



Der prüfende Blick ins Innere: innovative Terahertz-Photonik zur unmittelbaren Produktionskontrolle

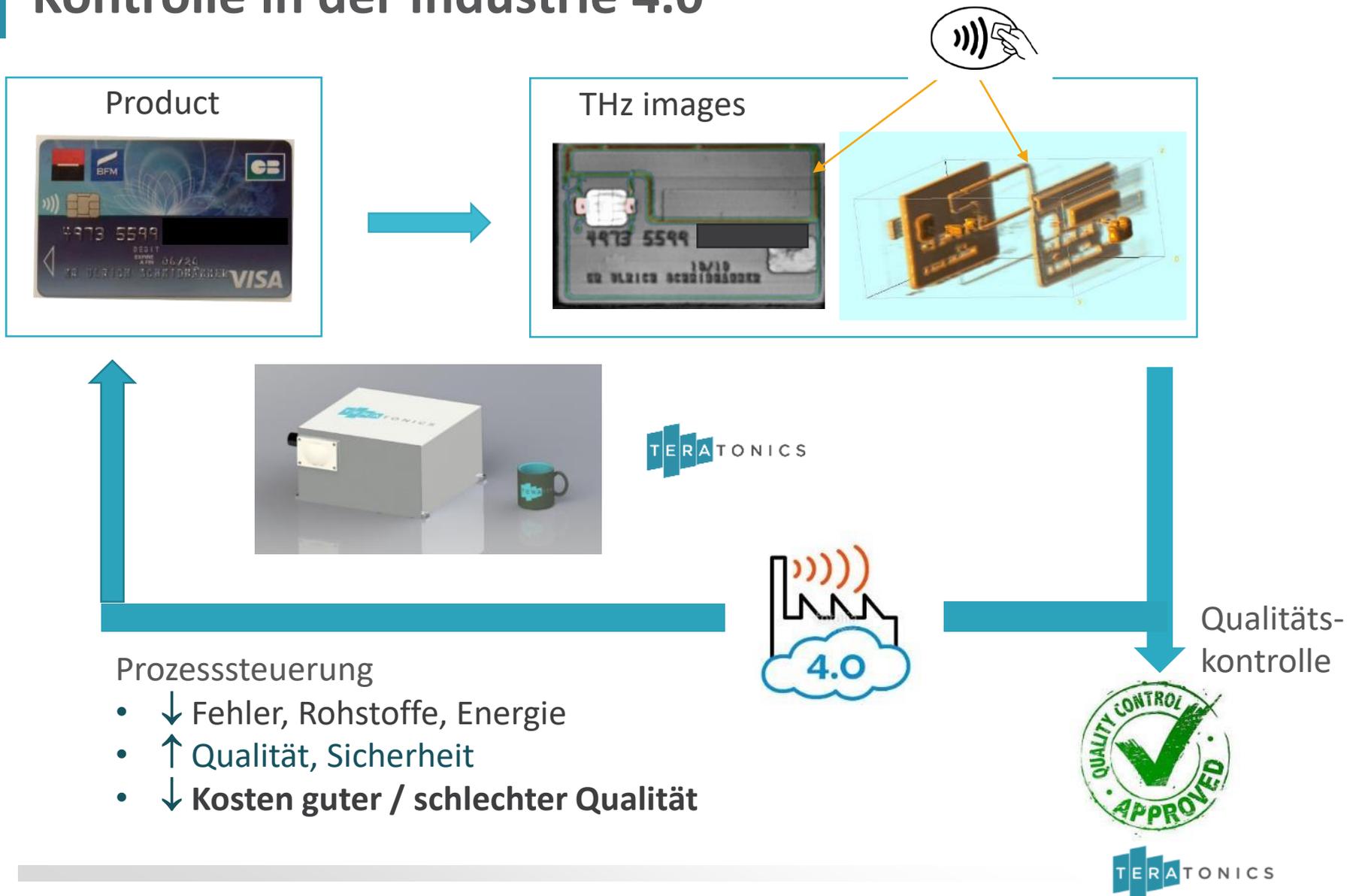
Dr. Uli Schmidhammer

mit Demo im Technikum

uli.schmidhammer@teratonics.com

+33 751 45 55 16

Teratronics STRIPP Control: Produkt & Prozess Kontrolle in der Industrie 4.0



Innovative Prüfverfahren für innovative Produkte

Schlüsselmärkte



3 komplementäre Haupttreiber:

- **“Light weight revolution”** für geringere CO₂ Emission
- Senkung der Kosten schlechter Qualität (5% des Umsatzes)
- **“Smart manufacturing”** erfordert smarte Sensoren

➔ Erhöhter Bedarf an innovativen zerstörungsfreien Prüfsystemen (zfp) für den Inline-Einsatz

- Durchdringend ➔ kein maschinelles Sehen / Sichtprüfung
- Berührungslos ➔ kein Ultraschall
- Gesundheitlich unbedenklich ➔ keine Röntgenstrahlung
- Schnell ➔ keine Tomographie

**Interne Fehlererkennung und Dimensionskontrolle mit
Teratonics’s Spitzentechnologie,
10.000.000-mal schneller als der Stand der Technik**

Unser Weg zu einer führenden Position in der Industrie 4.0



>40 POCs / analysis services

2006-16: Laboratoire de Chimie Physique
CNRS - Université Paris Saclay
Internationales Patent

Q1-2017
Firmen-
gründung

Q3-2018
Vertriebskanal
für Spritzguss
durch
TREXEL INC.
MuCell Processes

Q1-2019
Fundraising
SOCOMORE

Q2-2019
Identifiziert als
High-Potential
Deep Tech-Startup
bpifrance



- > 50 Jahre Erfahrung in Messen & Prüfen, Terahertz, Geschäftsentwicklung...
- Zerstörungsfreie Prüfung als (Labor-)Service
- Instrumente für die Online-Produktionskontrolle und -prüfung, einschließlich automatisierter und kundenspezifischer Analysesoftware

Agenda

➤ Produkt- und Prozesskontrolle mit einer bahnbrechenden Technik

- Elektromagnetischer Terahertz Frequenzbereich und seine Vorteile
- Teratonics's Technologie : ultraschneller gepulster THz-Einzelschuss-Sensor
- Hauptanwendungen im Bereich Kunststofftechnik

Klebung / Schweißung von Kunststoffen, Metall-Polymer-Hybride, Beschichtungen

➤ Kontrolle von geschäumten thermoplastischen Bauteilen

- Bildgebung „innen/aussen“, in einem Schritt zur :
 - Defekt-Detektion
 - Wanddicke/Dichte und ihre Variationen,
 - Dimensionsbestimmung

