassung EN 16714-3:2016</b>                      Ersatz für DIN 54190-3:2006-02                 </td> </tr> </table>	DEUTSCHE NORM	November 2016	DIN EN 16714-3	<b>DIN</b>	ICS 01.040.19; 19.100		<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Teil 3: Begriffe; Deutsche Fassung EN 16714-3:2016</b> Ersatz für DIN 54190-3:2006-02	
DEUTSCHE NORM	November 2016																									
DIN EN 16714-1	<b>DIN</b>																									
ICS 19.100																										
<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Teil 1: Allgemeine Grundlagen; Deutsche Fassung EN 16714-1:2016</b> Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 1: General principles; German version EN 16714-1:2016 Essais non destructifs - Analyses thermographiques - Partie 1: Principes généraux; Version allemande EN 16714-1:2016																										
DEUTSCHE NORM	November 2016																									
DIN EN 16714-2	<b>DIN</b>																									
ICS 19.100																										
<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Teil 2: Geräte; Deutsche Fassung EN 16714-2:2016</b> Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 2: Equipment; German version EN 16714-2:2016																										
DEUTSCHE NORM	November 2016																									
DIN EN 16714-3	<b>DIN</b>																									
ICS 01.040.19; 19.100																										
<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Teil 3: Begriffe; Deutsche Fassung EN 16714-3:2016</b> Ersatz für DIN 54190-3:2006-02																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">DEUTSCHE NORM</td> <td style="text-align: right;">November 2016</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DIN 54192</td> <td style="text-align: center;"><b>DIN</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">ICS 19.100</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>Zerstörungsfreie Prüfung - Aktive Thermografie</b>                      Non-destructive testing - Active thermography                      Essais non destructifs - Thermographie active                 </td> </tr> </table>	DEUTSCHE NORM	November 2016	DIN 54192	<b>DIN</b>	ICS 19.100		<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Aktive Thermografie</b> Non-destructive testing - Active thermography Essais non destructifs - Thermographie active		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">DEUTSCHE NORM</td> <td style="text-align: right;">Juni 2017</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DIN EN 17119</td> <td style="text-align: center;"><b>DIN</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Entwurf</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">ICS 19.100</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Aktive Thermografie; Deutsche und Englische Fassung prEN 17119:2017</b>                      Non-destructive testing - Thermographic testing - Active thermography                      Ersatz für DIN 54192-2010-11                 </td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>Ersatz für DIN 54192</b></p>	DEUTSCHE NORM	Juni 2017	DIN EN 17119	<b>DIN</b>	Entwurf		ICS 19.100		<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Aktive Thermografie; Deutsche und Englische Fassung prEN 17119:2017</b> Non-destructive testing - Thermographic testing - Active thermography Ersatz für DIN 54192-2010-11								
DEUTSCHE NORM	November 2016																									
DIN 54192	<b>DIN</b>																									
ICS 19.100																										
<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Aktive Thermografie</b> Non-destructive testing - Active thermography Essais non destructifs - Thermographie active																										
DEUTSCHE NORM	Juni 2017																									
DIN EN 17119	<b>DIN</b>																									
Entwurf																										
ICS 19.100																										
<b>Zerstörungsfreie Prüfung - Thermografische Prüfung - Aktive Thermografie; Deutsche und Englische Fassung prEN 17119:2017</b> Non-destructive testing - Thermographic testing - Active thermography Ersatz für DIN 54192-2010-11																										

