

TECHNOLOGIE- UND WISSENSTRANSFER IN DER SCHWEISS- UND FÜGETECHNIK 2021

Freitag, 05.11.2021: Thema 2: 16:30 bis 17:30

„Der aktuelle Entwicklungsstand der digitalen Radiographie im Vergleich zum konventionellen Röntgenfilm“

Alexander Wienerroither

Metal Check GmbH Deutschland, Burgkirchen an der Alz

+49 8679 96662 00

+43 676 9291130

aw@metal-check.at

www.metal-check.de

„ Der aktuelle Entwicklungsstand der digitalen Radiographie im Vergleich zum konventionellen Röntgenfilm “

Inhalte

- Normgerecht?
- Grundlagen der anforderungs- und normgerechten Aufnahmequalität – RT konventionell
- Eckpunkte der konventionellen Radiographie - Filme schwarz machen
- Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders?
- Vorteil- und Nachteile der digitalen Radiographie im Vergleich zur Konventionellen
- Anwendungsbeispiele der digitalen Radiographie
- Zukunftsausblick – Warum können / sollten wir umsteigen? Hürden & Stolpersteine
- Unternehmensinformationen

„ Normgerecht? “

- Metallische Industrielle Rohrleitungen EN 13480 Serie
- Kryo-Behälter EN 13458-1
- Behälter für Flüssiggas EN 12817
- Wasserrohrkessel EN 12952 Serie
- Großwasserraumkessel EN 12953 Serie
- Unbefeuerte Druckbehälter EN 13445 Serie
- Edelstahl-Großwasserraumkessel EN 14222
- Druckgeräte für Kälteanlagen EN 14276 Serie

- Stahl- und Aluminiumbau EN 1090-1
- Schienenfahrzeuge EN 15085 Serie

- **Schweißnahtqualität nach EN ISO 5817 → EN 17635 → EN 17636 Serie (RT + RT CR)**

„ Normgerecht? “

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30 Ausgabe Dezember 2020

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindungen Verfahrenstechnische Mindestanforderungen für die zerstörungsfreien Prüfverfahren	AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Anlage 1
--------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------

prEN 12952-6:2020 (D) ÖNORM **ENTWURF**

9.4 Prüfung auf Volumenfehler

9.4.1 Durchstrahlungsprüfung

9.4.1.1 Verfahren

Die Durchstrahlungsprüfung von Schweißnähten muss entsprechend EN ISO 17636-1:2013 erfolgen. Sofern zutreffend, darf das Durchstrahlungsprüfverfahren mit Filmen durch dasjenige mit digitalen Detektoren nach EN ISO 17636-2:2013 ersetzt werden.

EN 13480-5

NORME EUROPÉENNE Juni 2017

ICS 23.040.01 Ersatz für EN 13480-5:2012

Deutsche Fassung

Metallische industrielle Rohrleitungen - Teil 5: Prüfung

Metallic industrial piping - Part 5: Inspection and testing Tuyauteries industrielles métalliques - Partie 5: Inspection et contrôle

EUROPÄISCHE NORM **EN 1090-2**

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE Juni 2018

ICS 91.080.13 Ersatz für EN 1090-2:2008+A1:2011

Deutsche Fassung

Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken

EN 13445-5:2014/prA2:2017 (D) ÖNORM **ENTWURF**

1 Änderung an Abschnitt 2

Verweis auf EN ISO 17635:2010 durch Verweis auf EN ISO 17635:2016 ersetzen und Verweisungen auf diese Norm im gesamten Dokument aktualisieren.

Bereits im vollen Umfang erlaubt


Vermutlich in der nächste Ausgabe

Kooperationspartner von TÜV SÜD



„ Normgerecht? “

- Durchführung nach EN ISO 17636-2: 2013 (aktuell)
- Bewertung nach EN ISO 10675-1 bzw. anderen Auswertennormen (AD 2000,...) identisch mit der konventionellen Radiographie (Auswertung identisch / normgerechte Aufnahmen Kontrolle unterscheidet sich)

 NORM-ENTWURF

DIN EN ISO 17636-2:2021-06 - Entwurf

Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen -

Durchstrahlungsprüfung - Teil 2: Röntgen- und

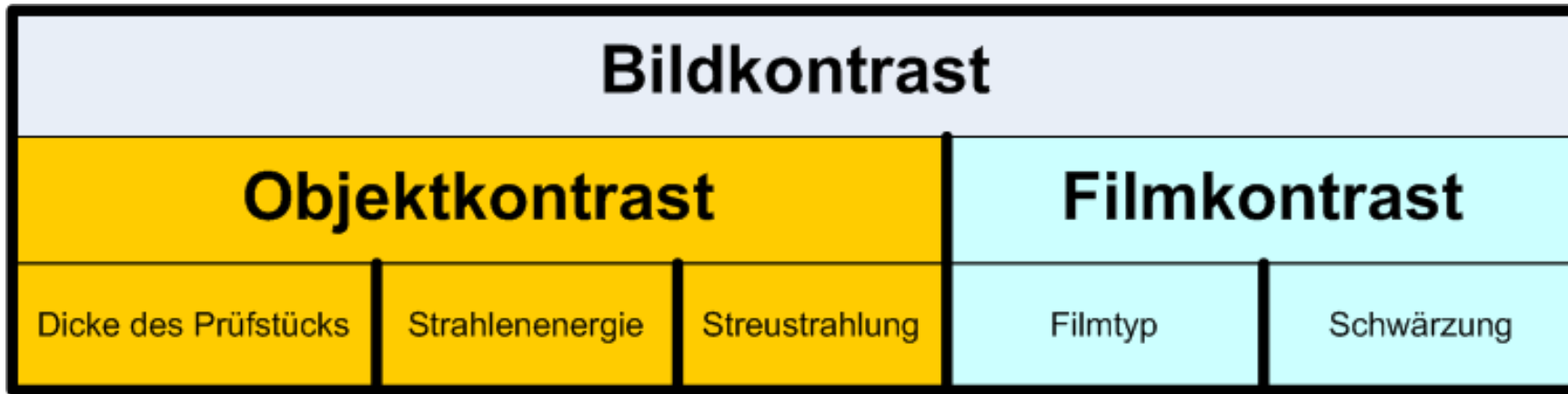
Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (ISO/DIS 17636-2:2021); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 17636-2:2021

„ Grundlagen der anforderungs- und normgerechten Aufnahmequalität – RT konventionell “

DETAILERKENNBARKEIT



K **U** **K**
 Kontrast Unschärfe Körnigkeit



Kleine Dicke	Niedrige Energie	Geringe Menge	Hoher Gradient	Hohe Schwärzung
= hoher Objektkontrast + hoher Filmkontrast = hoher Bildkontrast = beste Fehlererkennbarkeit				

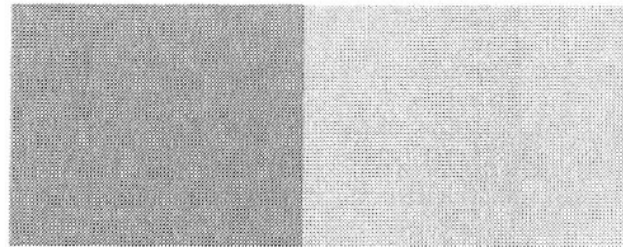
Große Dicke	Hohe Energie	Große Menge	Geringer Gradient	Niedrige Schwärzung
= geringer Objektkontrast + geringer Filmkontrast = geringer Bildkontrast = schlechteste Fehlererkennbarkeit				



Gesamtunschärfe		
Innere Unschärfe	Geometrische Unschärfe	Bewegungsunschärfe
u_i	u_g	Vermeidbar !
Film – Folien – Abstand so gering wie möglich	Geometrie Bedingungen	Film bewegt sich

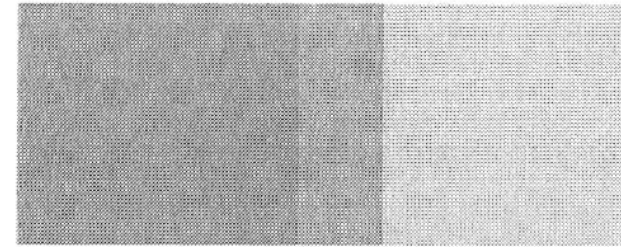
K **U** **K**
Kontrast Unschärfe Körnigkeit

Bildauflösung
ist abhängig von der **Unschärfe** und der **Filmkörnigkeit**



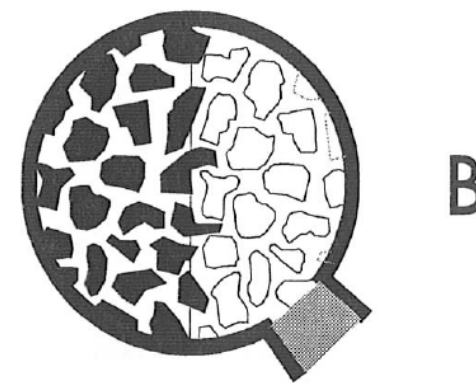
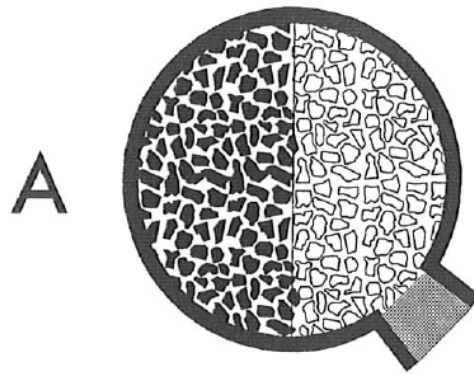
belichtet