- Kontrolle der Deko-Schale im Technikum



Hochschule Aalen

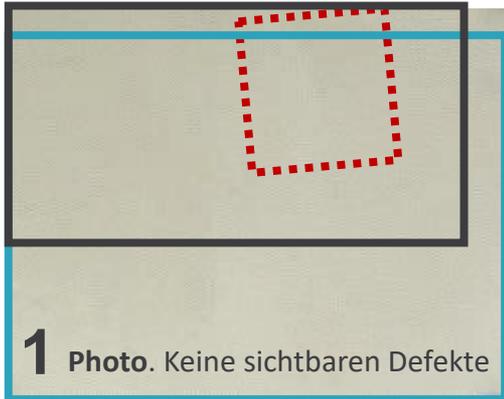
WinInMo
INNOVATIONSNETZWERK

➤ Zusammenfassung

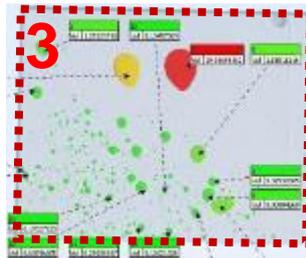
Vergleich von zerstörungsfreien Prüf-Methoden an geschäumter Platte



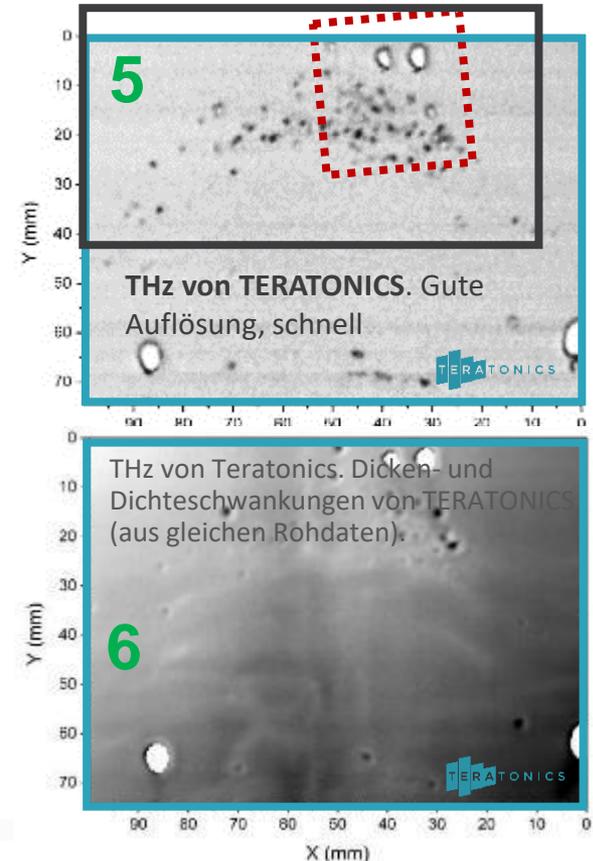
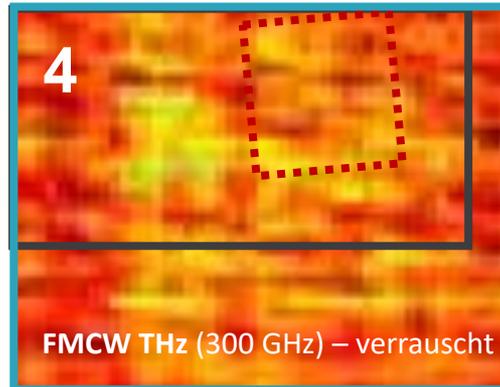
STRIPP Control: einzige Technologie, die den Anwendungs-Anforderungen entspricht, validiert in „QualiControl“ Konsortium Projekt vom KIMW