## Fachverband VATH Bundesverband für angewandte Thermografie

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Deutsche Richtlinie</td> <td style="text-align: right;">Februar 2016</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>VATH</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VATH- Richtlinie: Elektrothermografie</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarot-thermografischer Messungen an elektrischen Anlagen und Bauteilen ≤ 1kV</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>VATH-Directive: Electrical thermal imaging</b>                      Planning, realization and documentation of infrared measurements in electrical systems and components.                       Directive du VATH: Thermographie électrique                      Pour la planification, réalisation et documentation de mesures infrarouges d'installations et d'équipements électrotechniques                 </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: x-small;">                     Grundsätzlich ist mindestens die Stufe 1 nach DIN EN ISO 9712* nachzuweisen, sowie ein Ausbildungslehrgang im Bereich der elektrischen Bauteilkunde inklusive der thermografischen Bewertung zu absolvieren. Entsprechend den Richtlinien für Personal der zerstörungsfreien Prüfung dürfen Personen die Messungen und Auswertungen nur ohne Aufsicht einer Stufe 2 oder 3 zertifizierten Person durchführen, wenn sie nach DIN EN ISO 9712* Sektor Elektro, Stufe 2 oder Stufe 3 zertifiziert sind.                 </td> </tr> </table>	Deutsche Richtlinie	Februar 2016	<b>VATH</b>	<b>VATH- Richtlinie: Elektrothermografie</b>	zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarot-thermografischer Messungen an elektrischen Anlagen und Bauteilen ≤ 1kV		<b>VATH-Directive: Electrical thermal imaging</b> Planning, realization and documentation of infrared measurements in electrical systems and components.  Directive du VATH: Thermographie électrique Pour la planification, réalisation et documentation de mesures infrarouges d'installations et d'équipements électrotechniques		Grundsätzlich ist mindestens die Stufe 1 nach DIN EN ISO 9712* nachzuweisen, sowie ein Ausbildungslehrgang im Bereich der elektrischen Bauteilkunde inklusive der thermografischen Bewertung zu absolvieren. Entsprechend den Richtlinien für Personal der zerstörungsfreien Prüfung dürfen Personen die Messungen und Auswertungen nur ohne Aufsicht einer Stufe 2 oder 3 zertifizierten Person durchführen, wenn sie nach DIN EN ISO 9712* Sektor Elektro, Stufe 2 oder Stufe 3 zertifiziert sind.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Deutsche Richtlinie</td> <td style="text-align: right;">Mai 2011</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>VATH</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VATH-Richtlinie: Bauthermografie</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarotthermografischer Messungen an Bauwerken oder Bauteilen von Gebäuden</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>VATH-Directive: Building Thermography:</b>                      Planning, realization and documentation of infrared measurements in buildings or components of buildings.                       Directive du VATH: Thermographie bâtiment:                      Pour la planification, réalisation et documentation de mesures infrarouges de bâtiments ou de composants de constructions.                 </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: x-small;">                     Entsprechend den Richtlinien für Personal der zerstörungsfreien Prüfung dürfen Personen die Messungen und Auswertungen nur ohne Aufsicht durchführen, wenn sie nach DIN 54162 / DIN EN 473 in den Stufen 2 oder 3 zertifiziert sind.                 </td> </tr> </table>	Deutsche Richtlinie	Mai 2011	<b>VATH</b>	<b>VATH-Richtlinie: Bauthermografie</b>	zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarotthermografischer Messungen an Bauwerken oder Bauteilen von Gebäuden		<b>VATH-Directive: Building Thermography:</b> Planning, realization and documentation of infrared measurements in buildings or components of buildings.  Directive du VATH: Thermographie bâtiment: Pour la planification, réalisation et documentation de mesures infrarouges de bâtiments ou de composants de constructions.		Entsprechend den Richtlinien für Personal der zerstörungsfreien Prüfung dürfen Personen die Messungen und Auswertungen nur ohne Aufsicht durchführen, wenn sie nach DIN 54162 / DIN EN 473 in den Stufen 2 oder 3 zertifiziert sind.	
Deutsche Richtlinie	Februar 2016																				
<b>VATH</b>	<b>VATH- Richtlinie: Elektrothermografie</b>																				
zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarot-thermografischer Messungen an elektrischen Anlagen und Bauteilen ≤ 1kV																					
<b>VATH-Directive: Electrical thermal imaging</b> Planning, realization and documentation of infrared measurements in electrical systems and components.  Directive du VATH: Thermographie électrique Pour la planification, réalisation et documentation de mesures infrarouges d'installations et d'équipements électrotechniques																					
Grundsätzlich ist mindestens die Stufe 1 nach DIN EN ISO 9712* nachzuweisen, sowie ein Ausbildungslehrgang im Bereich der elektrischen Bauteilkunde inklusive der thermografischen Bewertung zu absolvieren. Entsprechend den Richtlinien für Personal der zerstörungsfreien Prüfung dürfen Personen die Messungen und Auswertungen nur ohne Aufsicht einer Stufe 2 oder 3 zertifizierten Person durchführen, wenn sie nach DIN EN ISO 9712* Sektor Elektro, Stufe 2 oder Stufe 3 zertifiziert sind.																					
Deutsche Richtlinie	Mai 2011																				
<b>VATH</b>	<b>VATH-Richtlinie: Bauthermografie</b>																				
zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarotthermografischer Messungen an Bauwerken oder Bauteilen von Gebäuden																					
<b>VATH-Directive: Building Thermography:</b> Planning, realization and documentation of infrared measurements in buildings or components of buildings.  Directive du VATH: Thermographie bâtiment: Pour la planification, réalisation et documentation de mesures infrarouges de bâtiments ou de composants de constructions.																					
Entsprechend den Richtlinien für Personal der zerstörungsfreien Prüfung dürfen Personen die Messungen und Auswertungen nur ohne Aufsicht durchführen, wenn sie nach DIN 54162 / DIN EN 473 in den Stufen 2 oder 3 zertifiziert sind.																					