unbelichtet



belichtet

unbelichtet



Film nach Belichtung, vor Verarbeitung

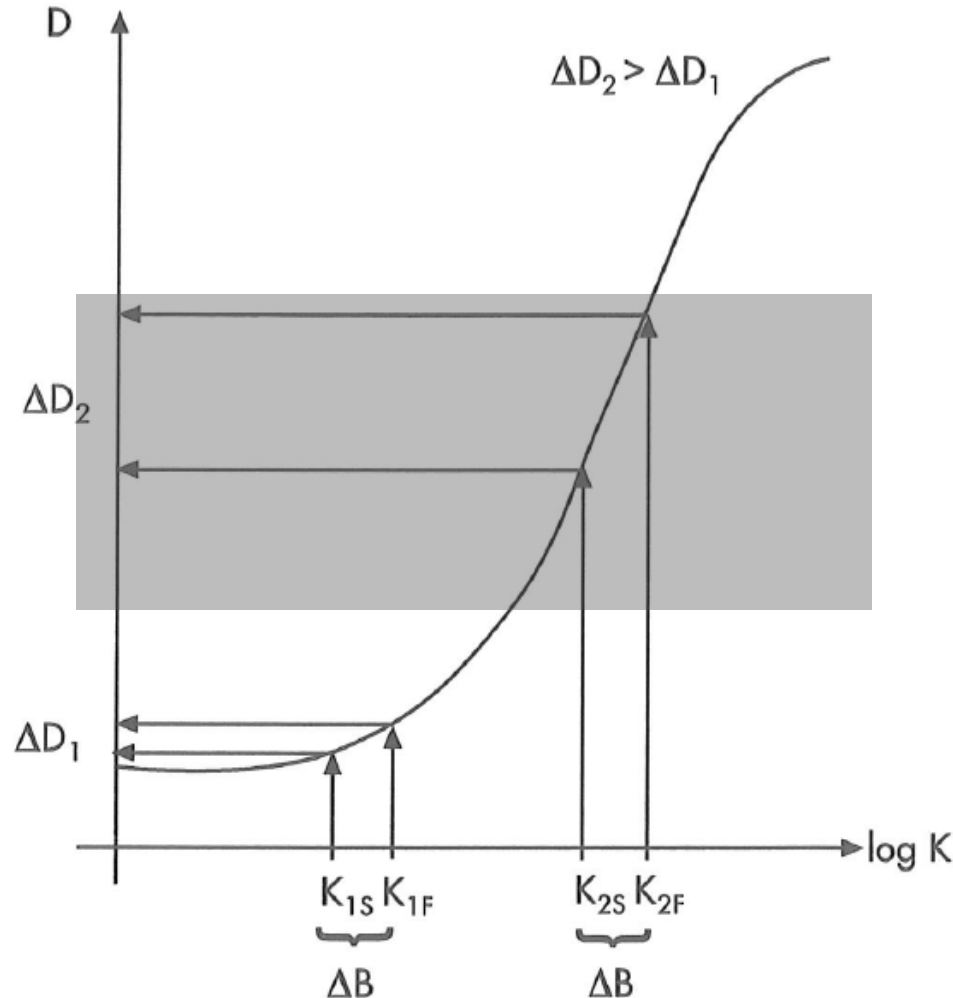
feinkörniger, unempfindlicher Film

grobkörniger, empfindlicher Film

„ Eckpunkte der konventionellen Radiographie >Filme schwarz machen< “

SCHWÄRZUNG [D_{\min} 2,0 bzw. 2,3]

Charakteristische Kurve - Schwärzungskurve



Die Kurve zeigt bei gleichem Intensitätsunterschied (*siehe x – Achse*) den deutlichen Unterschied der möglichen Schwärzung (*siehe y – Achse*).

= FILMKONTRAST

Je nach Filmklasse bzw. Typ kann diese Steigung im Arbeitsbereich unterschiedlich ausfallen. Diese Steigung wird als **Gradient G** bezeichnet.

Hohe Steigung = Hoher Gradient = **hoher Filmkontrast**

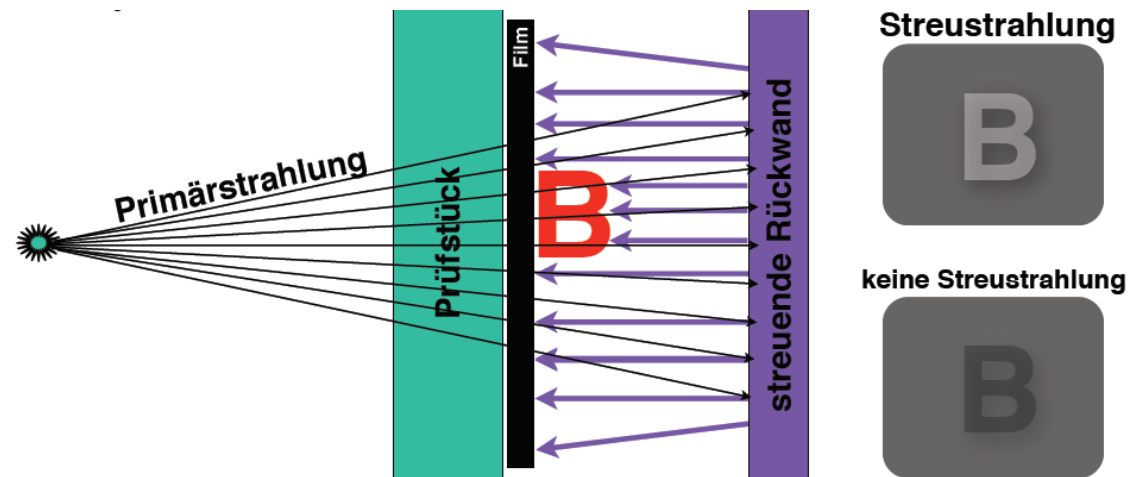
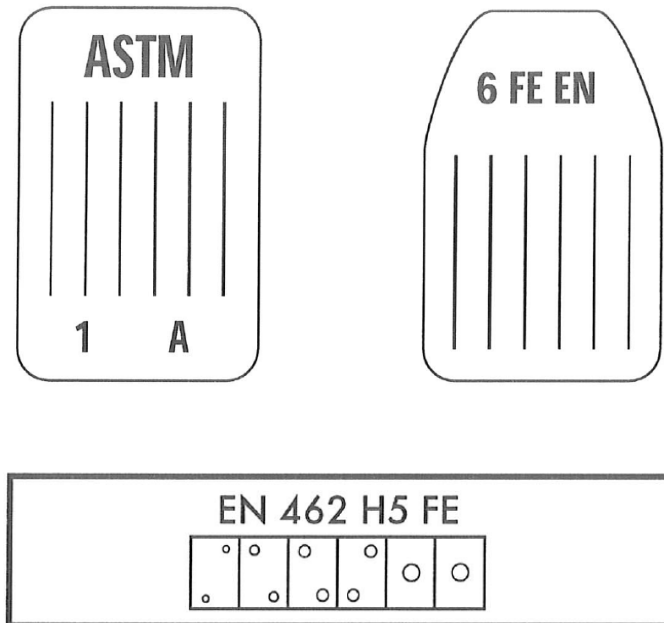
Geringe Steigung = Geringer Gradient = **Geringer Filmkontrast**

„ Eckpunkte der konventionellen Radiographie >Filme schwarz machen< “

BILDGÜTEBESTIMMUNG (BPK - Drahtsteg)

Die radiographische Empfindlichkeit vom kleinsten, gerade noch sichtbaren Objektdetail muss definiert werden, um die Aussagekraft eines hergestellten Films zu belegen.

Dies geschieht in der Regel mit Bildgüteprüfkörpern (BPK). In Europa nutzt man den bekannten Drahtsteg, mit einer Reihe von Drähten mit unterschiedlichen Durchmessern. Es gibt jedoch noch eine Menge anderer Bildgüteprüfkörper (Beispiel Loch-Bildgüteprüfkörper).

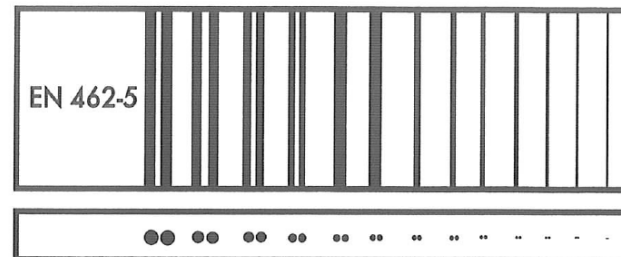
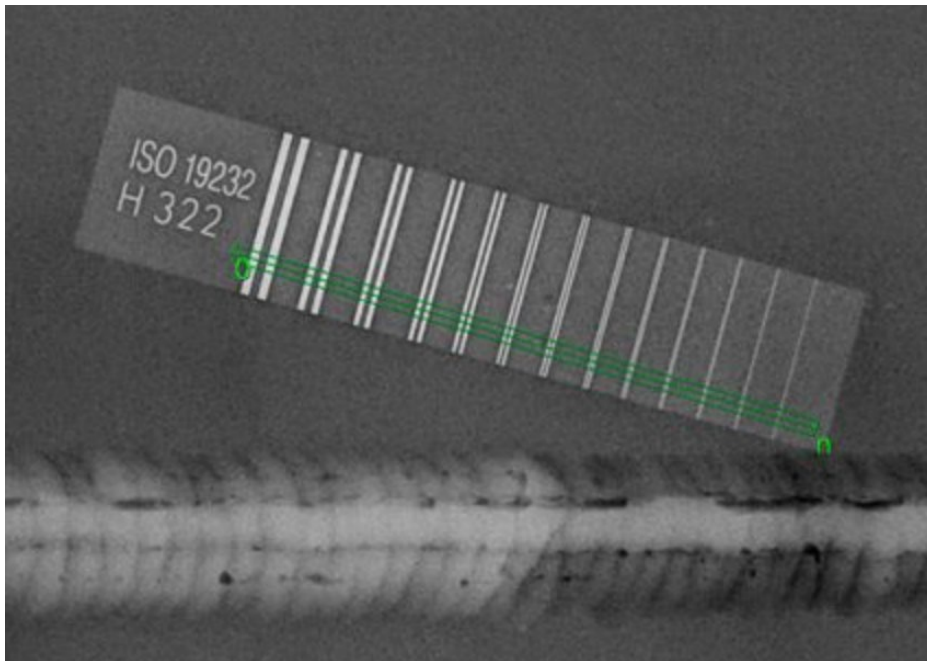


„ Eckpunkte der konventionellen Radiographie >Filme schwarz machen< “

GESAMTUNSCHÄRFE

Die Gesamtunschärfe kann zwar mit Hilfe eines Platin-Doppeldraht-Bildgüteprüfkörper ermittelt werden, dies wird in der Norm EN ISO 17636-1 nicht gefordert und daher auch nicht ermittelt.

Bei der digitalen Technik ist diese Ermittlung indirekt (SRb detector) oder direkt (SRb image) erforderlich. Arbeitet man mit Vergrößerungstechniken $> 1,2$ ist jedenfalls der direkte Nachweis erforderlich.



„ Eckpunkte der konventionellen Radiographie >Filme schwarz machen< “

GESAMTUNSCHÄRFE

Müsste man diesen Doppel-Drahtsteg im konventionellen Bereich einsetzen, würden die tatsächlichen Schwächen der konventionellen Radiographie in Bezug auf Strahlenquellen-Wahl und Mindestabstand gnadenlos offenbart.