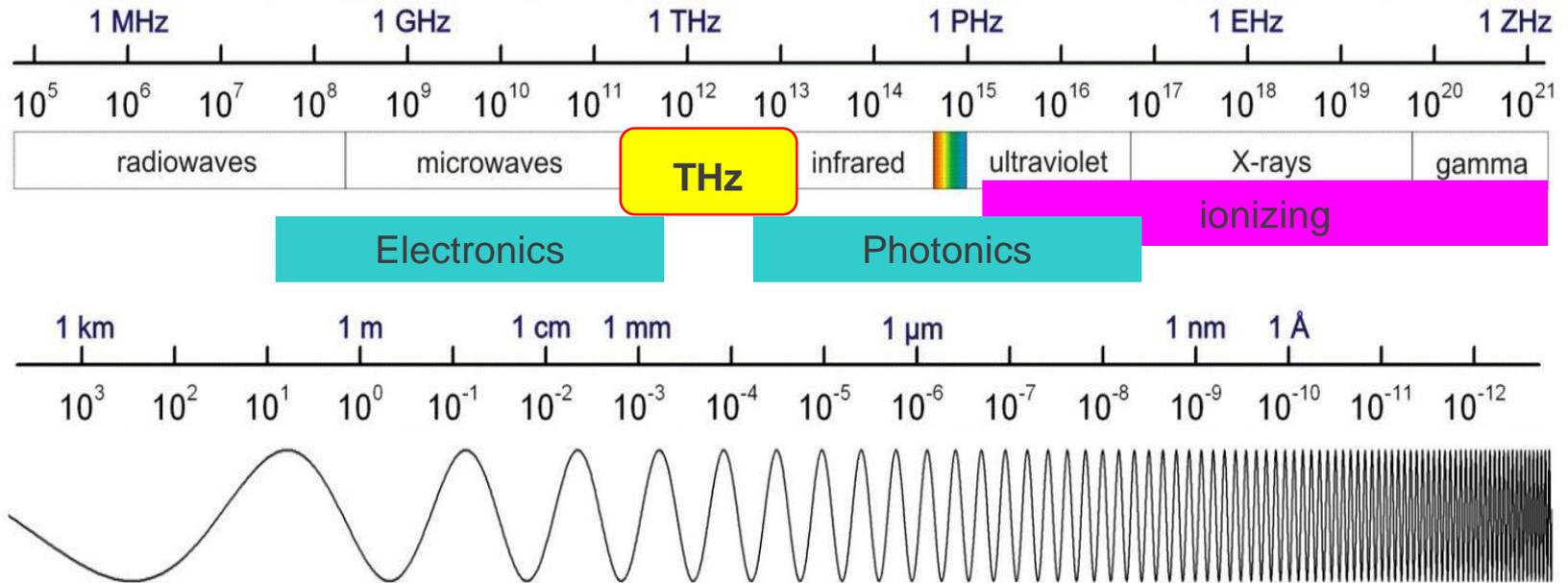
PA6 sample



X rays CT. Hohe Auflösung, geringes Prüfvolumen pro Zeit



Terahertz Strahlung als “neue Frequenz” für zfP

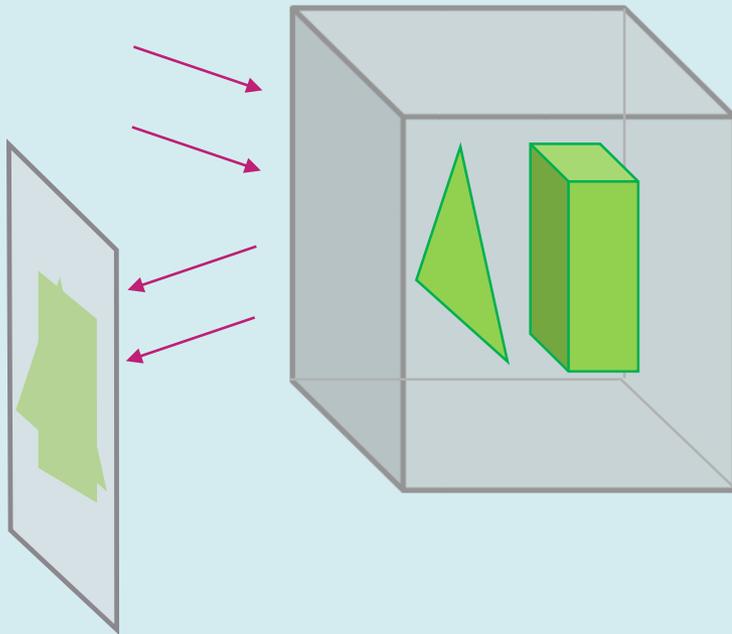


Eigenschaften von THz „Licht“:

- Durchdringung von **dielektrischen Materialien**: **Prüfung von Volumina** (Halbleiter, Keramik, Glas, Schaumstoff, Kunststoff, Verbundwerkstoffe, Pappe etc.)
- Hohe Reflexion auf **Metallen**: **Prüfung von beschichteten / verdeckten Oberflächen**
- Hohe Sensitivität auf Polymorphismus, Polymerisation
- Hohe Sensitivität auf polare Flüssigkeiten, Feuchtigkeit
- Nicht-ionisierend

3D-Bildgebung mit ultraschnellen THz-Pulsen

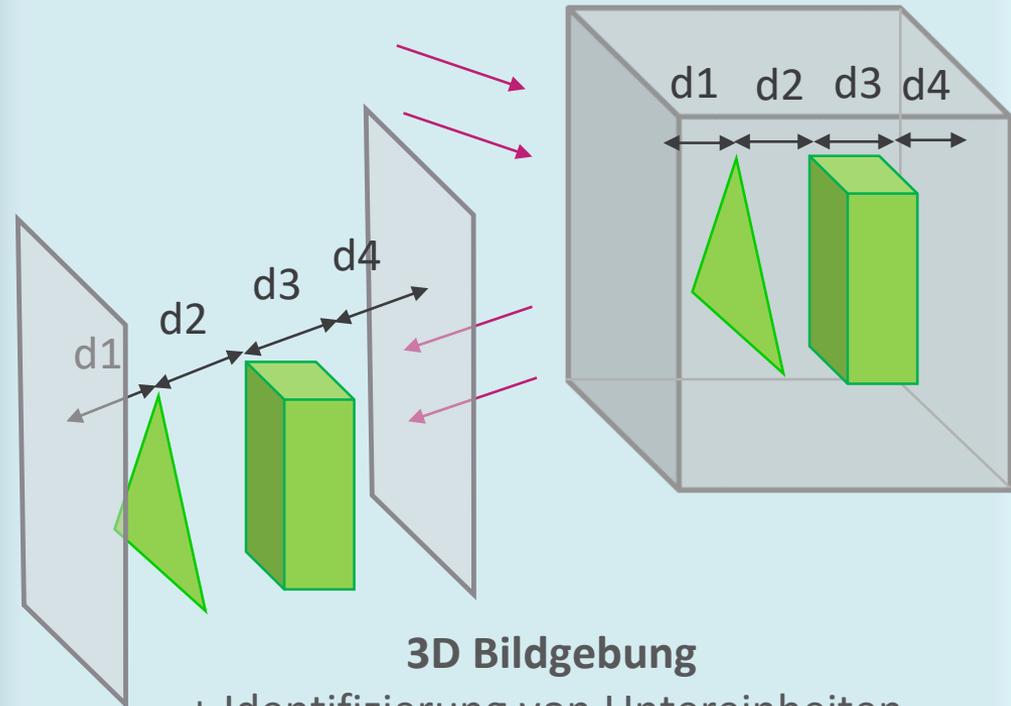
Dauerstrich (cw)



2D Bildgebung

- Überlagerung der Untereinheiten
- geringe Kapazität zur Fehlererkennung

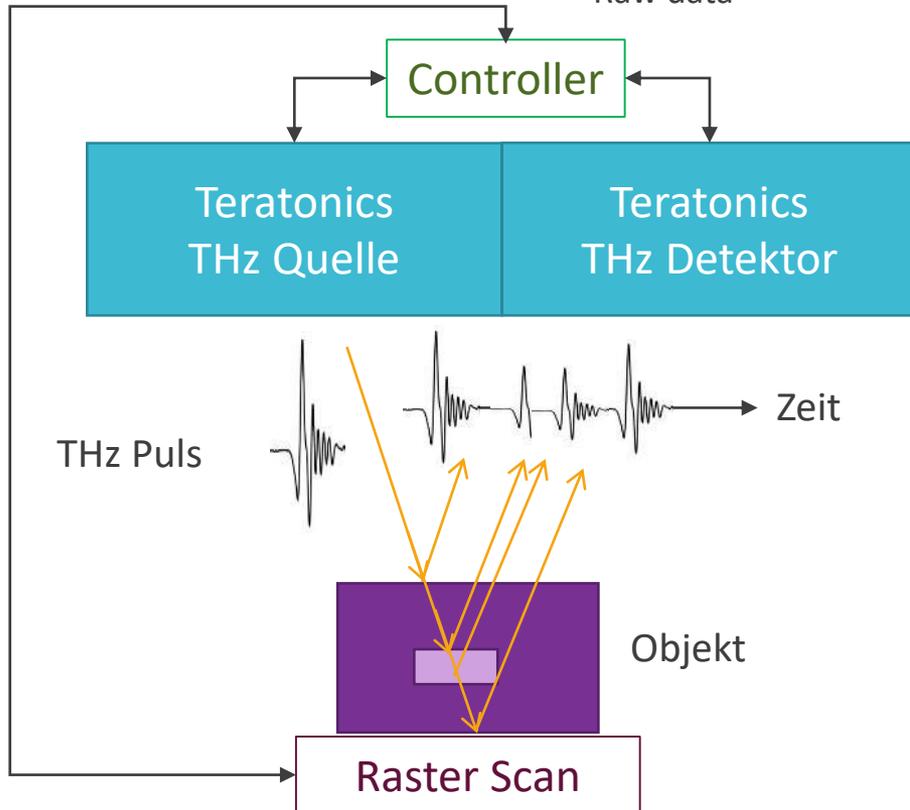
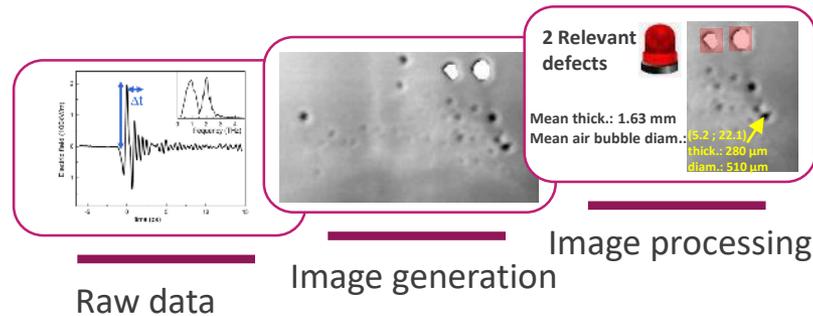
Ultrakurze Pulse (Teratonics)