Quelle: VATH Richtlinien

## Schulungsinhalte TT3 K

### Kursusinhalt

- Physikalische Grundlagen, Theorie der Wärmeleitung und -strahlung
- Theoretische Grundlagen der Lock-in- und Puls-Phasen-Thermografie
- Kamertechnik, -kennwerte und -auswahl
- Optische und induktive Anregungstechniken und -quellen
- Mechanische Anregungstechniken und -quellen, sonstige Anregungstechniken
- Anwendungen der aktiven Thermografie
- Bau- und Anlagenthermografie
- Maschinendiagnostik
- Elektrothermografie
- Auswertungstechniken
- Bildverarbeitung
- Prüfsysteme
- Stand der Normung
- Qualifizierung des Verfahrens
- Erstellen von Verfahrensbeschreibungen und Prüfanweisungen
- Anwendungsbeispiele und Demonstrationen



Aktiv+Passiv, Kalibrierung

Externe Experten für Bau, Elektro und Industriethermografie

Exkursion BAM Vorortübungen

Erstellung von Verfahrensbeschreibungen



## Qualifikationsprüfung

Allgemeine Prüfung 40 Fragen MC

- Spezielle Prüfung 30 Fragen MC

- Praktische Prüfung

- **Stufe 1** (aktiv + passiv)

- **Stufe 2** (aktiv + 2 Sequenzen auswerten + PA)

**Stufe 3** (Verfahrensbeschreibung VA)

Erfolgreich nur bei mindestens 70 % Ergebnis in jedem Teil, bei der praktischen Prüfung für jedes Prüfungsstück



## Erfahrungszeit

Anforderungen an Zertifizierung Stufe 1 + 2 + 3 Mindesterfahrungszeiten klar festgelegt für Prüfverfahren und Stufe

ZfP-Verfahren	Erfahrung in Monaten <sup>a</sup>				
	Stufe 1	Stufe 2 bei Zugang als Stufe 1-Prüfer	Stufe 2 bei Direktzugang	Stufe 3 (DQR/EQR <sup>b</sup> ≥ Stufe 6)	Stufe 3 (DQR/EQR <sup>b</sup> < Stufe 6)
AT, ET, LT, RT, UT, <b>TT</b>	3	9	12	18	36
MT, PT, ST, VT	1	3	4	12	24