QUALITATIVE ANALYSE														
Referenzstück DN50x2,0 60,3x2,0		EN ISO	IST											
		17636-1	Röntgenröhre				Selen 75				Iridium 192			
		Prüfklasse A	Filmsystem		Filmsystem		Filmsystem		Filmsystem		Filmsystem		Filmsystem	
		Anforderungen an die Bildgüte	Class C5		Class C4		Class C5		Class C4		Class C3		Class C4	
		Variante A	Variante B		Variante C		Variante D		Variante E		Variante F			
Bild 11	Naht 3	W15	W16	D9	W16/17	D9	W14	D6	W14/15	D6	W15/16	D6	W13	D5/6
Bild 12	Naht 4	W15	W16	D10	W16/17	D10/11	W14	D6	W14/15	D6	W15/16	D6	W13	D5/6
Bild 11	Naht 5	W15	W16	D10	W16/17	D10/11	W14	D6	W14/15	D6	W15/16	D6	W13	D5/6

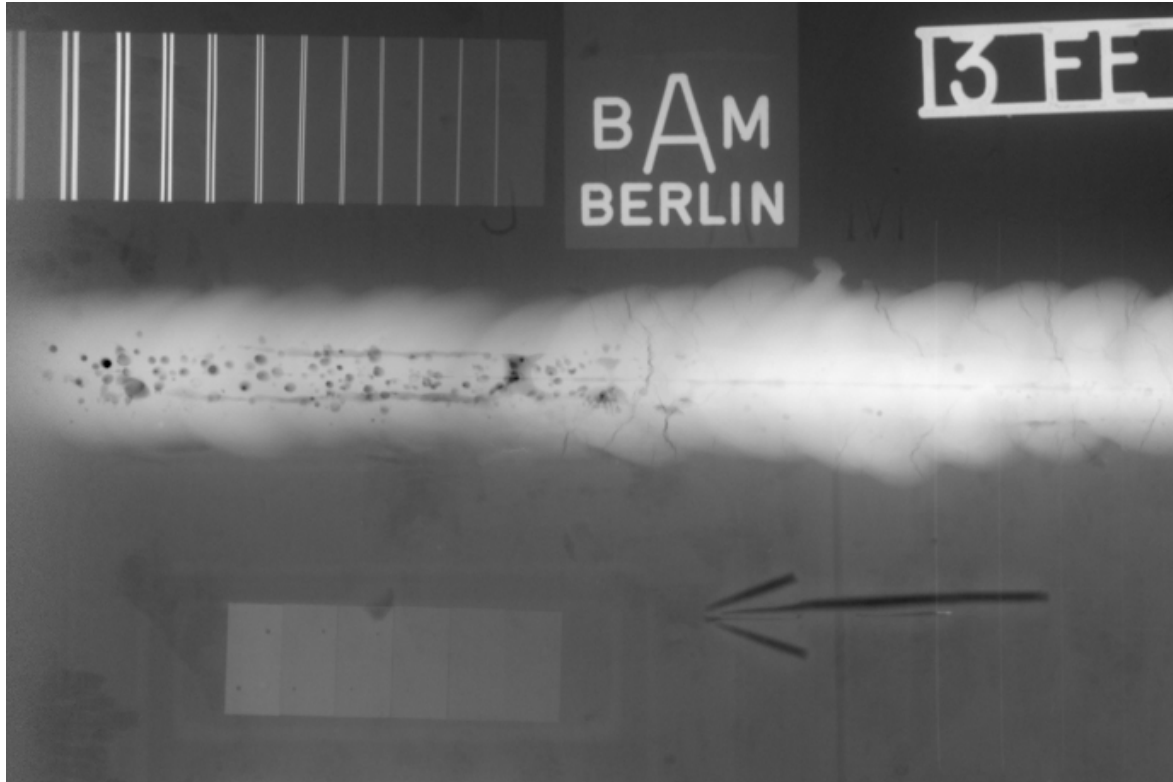
„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “



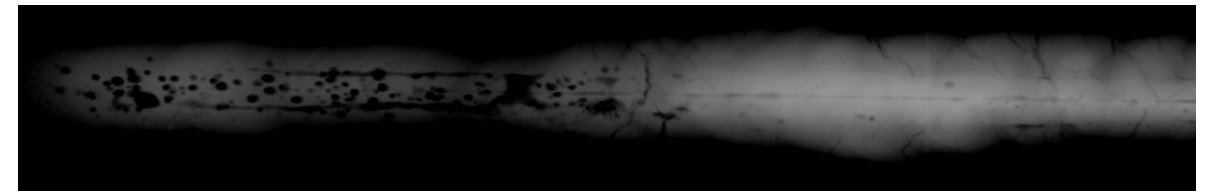
Kooperationspartner
von TÜV SÜD



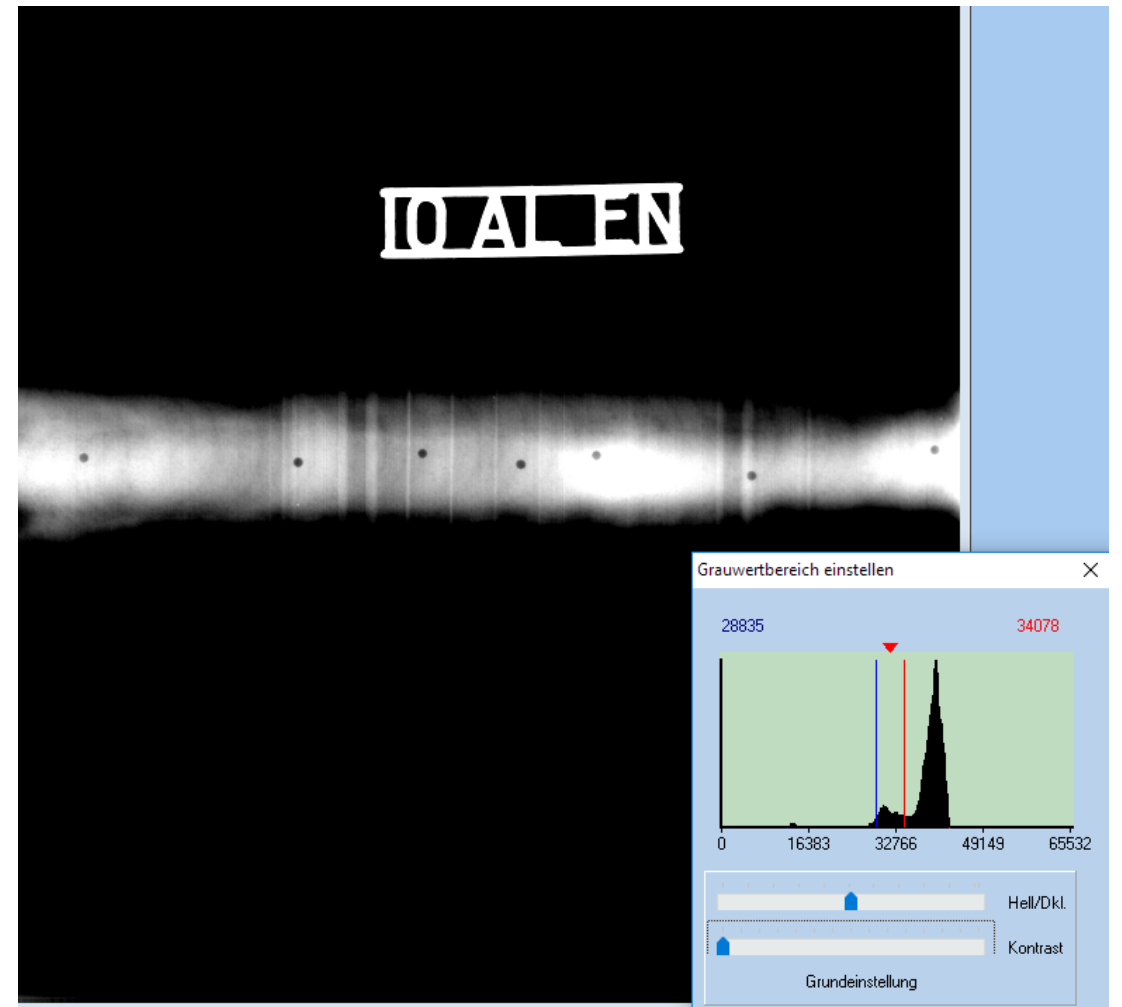
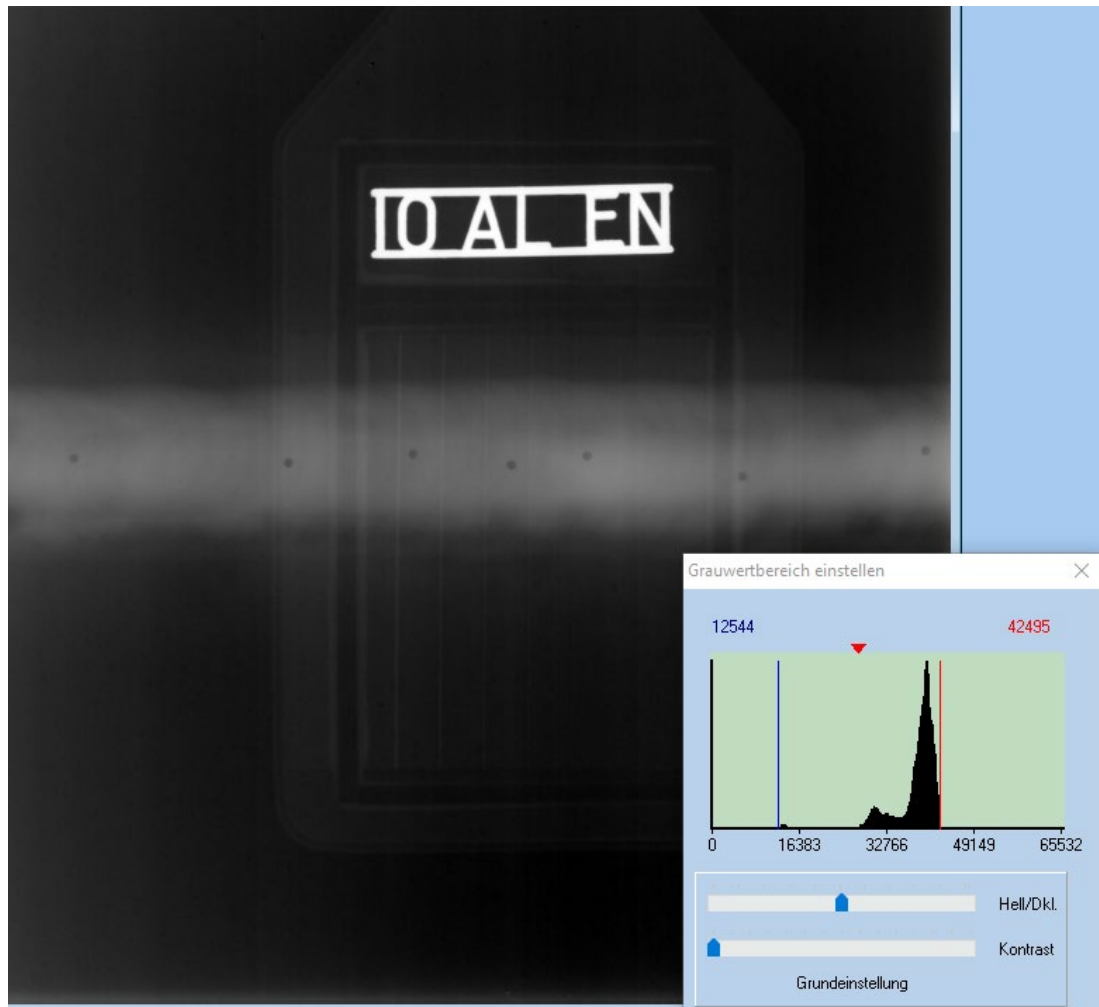
„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “



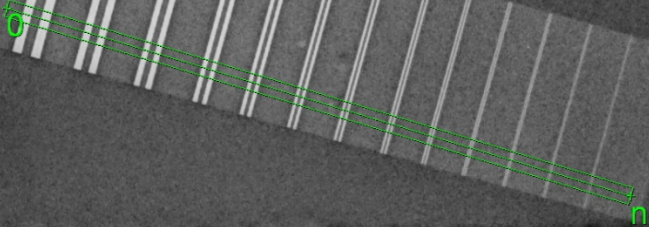
Sichtbarer Bereich der Graustufen wird verschoben, ohne die Originaldaten zu verändern!



„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “



ISO 19232
H 322



TO FE EN



„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “

RT konventionell (RT)	RT Digital (RT CR)	Bemerkung
Schwärzung	Graustufen	Prüfung jeder Aufnahme RT CR: digital wird das sogenannte Signal-Rausch-Verhältnis SNR geprüft
Bildgüte über Einzeldraht Bildgüteprüfkörper	Bildgüte über Einzeldraht Bildgüteprüfkörper	Prüfung jeder Aufnahme RT CR: Betrachteter Graustufenbereich muss optimiert werden
	Platin-Doppeldraht-BPK	RT CR: Folien & Strahlenenergie Auflösung muss geprüft werden (indirekt – ohne Steg auf Aufnahme / direkt – mit Steg auf Aufnahme)
	Phantombild	RT CR: Jährliche Prüfung der Gesamtauflösung und Kontraste des Analog-Digitalwandlers
Rückstrahl-B	Rückstrahl-B	Prüfung jeder Aufnahme

„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “

Tabelle B.13 — Maximale Bildunschärfe für alle Techniken der Klasse B

Bildgüteklasse B, Doppel-Draht-BPK nach ISO 19232-5		
Durchstrahlte Dicke w^a mm	Mindest-BPK-Wert und maximale Unschärfe (ISO 19232-5) ^{b,c} mm	Maximale Basis-Ortsauflösung (äquivalent zur Drahtstärke und zum Drahtabstand) ^{b,c} SR_b^{image} mm
$w \leq 1,5$	D 13+ 0,08	0,04
$1,5 < w \leq 4$	D 13 0,10	0,05
$4 < w \leq 8$	D 12 0,125	0,063
$8 < w \leq 12$	D 11 0,16	0,08
$12 < w \leq 40$	D 10 0,20	0,10
$40 < w \leq 120$	D 9 0,26	0,13
$120 < w \leq 200$	D 8 0,32	0,16
$w > 200$	D 7 0,40	0,20

^a Für die Doppelwandtechnik, Einbild, ist anstelle der durchstrahlten Dicke w die Nenndicke t anzusetzen.

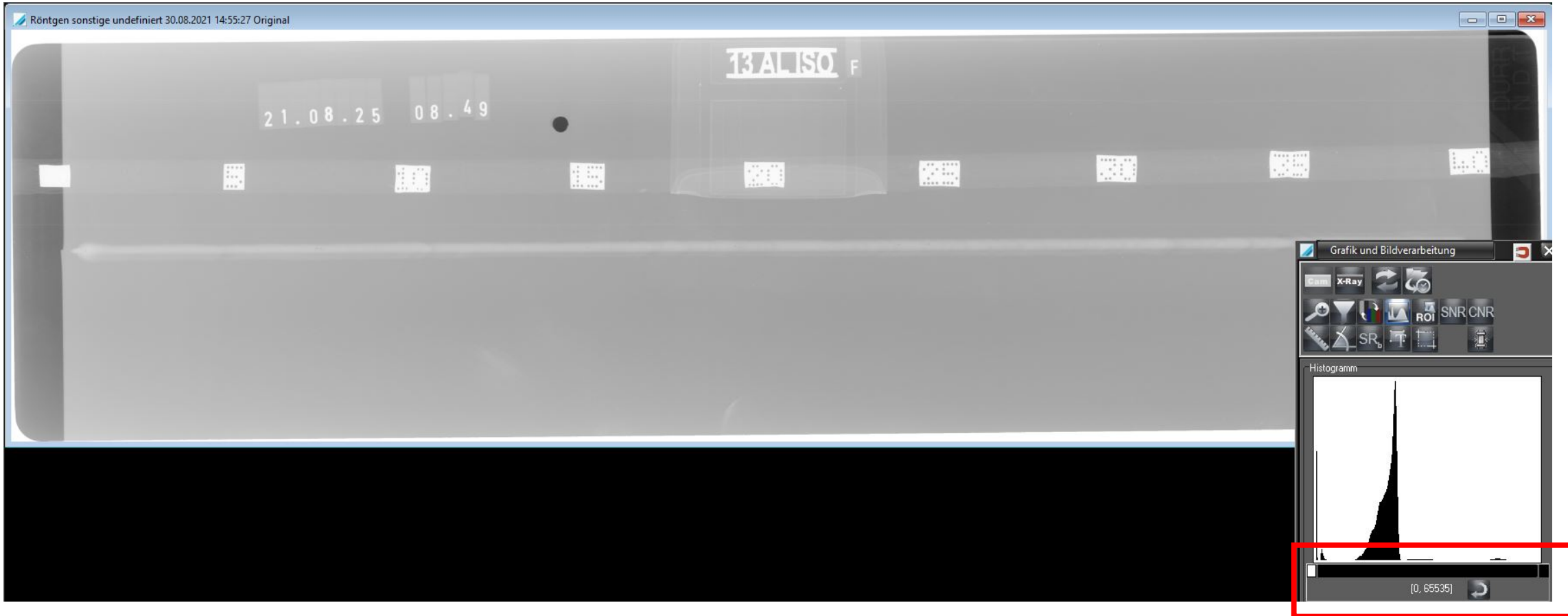
^b Die BPK-Auswertung für die Systemauswahl (siehe Anhang C) gilt für die Kontaktradiographie. Wird die geometrische Vergrößerungstechnik (siehe 7.7) angewendet, muss die BPK-Auswertung in den entsprechenden Referenz-Durchstrahlungsaufnahmen erfolgen.

^c Wenn die Vergrößerung $v \leq 1,2$ ist, kann $SR_b^{detector}$ anstelle von SR_b^{image} verwendet werden.

Es gibt Kompensationsmöglichkeiten, sollte die Bildgüte nicht erreicht werden

→ Eine Idee, die auch in der konventionellen Radiographie sinnvoll wäre (Stichwort Isotopenutzung unter 5mm)

„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “



Blech-Aufnahme: Original ohne Optimierung

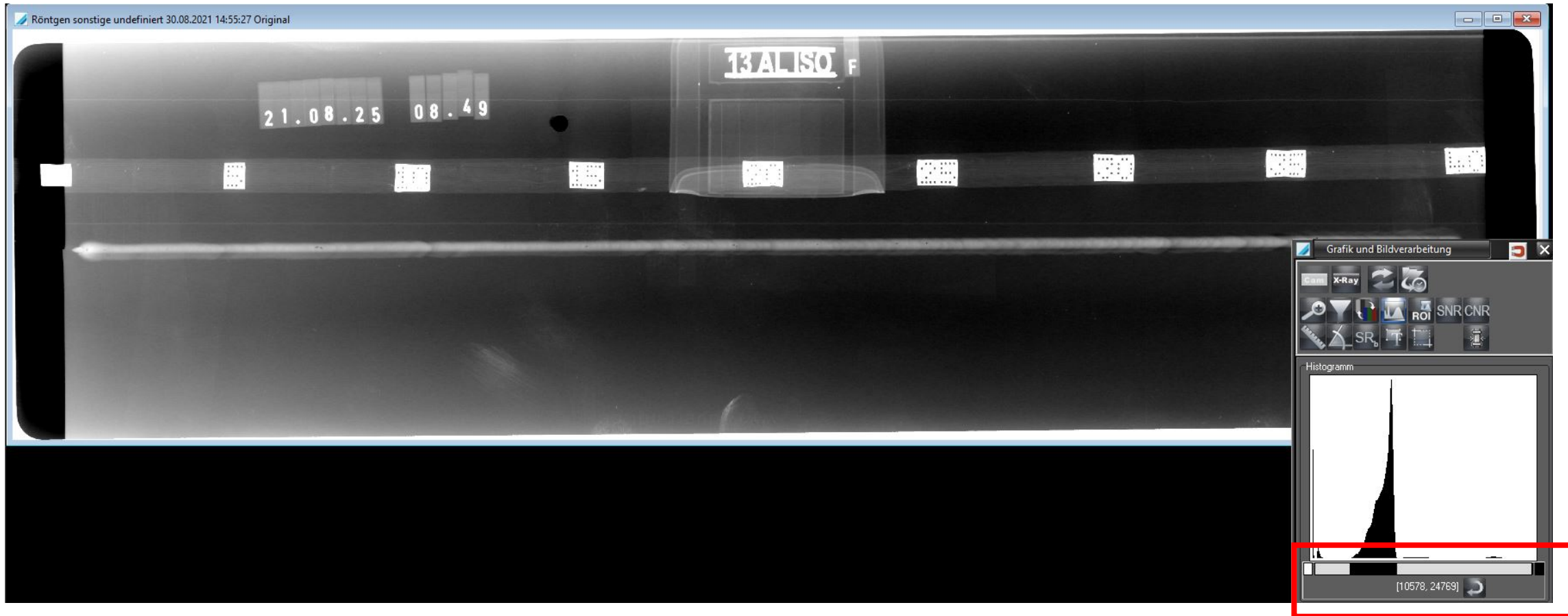
→ erster Eindruck (-)