3D Bildgebung

- + Identifizierung von Untereinheiten,
- + Dimensionelle Analyse mit Tiefenauflösung von μm

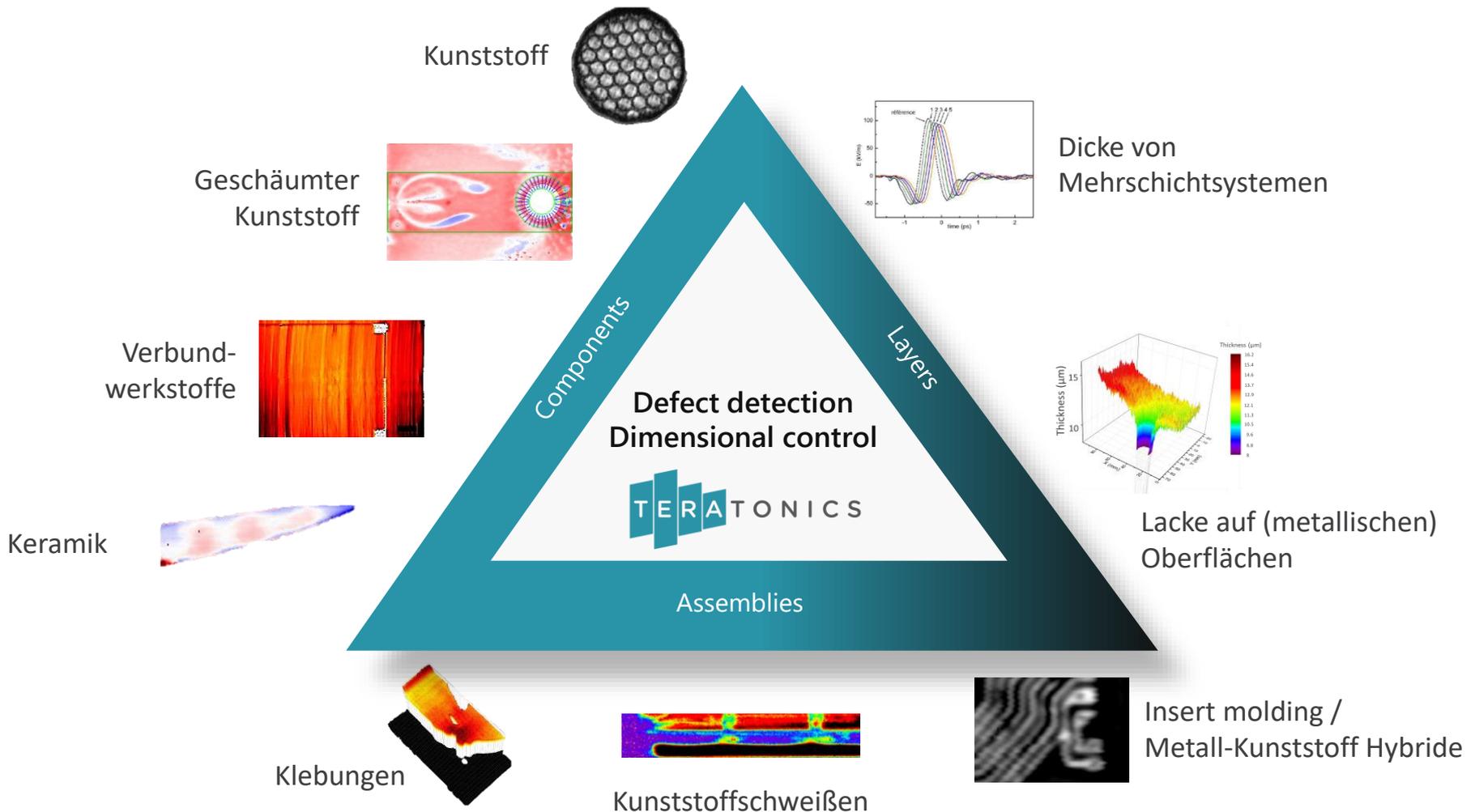
TERATONICS STRIPP Control: System Architecture



Alleinstellungsmerkmale

- Patentierter ultraschneller Detektor: > 10.000.000 mal schneller als der Stand der Technik
- Proprietäre Software zur
 - 3D-Scan-Bewegung basierend auf CAD des Bauteils
 - Verarbeitung der gehaltvollen gepulsten THz Daten