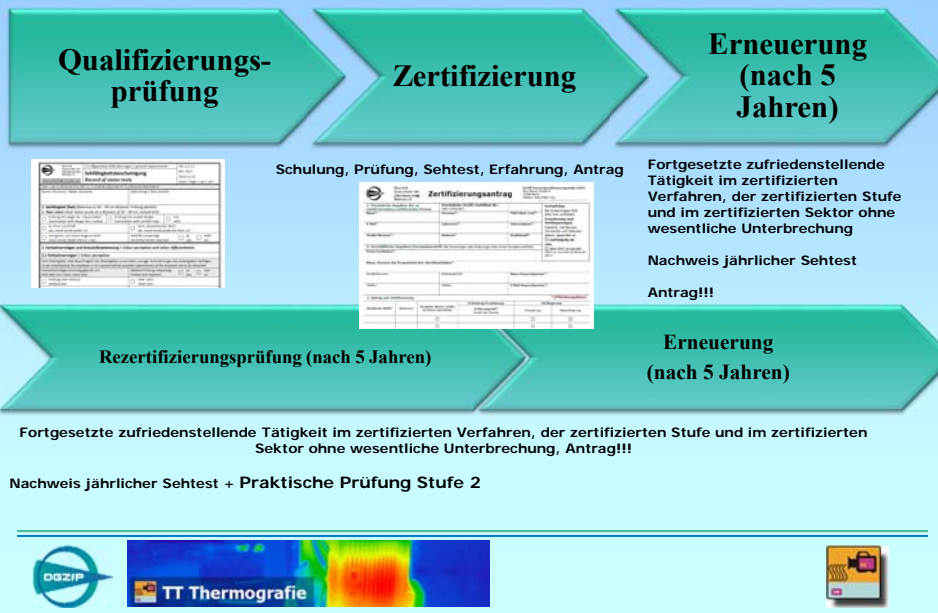
<sup>a</sup> Die Arbeitserfahrung beruht auf einer nominellen 40-Stunden-Woche oder der gesetzlichen Wochenarbeitszeit. Arbeitet eine Person mehr als 40 h/Woche, darf ihr die Erfahrungszeit aufgrund der Gesamtstunden angerechnet werden, aber sie ist verpflichtet, Nachweise über diese Erfahrung zu liefern.

<sup>b</sup> DQR: Deutscher Qualifikationsrahmen  
EQR: Europäischer Qualifikationsrahmen

**Die Mindesterfahrungszeit, die vor der Prüfung im entsprechenden Sektor nachgewiesen werden muss, beträgt 10 %.**



## Erstzertifizierung-Erneuerung-Rezertifizierung






### Rezertifizierung Stufe 1 und 2

#### Komplette praktische Prüfung

**Stufe 1**      **3** Prüfungsstücke nach Prüfanweisung  
**Stufe 2:**      **1** Prüfanweisung + **2** Prüfungsstücke

**( A )nschulung + praktische Prüfung ( R )**

TT 1 A + R = 2 Tage  
 TT 2 A + R = 2 Tage

### Rezertifizierung TT Stufe 3

**Nachweis  
fortgesetzter  
praktischer  
Tätigkeit**

+

**Theoretische  
Prüfung**

**Praktische  
Prüfung  
Stufe 2  
(ohne Prüfanweisung)**

+




**Theoretische  
Prüfung**

**Praktische  
Prüfung  
Stufe 2  
(ohne Prüfanweisung)**

+

**Kredit  
System**

**( A )nschulung + praktische Prüfung ( R ) TT 3 A + R**

## Grundlagenausbildung Stufe 3 (Basic Kursus BC) Modularer Aufbau

**Modul 1: Grundlagen der Zerstörungsfreien Prüfung (10 Tage)**

- Kompakte Übersicht über 3 Oberflächen- und 2 Volumenverfahren (M1)
- Zertifizierung von ZfP-Personal nach DIN EN ISO 9712 (M1)
- Objekt-/Werkstoffkunde (M1)

**Basisprüfung (BC 3 Q M1)** entspricht den Minimalanforderungen der DIN EN ISO 9712

**Module 2+3: Anwendung, Entwicklung, Organisation (5+5 Tage)**

- Problembezogene Auswahl und Anwendung von ZfP Verfahren (ZfP Eisenbahn, ZfP Chemie, ZfP Maschinenbau)
- Druckgeräterichtlinie (M2)
- Vergleiche zwischen verschiedenen Prüfverfahren (M2)
- weitere u.a. TT, ET, LT, AT und neuere ZfP-Verfahren (z.B. Shereografie, Laminografie) (M3)
- ASNT-Zertifizierung (M3)
- Akkreditierung Prüflabore DIN EN ISO 17025 und Labororganisation (M3)
- Zuverlässigkeit ZfP

**Aufbauprüfung (BC 3 Q M2/M3)** erfüllt auch die Anforderungen der ASNT SNT-TC-1A

**NDT Master®: Kandidaten, die die Prüfung »DGZfP-Select« (Q M1+M2+M3) erfolgreich absolviert haben, sind berechtigt, nach Erwerb der Stufe-3-Qualifikation in zwei Hauptverfahren bei der DGZfP, den Titel **NDT Master®** zu führen**