[Es werden alle Graustufen 65.000 angezeigt, das Auge kann nur ca. 260 verarbeiten]

Kooperationspartner
von TÜV SÜD



„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “



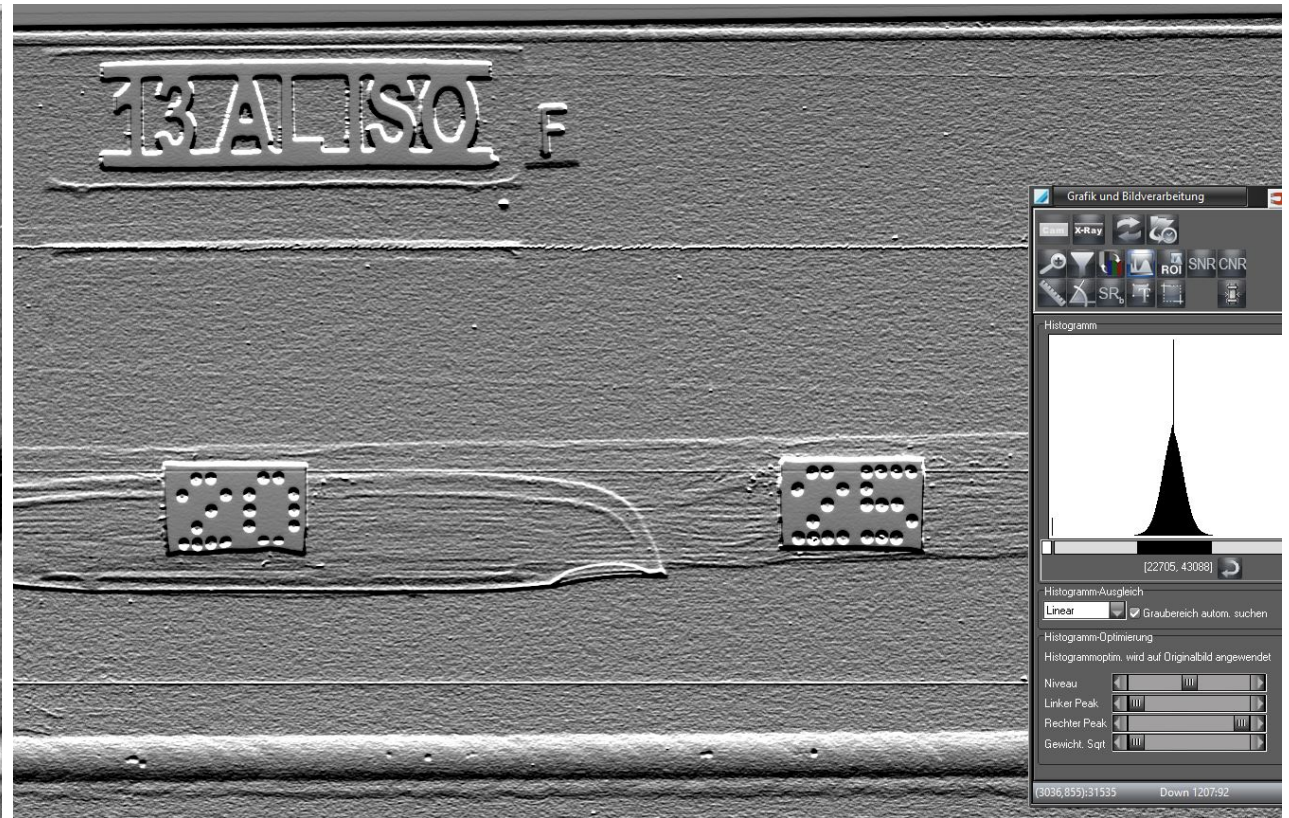
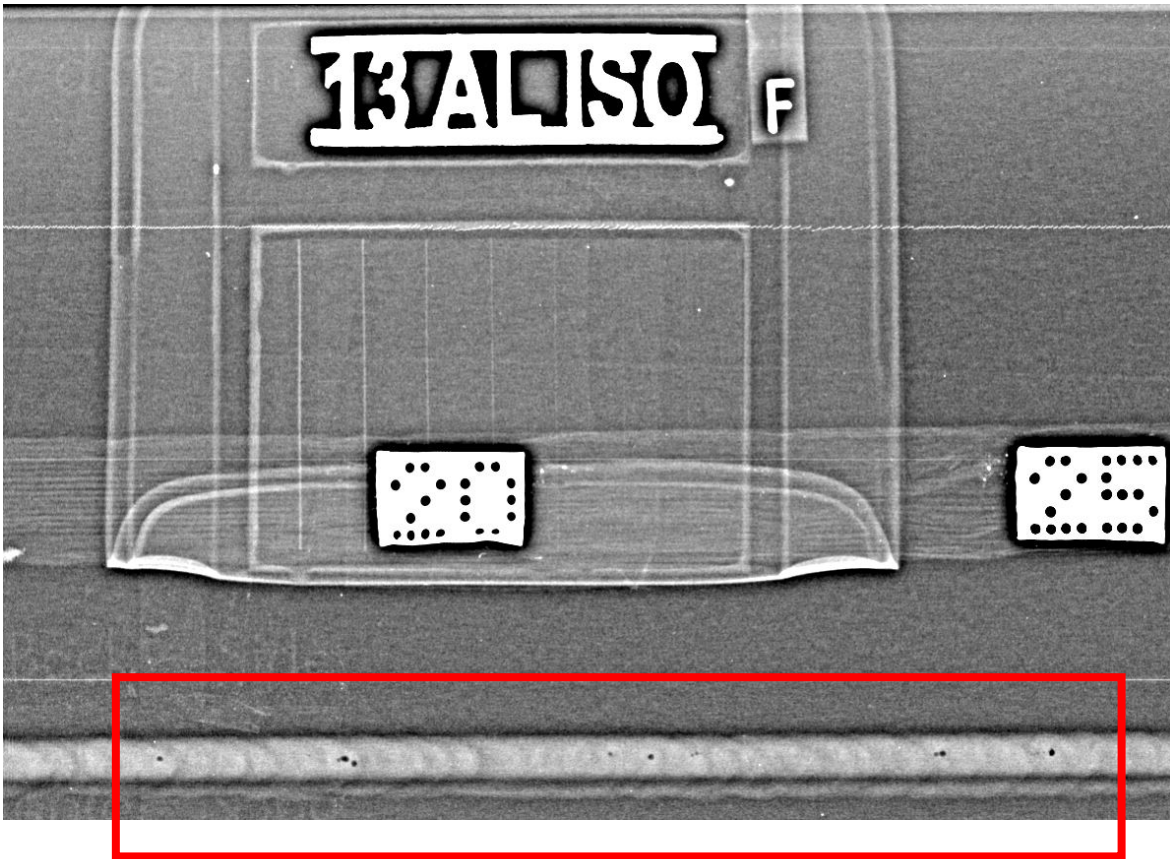
Blech-Aufnahme: Original mit Optimierung
→ zweiter Eindruck – hier ist etwas zu sehen
[Nur der interessante Bereich der Graustufen wird dargestellt]

„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “



Blech-Aufnahme: Zweitbild mit Optimierung und Filtereinsatz
→ dritter Eindruck – hier sind einige Anzeigen feststellbar
[Filter sind ideal für die Suche, nicht jedoch zur tatsächlichen Auswertung]

„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “

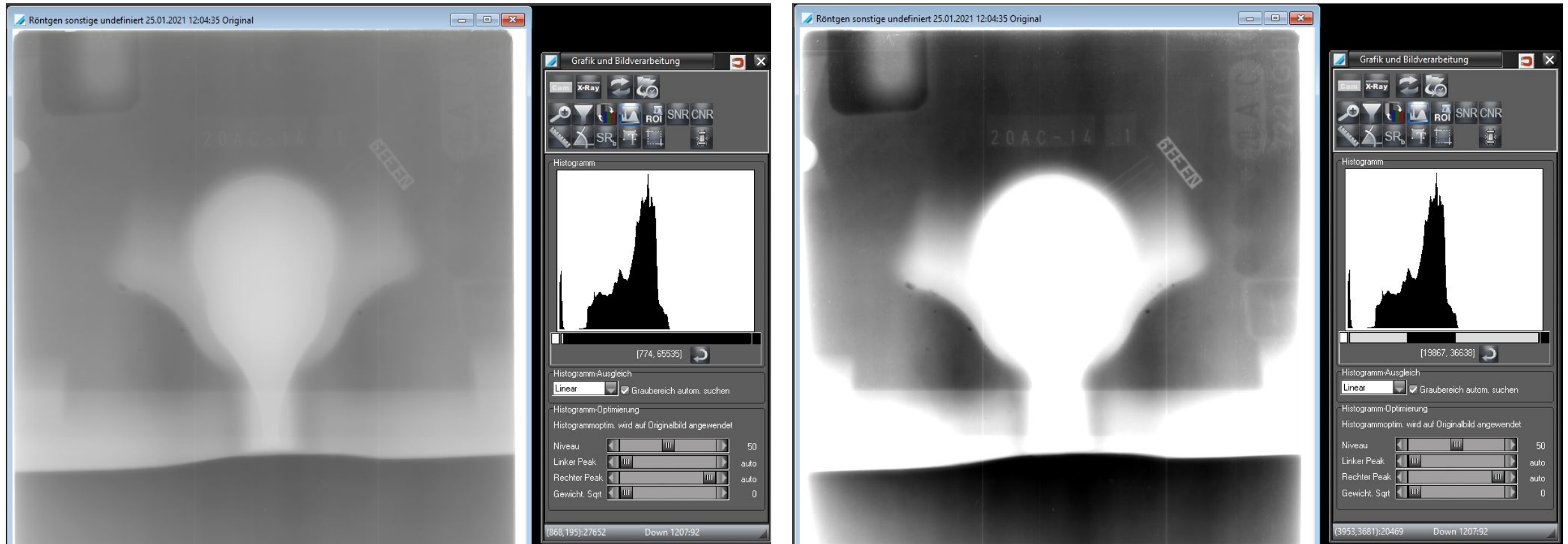


Blech-Aufnahme: Zweitbild mit Optimierung und Filtereinsatz & ZOOM

→ mit Hilfe des Zooms kann die Suche weiter optimiert werden

[übermäßiger Filtereinsatz ist wenig hilfreich]

„ Eckpunkte der digitalen Radiographie - Was ist anders? “



Optimierungen können auch bei unterschiedlichen Wandstärken genutzt werden.