Teratonics's Hauptanwendungen



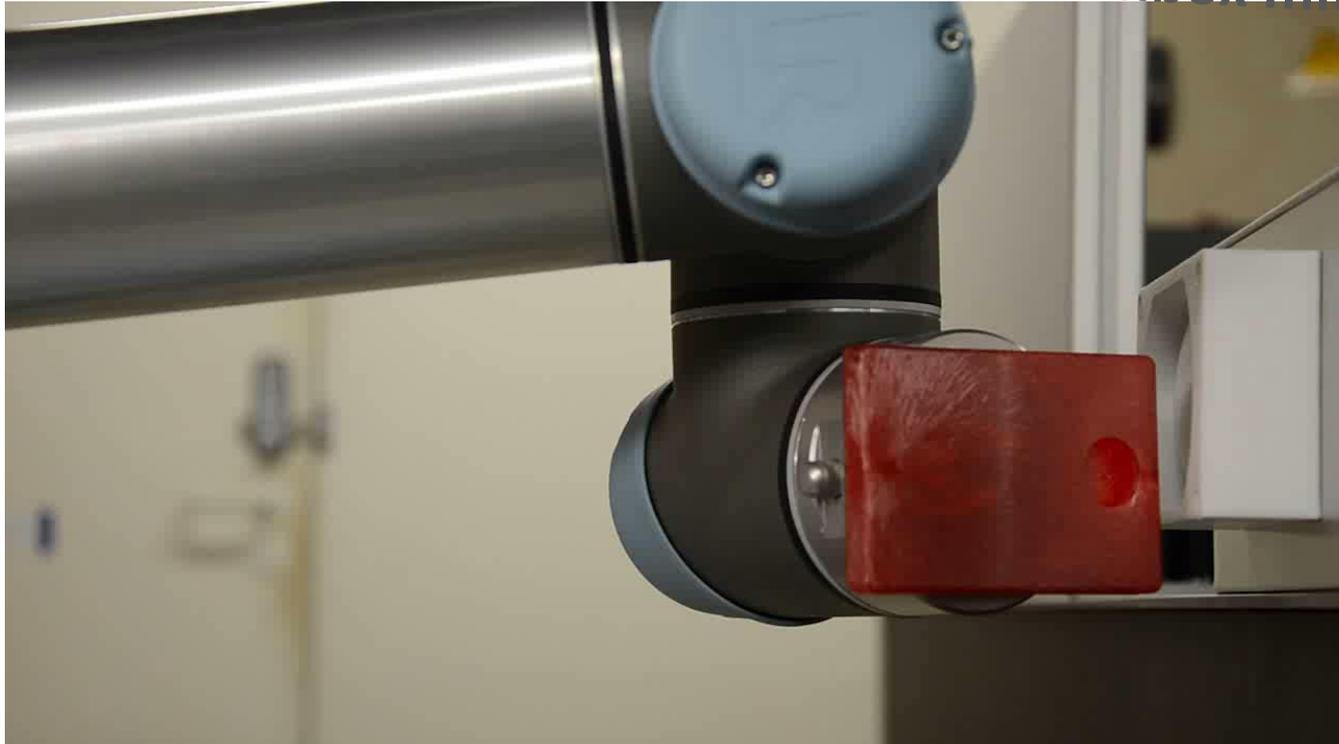
“STRIPP Control IM” für Spritzguss-Anwendungen

erhältlich auch als TrexelVISION by Trexel Inc



Teratonics STRIPP Control: Automatisierter Scan

Kontrolle einer Visitenkartenbox mit Cobot

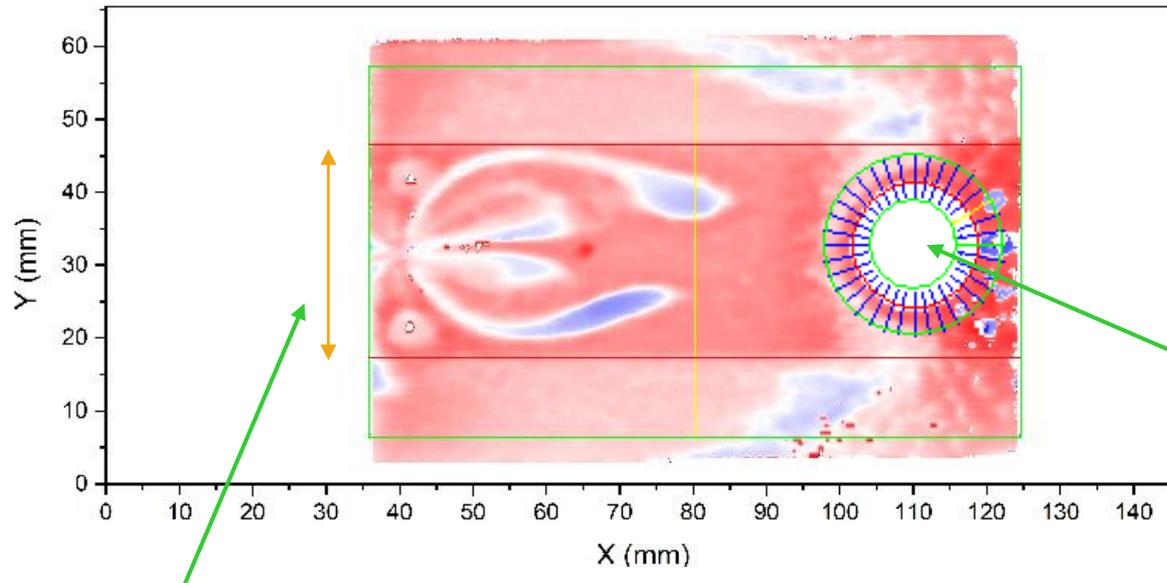


Automatisierter Scan, hier mit UR5 (Universal Robots)
in weniger als zehn Sekunden
<< Produktionszykluszeit(45s)

Kontrolle einer Vistenkartenbox (4/4)



Dimensionierung am Bauteil über Kantenerkennung



Breite der Zone mit erhöhter Wanddicke:
29.31 mm

Kreiserkennung
Durchmesser 17.98mm

mechanische Messung
18.00 +/- 0.05 mm

Name	Center X Position Calibrated	Center Y Position Calibrated	Radius Calibrated
Value - mm	109.98	32.59	8.99



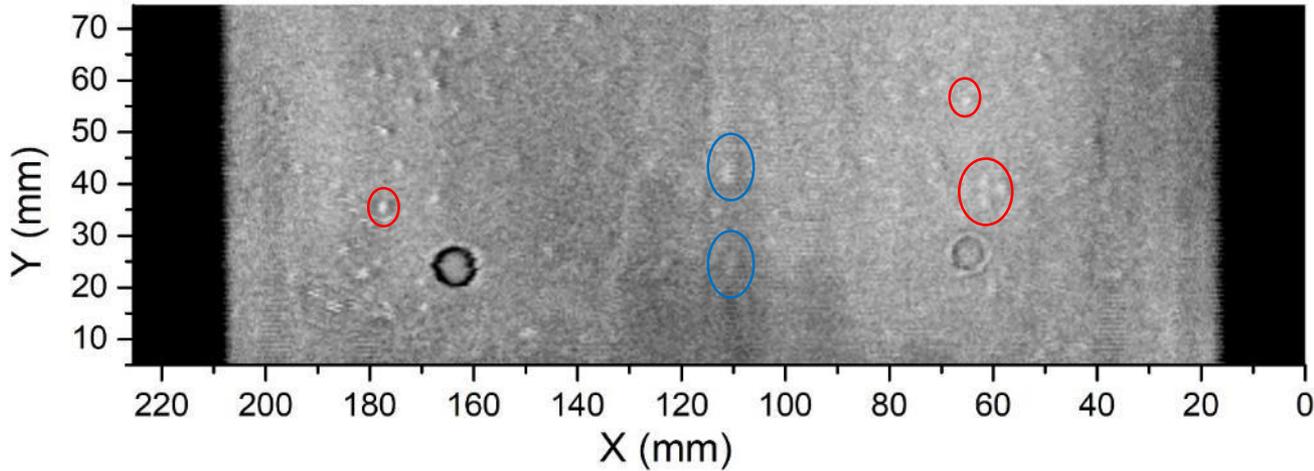
Fokus auf Oberflächen-Defekte (1/2)