## Vielen Dank!



**Fragen?**

[www.dgzfp.de](http://www.dgzfp.de)  
oder [ms@dgzfp.de](mailto:ms@dgzfp.de)

**TT 3 K + Q**

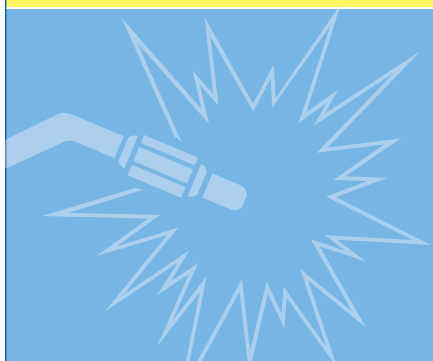
DGZfP Ausbildungszentrum Berlin

**09.10.2017 bis 21.10.2017**









## 27. SCHWEISSTECHNISCHE FACHTAGUNG

08. November 2017, Halle (Saale)

[www.slv-halle.de](http://www.slv-halle.de)

Die SLV Halle GmbH und der Deutsche Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V., Bezirksverband Halle (Saale), veranstalten in der zweiten Novemberwoche traditionell ihre SCHWEISSTECHNISCHE FACHTAGUNG. Diese Veranstaltung nutzen zahlreiche Fachkollegen aus Industrie und Handwerk sehr gerne für einen intensiven Erfahrungsaustausch. Das Tagungsprogramm enthält neben aktuellen Beiträgen aus Forschung und Entwicklung praxisnahe Vorträge

aus der Schweißtechnik und den angrenzenden Fachgebieten sowie Ausführungen zu neuen internationalen Regelwerken.

Die SCHWEISSTECHNISCHE FACHTAGUNG wird seit 1991 jährlich durchgeführt und hat sich in dieser Zeit zu einem Zentrum des Dialoges und der Leistungsschau der schweiß- und schneidtechnischen Forschung und Entwicklung in Mitteldeutschland entwickelt.

Eine umfangreiche schweißtechnische Fachmesse rundet die Veranstaltung ab.

Tagungsgebühr: 470,00 €

Weitere Informationen finden Sie unter [www.slv-halle.de](http://www.slv-halle.de) oder kontaktieren Sie uns:

E-Mail: [tagungen@slv-halle.de](mailto:tagungen@slv-halle.de)  
 Tel.: +49 345 5246-418 (Fr. Richwien)  
 oder +49 345 5246-551 (Fr. Jäger)

### Lehrgänge in der SLV Halle GmbH

	Termine	Preise (€) Lehrgang/Prüfung
<b>STANDARDLEHRGÄNGE – ST (IWT)</b>		
DVS®-IIW-Lehrgang Internationaler Schweißtechniker nach Richtlinie DVS®-IIW 1170	28.08.2017 – 09.11.2017/ 23.11.2017 Prüfung	Gesamt: 6.880,00
IWT Wochenendlehrgang	01.09.2017 – 24.03.2018/ 01.06.2018 Prüfung	Gesamt: 6.880,00
<b>WERKSTOFFPRÜFUNG – ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG</b>		
Thermografie TT Stufe 1 Produktsektor Schweißverbindungen – Theorie/Prüfung	20.08.2018 – 25.08.2018/ 27.08.2018 – 01.09.2018	1.900,00/875,00
Thermografie TT Stufe 2 Produktsektor Schweißverbindungen – Theorie/Prüfung	27.08.2018 – 01.09.2018	2.000,00/875,00
<b>FERTIGUNG – WERKSTOFFE – KONSTRUKTION</b>		
MP – Angewandte Metallographie für den Praktiker	14.11.2017 – 16.11.2017	1.780,00
<b>UMSCHULUNGEN</b>		
Umschulung zum Werkstoffprüfer mit IHK-Abschluss	28.08.2017 – 30.08.2019	auf Anfrage
Umschulung zum Konstruktionsmechaniker	01.09.2017 – 31.08.2019	auf Anfrage
<b>HERSTELLERQUALIFIKATION – WEITERBILDUNG FÜR SAP</b>		
DVS®-Lehrgang für Schweißaufsichtspersonal (SAP) Bereich Schienenfahrzeugbau nach Richtlinie DVS® 1109 – Modul 1	16.10.2017 – 20.10.2017	1.370,00/220,00