Links: Alle Graustufenbereiche

Rechts: Graustufenbereiche der dünneren Wandung

→ Auch anwendbar bei Schweißnähten unterschiedlicher Grundmaterialstärken!

„ Vorteil- und Nachteile der digitalen Radiographie im Vergleich zur Konventionellen “

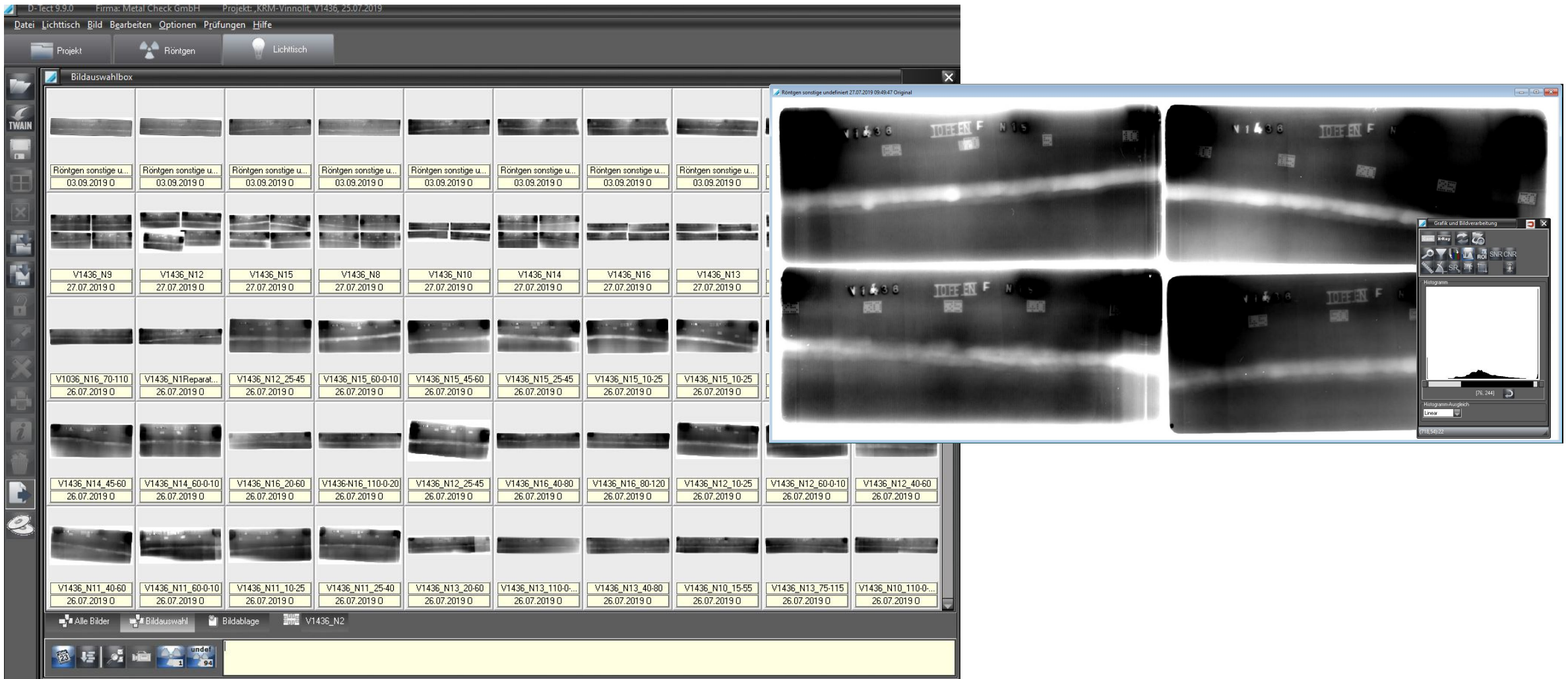
Digitale Radiographie gewinnt immer mehr an Bedeutung, die Gründe:

- Ökologische Aspekte (keine Entwickler-Chemie)
- Relativ Schnelle Auswertung, da anstelle von Entwicklung ein Scan deutlich schneller ist
- Insbesondere bei gleichbleibenden Bedingungen (Serie) unglaublich durchsatzstark
- Digitale Archivierung und Möglichkeiten der digitalen Versendung von Aufnahmen
- Deutlich größerer Objektumfang (verschiedene Dicken mit einer Aufnahme möglich)
- Vorteile bei der Bewertung durch hohe Anzahl an Grauwerten (keine Filter)
- Analoge Filmauswerter benötigen nur wenig Mehrkenntnisse um digital auswerten zu können (wichtigste Aspekte – 1 bis 2 Tagesschulung)

Einige Nachteile im Vergleich zur konventionellen Röntgenprüfung bleiben bestehen

- Hohe Streustrahlenempfindlichkeit (Zusätzliche Maßnahmen nötig)
- Hohe Empfindlichkeit der Speicherfolien in Bezug auf Nutzung
- Hoher Ausbildungsaufwand beim durchführenden Personal
- Hohe Erstinvestitionskosten

„Anwendungsbeispiele der digitalen Radiographie“

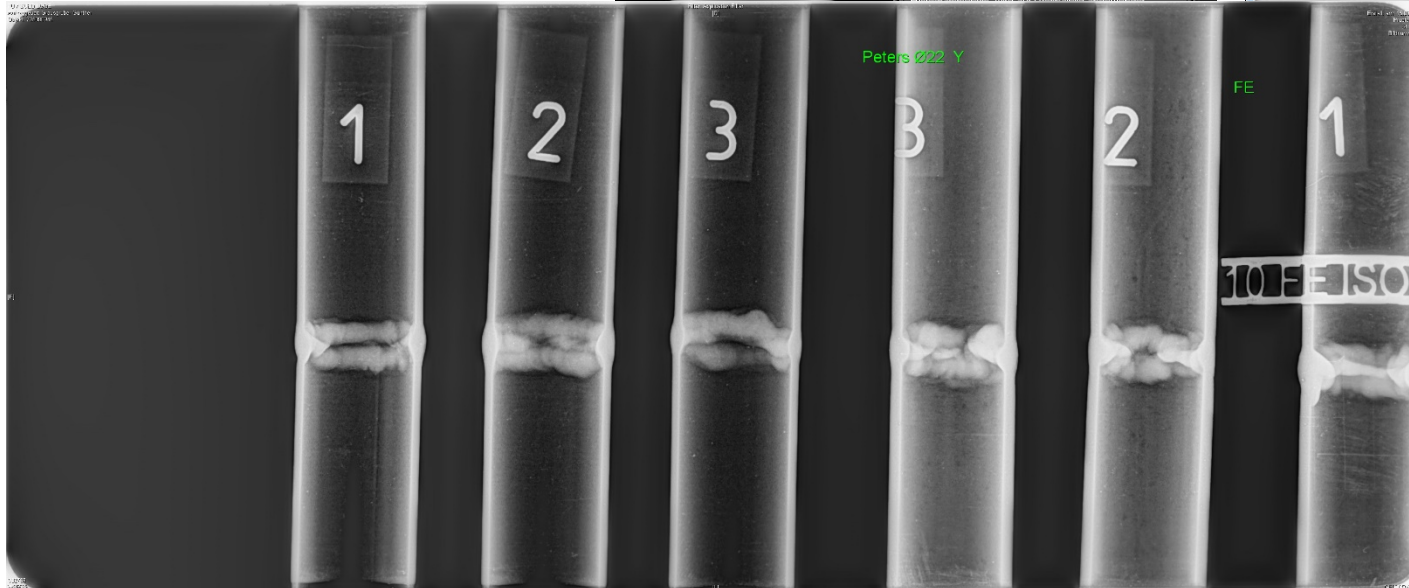
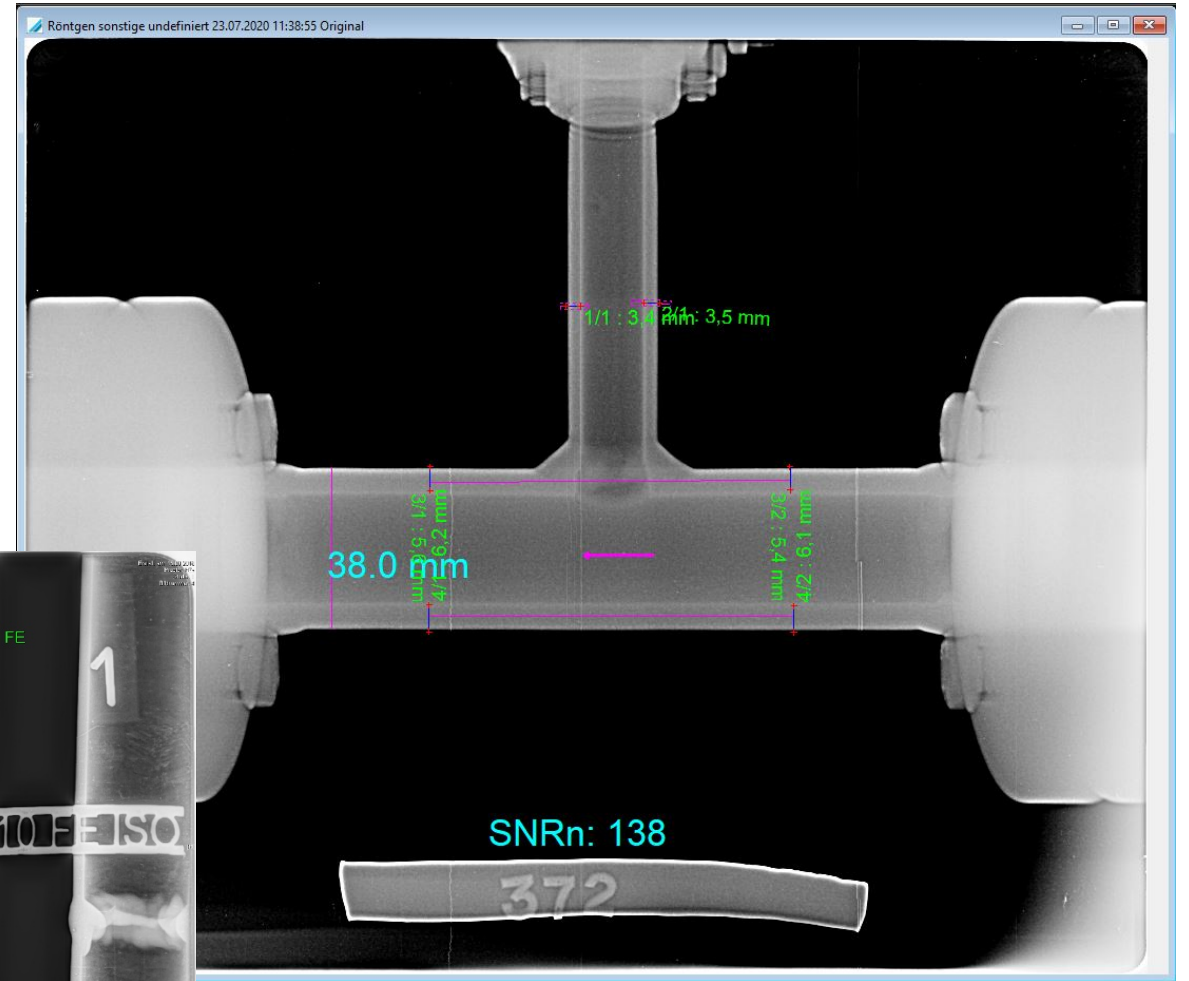
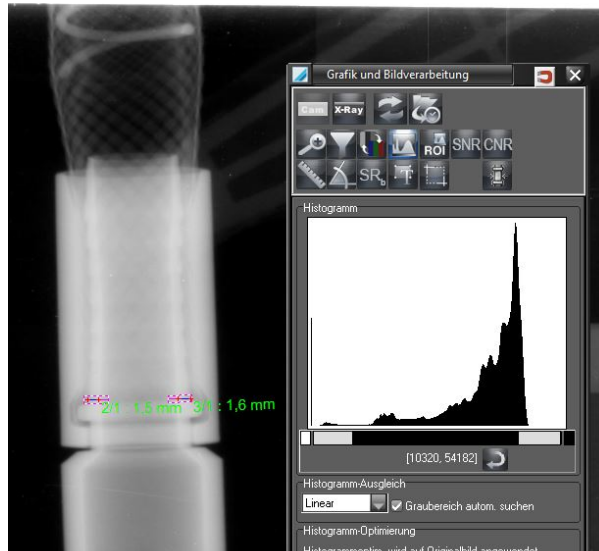
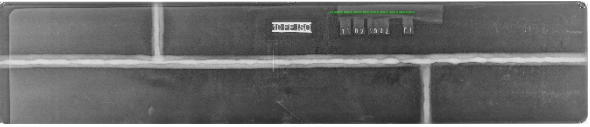
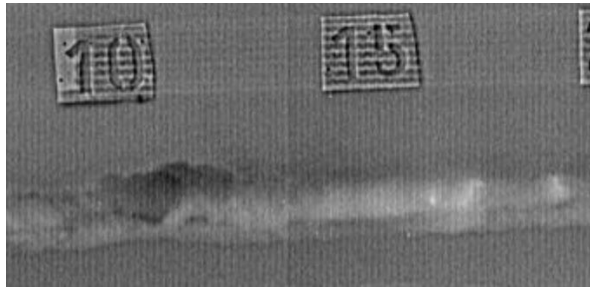