Reflexion der Oberfläche

Dimple

Small dimples
(examples)

Amplitude (V/m)

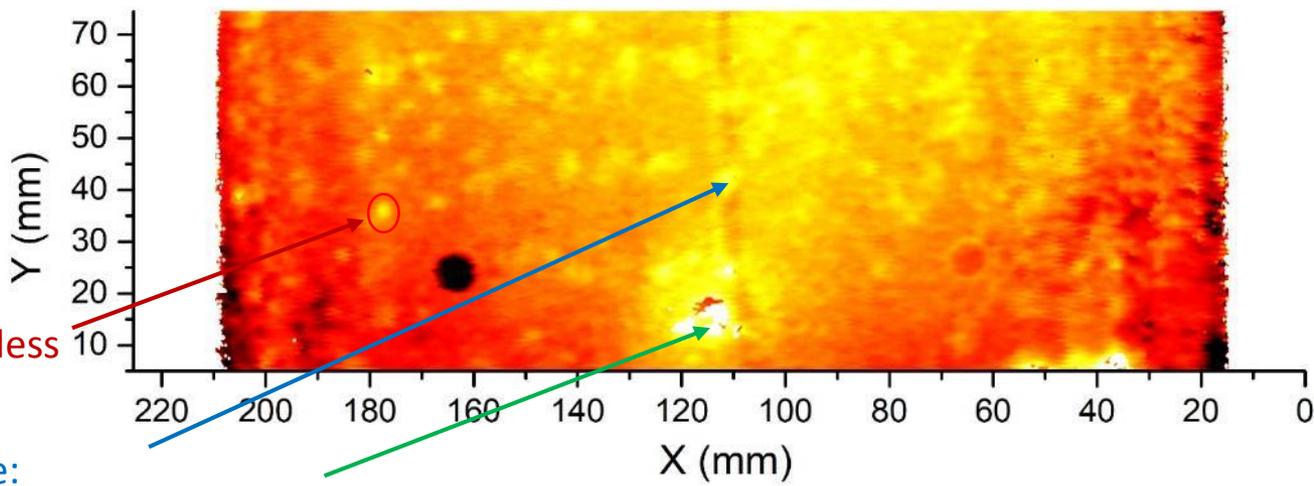


PP 3%



Photo

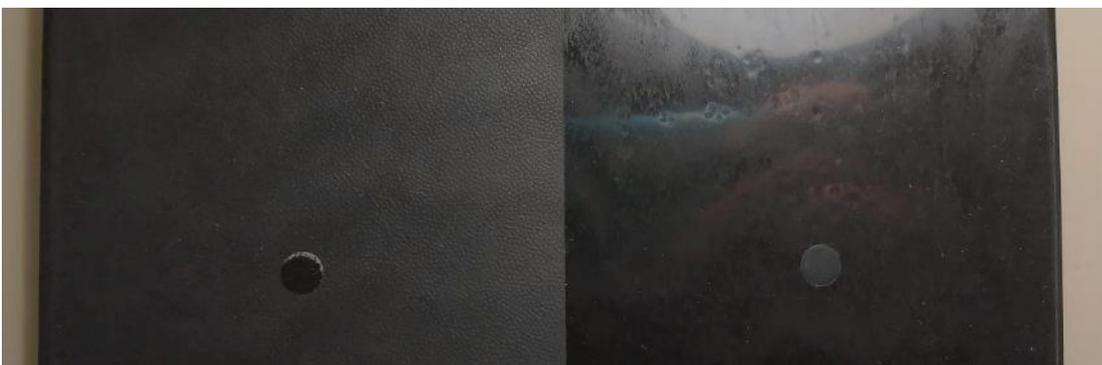
Fokus auf Oberflächen-Defekte (2/2)



60µm less

Dimple:
40µm less

Injection point



- Quantifizierung des Materials
- Quantifizierung der Defektiefe auf der Oberfläche

Optimierung von geschäumten Bauteilen und ihren Fertigungsprozessen

ZIM-INNOVATIONSNETZWERK

Wirtschaftlicher und nachhaltiger Spritzguss • Injection Moulding



- Teratonics als assoz. Partner in WinInMo: Inline Prüfung der Bauteilqualität, + Korrelationen mit Produktionsparametern

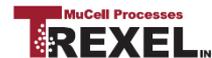


- Fertigung im Technikum von



hier am Beispiel **Deko-Schale**, Zykluszeit ca. 60 s
PC/ABS (Bayblend T85 XF von Covestro), MuCell in 2 Varianten:

- ca. <10% Schaumanteil
- Option Öffnungsprägen von 2 auf 3.5mm
 - 45% Schaumanteil
- Option Wechseltemperierung



KraussMaffei



ANNEBAUM.



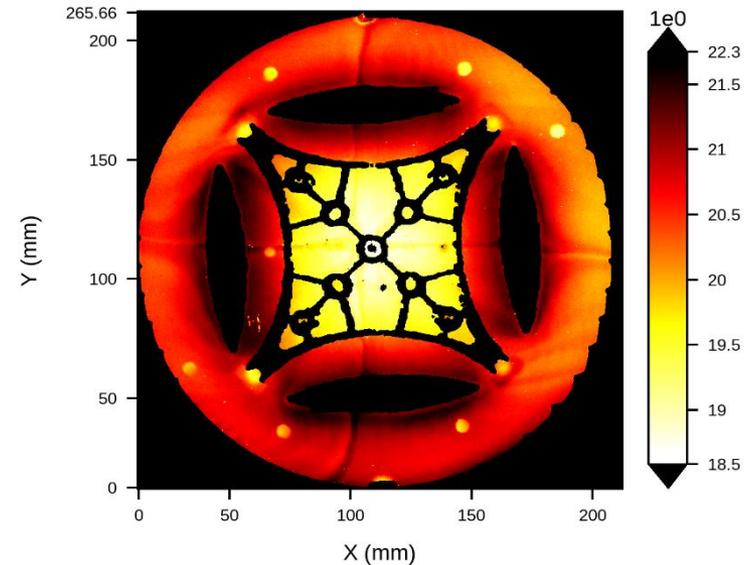
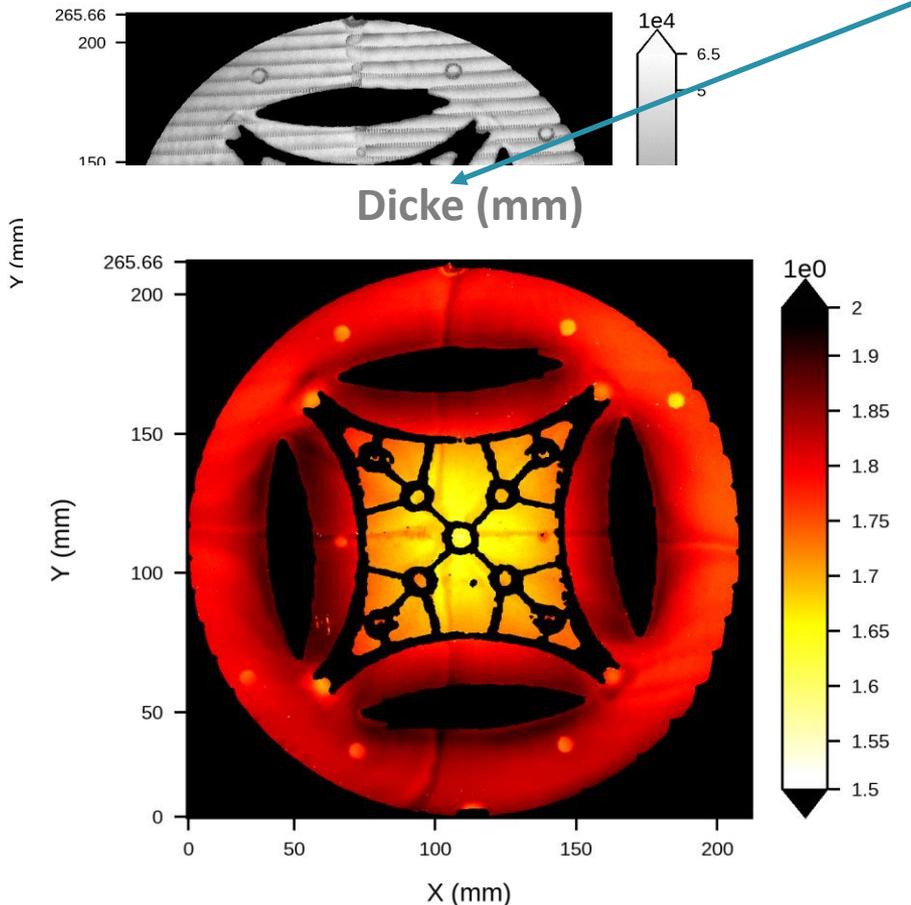
Kontrolle der Deko-Schale im Technikum



Dekoschale, kompakt

Analyse des Vorderseiten-Reflexes

Flugzeit zwischen Vorder- und Rückseite (ps)

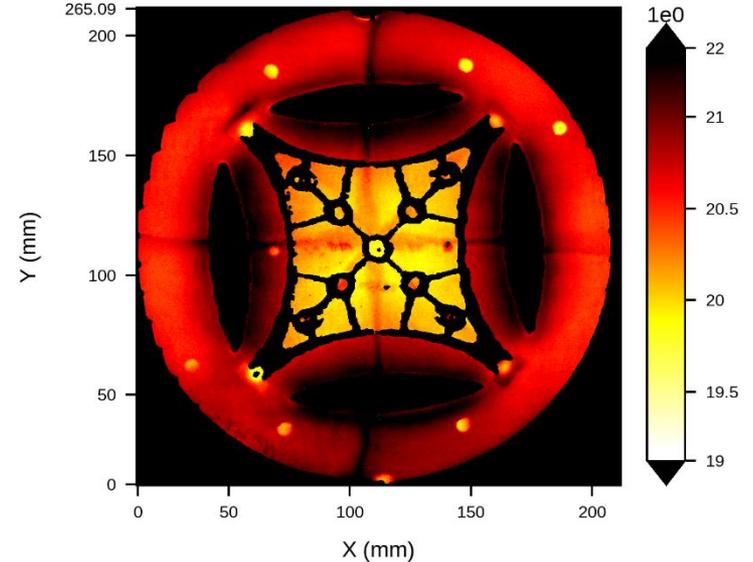
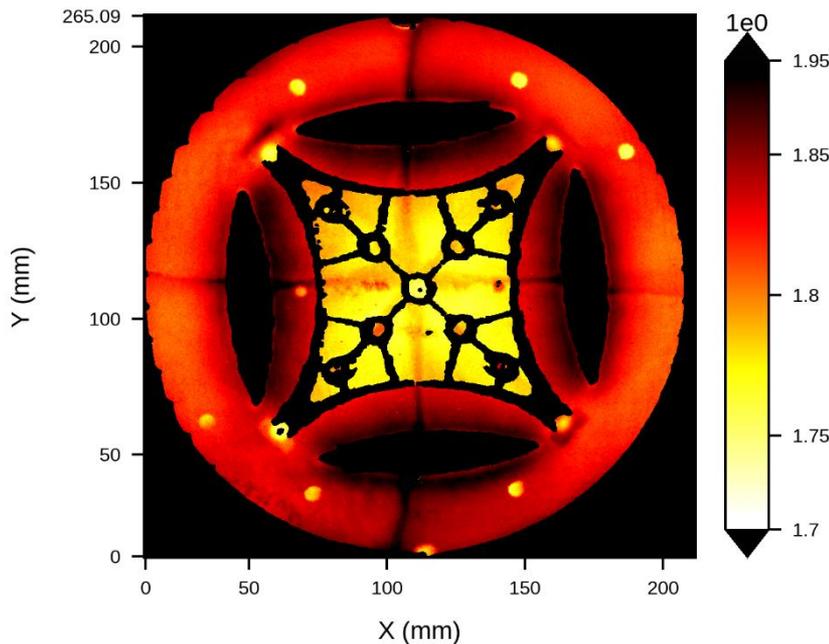


- Bindennähte visualisiert
- Karte der Dicke:
 - Gradienten
 - Wanddickensprung

Dekoschale, geschäumt

Analyse des Rückseiten-Reflexes

Flugzeit zwischen Vorder- und Rückseite (ps)