Leitungsarchivierung mit Datenabspeicherung (Bsp: 4 Teilaufnahmen je Schweißnaht)

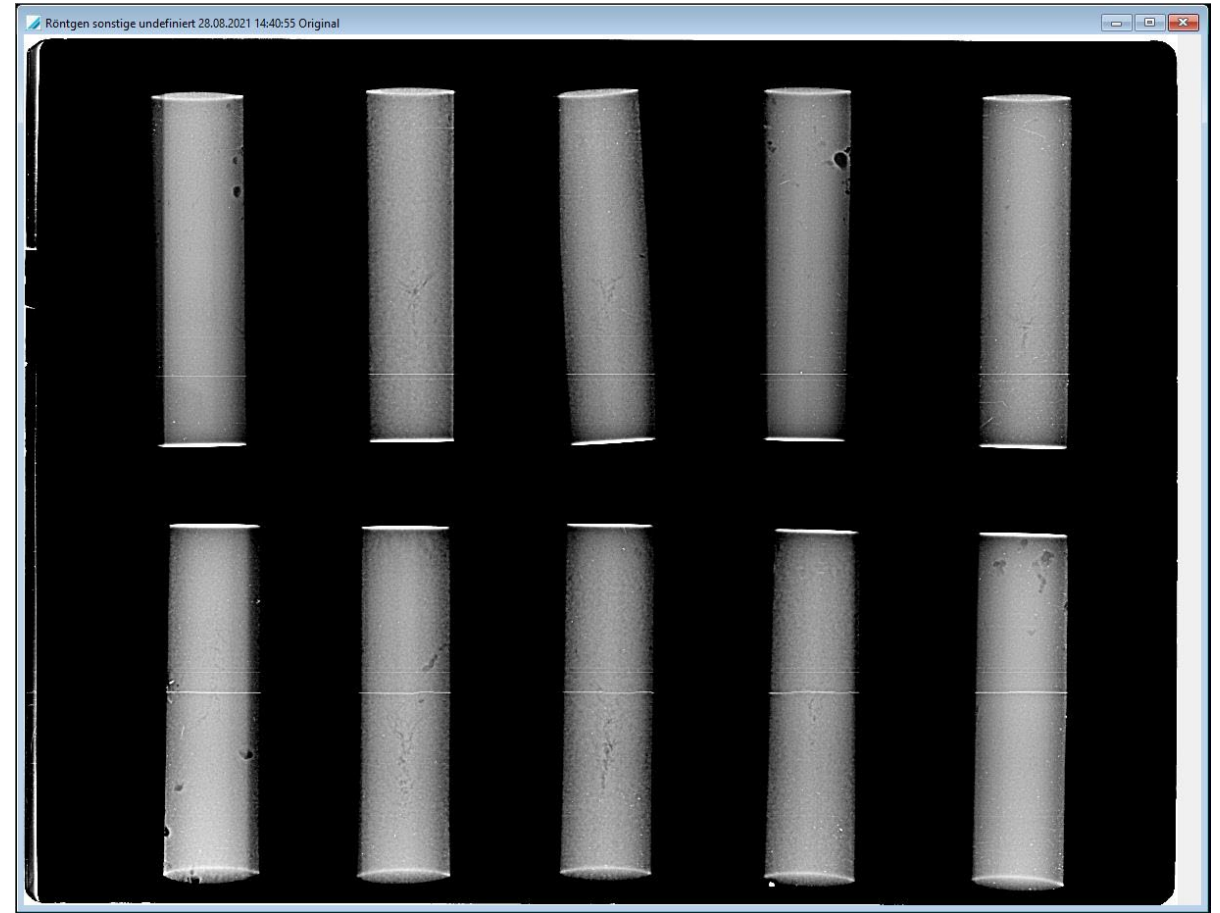
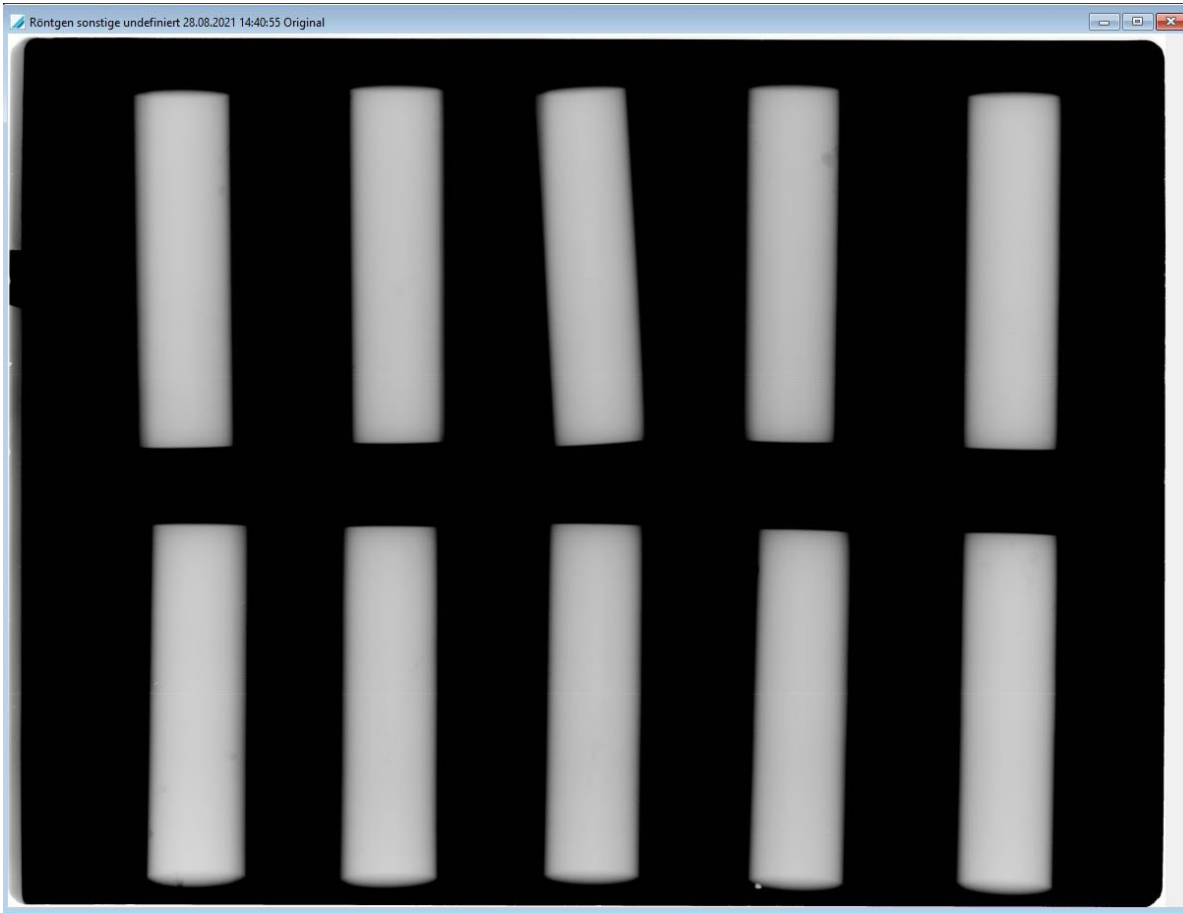
Kooperationspartner
von TÜV SÜD



„Anwendungsbeispiele der digitalen Radiographie“

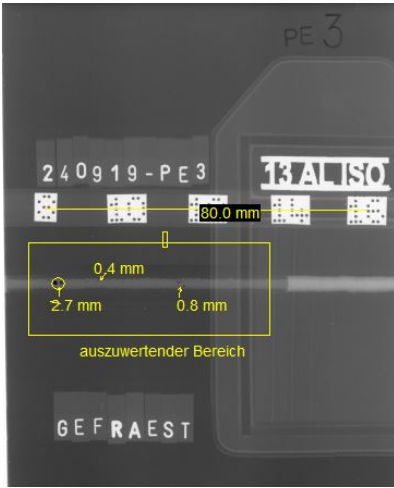
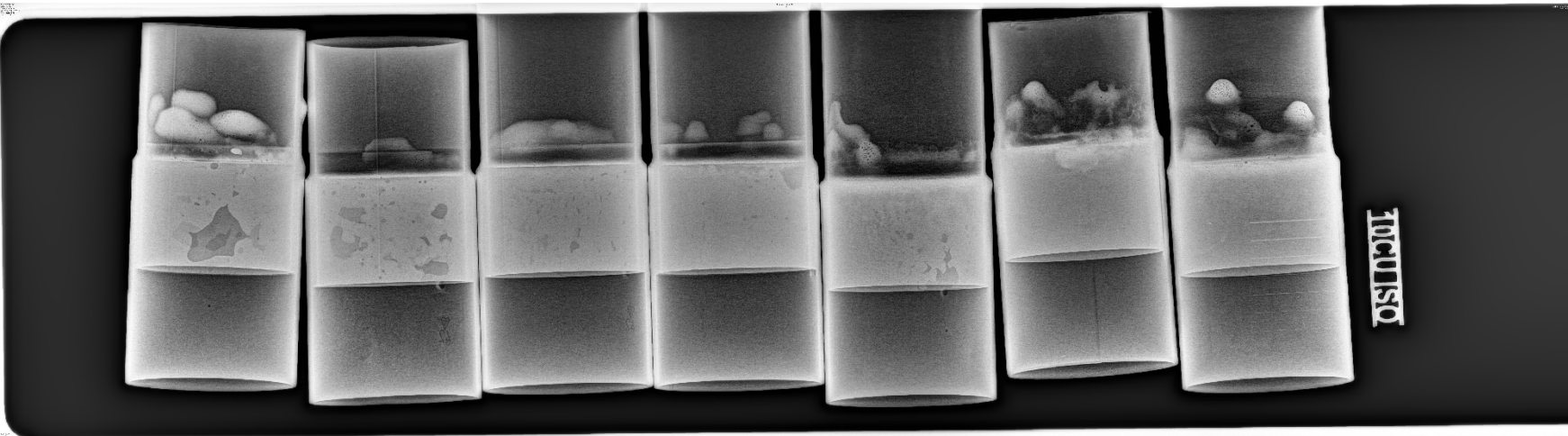
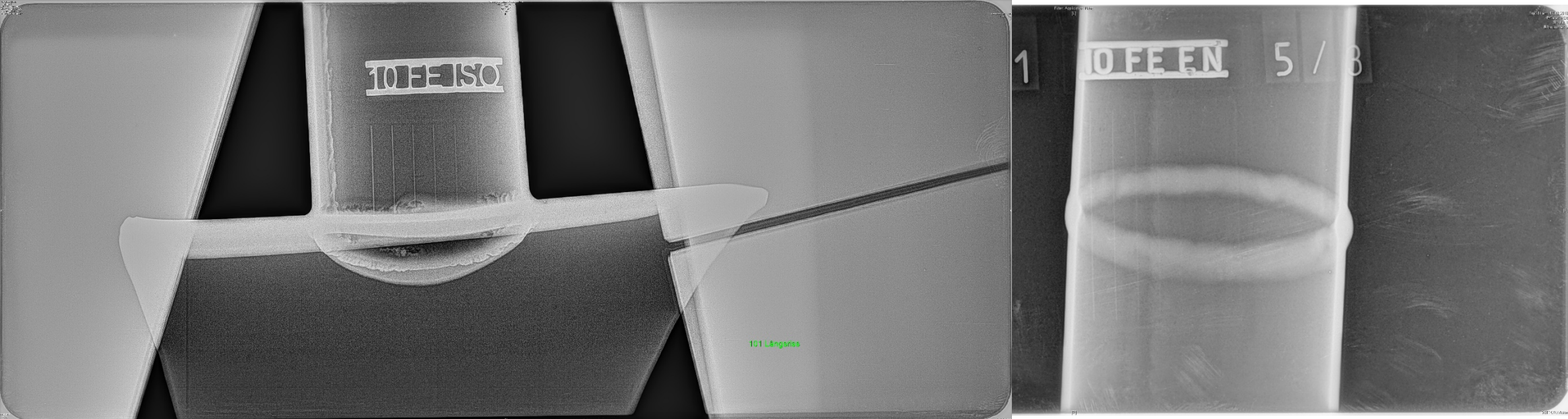


„Anwendungsbeispiele der digitalen Radiographie“



Optimierungsbeispiel Bolzen

„Anwendungsbeispiele der digitalen Radiographie“



„Zukunftsausblick – Warum können / sollten wir umsteigen? Hürden & Stolpersteine“

Gründe für den zögerlichen Einsatz von digitaler Radiographie:

- ~~Fehlende Normen~~
- Konservative Gutachter und Schweißaufsichten
- Nicht ausgebildetes Personal
- ~~Geringere Bildqualität im Vergleich zum Film~~

Jahrelang wurde darauf verwiesen, es fehlen die Normen-Grundlagen. Dies ist nicht mehr der Fall. Einige ZfP Prüfer sind der Meinung, Filme liefern eine bessere Bildqualität. Auch das stimmt bei korrekter Anwendung nicht! Ähnlich der analogen Filmtechnik können Bildqualitäten optimiert werden. Die Sorge einer zu „guten Qualität“ und Erhöhung der Reparaturquoten ist daher ebenfalls haltlos.

Warum arbeiten wir daher noch wie vor 30 Jahren?

„ Zukunftsausblick – Warum können / sollten wir umsteigen? Hürden & Stolpersteine “

Aufgrund des nötigen Ausbildungsaufwands sind nicht alle RT Prüfer in der Lage, die digitale Radiographie umzusetzen. Insbesondere bei stark schwankenden Dimensionen und Aufnahmeanordnungen ist die Umsetzung auf Seiten des Prüfunternehmens schwierig (Rohrleitungsbau).

Wird hingegen häufig mit Röntgenröhren gearbeitet und ist die Aufnahmeanordnungen einfach, lässt sich die digitale Radiographie gut umsetzen (Behälterbau). Durch den großen Vorteil der sofortigen „Entwicklung“ lässt sich als RT-Team mit klarer Aufgabenverteilung äußerst effizient arbeiten und das ganz ohne dem Entwicklungs-Chemie-Dreck.

Die digitale Radiographie darf keine Mehrkosten im Vergleich zur konventionellen Radiographie verursachen. Ansonsten wird diese Technologie keinen Platz im Bereich der ZfP finden.

Unsere Philosophie daher → Preis RT plus Filme = Preis RT CR plus Aufnahmenpauschale

ZERSTÖRUNGSFREIE WERKSTOFFPRÜFUNG

alle gängigen Verfahren & Advanced NDT

- Ultraschallprüfung (UT)
- Durchstrahlungsprüfung (RT Isotope)
- Röntgenprüfung (RT Röntgenröhre)
- Digitale Radiographie (RT CR/RT D)
- Oberflächenrissprüfungen (PT/MT)
- Visuelle Prüfung (VT)
- Dichtheitsprüfung mit Helium (LT)
- Dichtheitsprüfung mit Vakuum (LT)
- Advanced NDT (PAUT/TOFD)
- PMI/RFA – Bestimmung
- Mobile Härtemessung (HT)

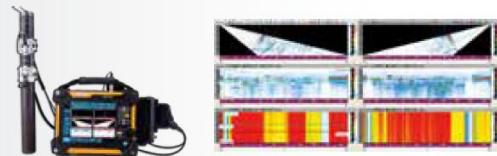
METAL CHECK – EIN NAME SAGT ALLES

PAUT & TOFD PRÜFUNG

Die echte Alternative zur
Durchstrahlungsprüfung

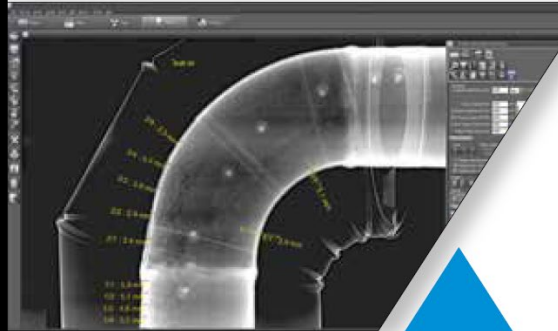


- Normgerecht in Anwendung und Bewertung (EN ISO und ASME)
- Keine Röntgenfenster, kein Strahlenschutz – Sicherheit auf Ihren Baustellen
- Ideal für große Stückmengen (Sammler und Flossenwände)
- PAUT Prüfkopfhöhe 17mm
- Einsatz ab Rohrdurchmesser DN15
- Wiederkehrende Prüfung - Korrosionsbestimmung



DIGITALE RADIOGRAPHIE

USB Stick statt analoge
Röntgenfilme



**EINSATZGEBIET IM
APPARATE, BEHÄLTER UND
ROHRLEITUNGSBAU**

- RT CR – Normgerechte Schweißnahtprüfung
- RT D – Ultrahochauflösende Detektoren
- Mobiler Labworwagen – Auswertung vor Ort
- Bildübermittlung per Email
- Systemunterstützte Wanddickenermittlung
- Keine Archivierung analoger Röntgenfilme
- Höherer Objektumfang
- Wanddickenunterschiede mit einer Aufnahme

ZFP SOFTWARELÖSUNGEN

- Industrie 4.0 trifft ZFP -
Prüfberichterstellung mit wenigen
Klicks, innerhalb von Minuten



**INDIVIDUELLE
SOFTWARELÖSUNGEN
FÜR IHRE ZFP AUFGABEN**

- online Zugang - Weltweit erreichbar
- Tablet & Smartphone kompatibel
- Auftragsmanagement
- Kundenbeauftragung direkt im System
- Prüfbericht- & Lieferscheinerstellung
- Qualitätsmanagement
- Equipmentverwaltung
- Zeiterfassung

**ZEITERSPARNIS BEIM DOKUMENTIEREN
WENIGER TIPPEN -> MEHR KLICKEN**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Metal Check Gruppe:

Metal Check GmbH Deutschland

84508 Burgkirchen an der Alz

METAL CHECK GmbH Österreich

5280 Braunau am Inn &
4550 Kremsmünster

Metal Check Service GmbH

1030 Wien
ZFP Abteilung vom TÜV SÜD übernommen