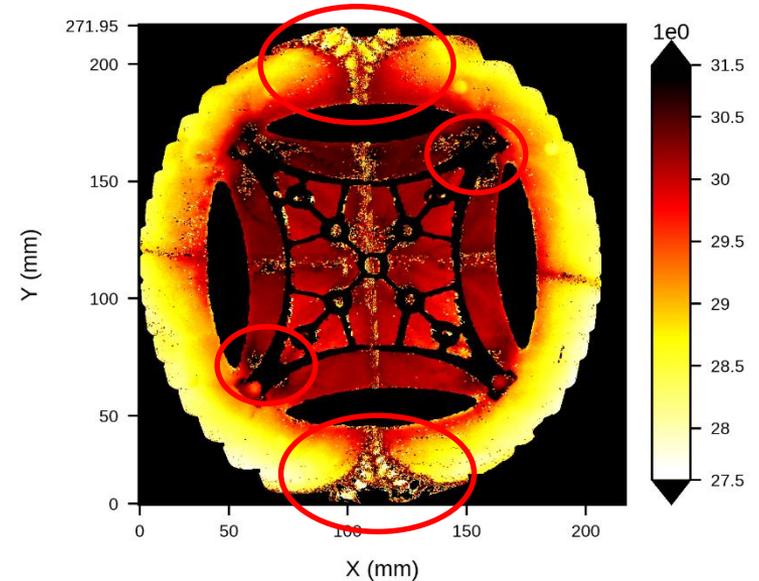
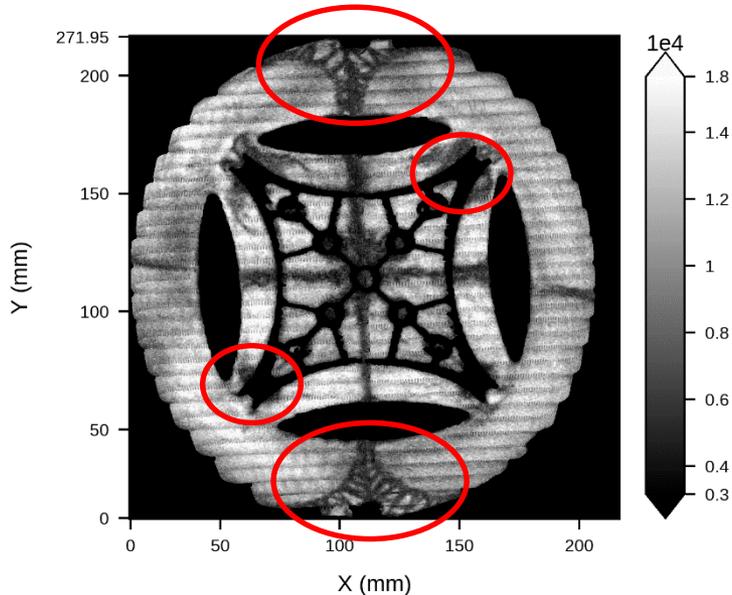
Massenreduktion
im Zentrum

TO INSERT

geschäumt mit Öffnungsprägen (von 2 auf ~3.4mm)

Analyse des Rückseiten-Reflexes

Flugzeit zwischen Vorder- und Rückseite (ps)

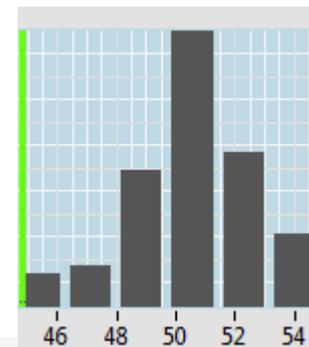
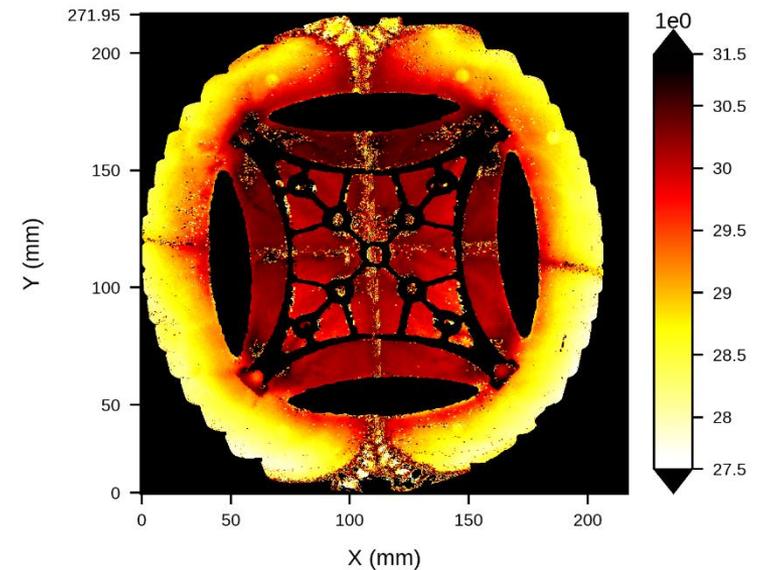
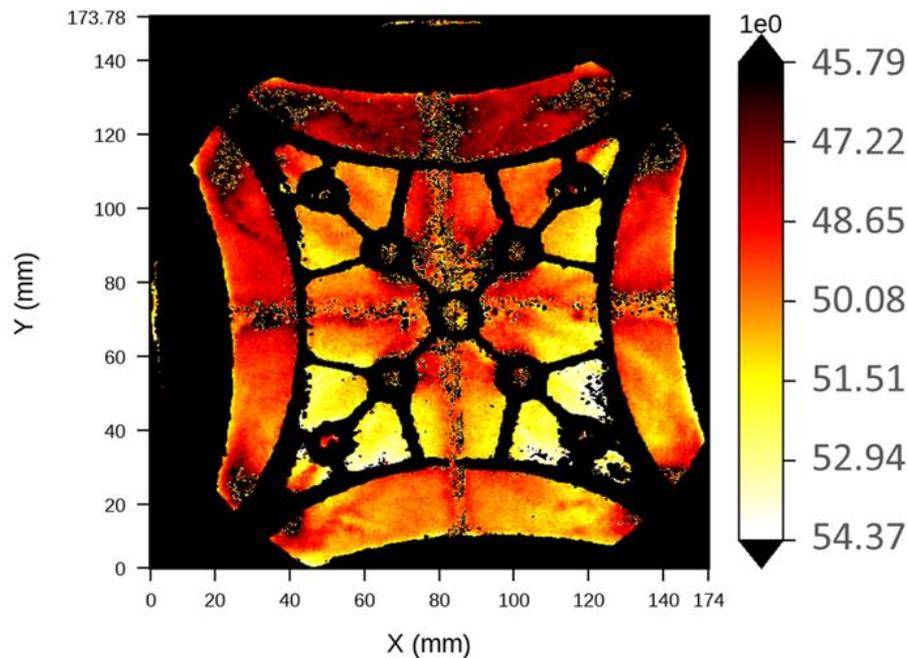


- Entwicklung von Blasen um vertikale Bindenähte, am Ende des Fließweges
- Entwicklung von Masseanhäufung um Anspritzpunkte

geschäumt mit Öffnungsprägen (von 2 auf ~3.4mm)

Flugzeit zwischen Vorder- und Rückseite (ps)

Massereduktion,
d=3.4mm

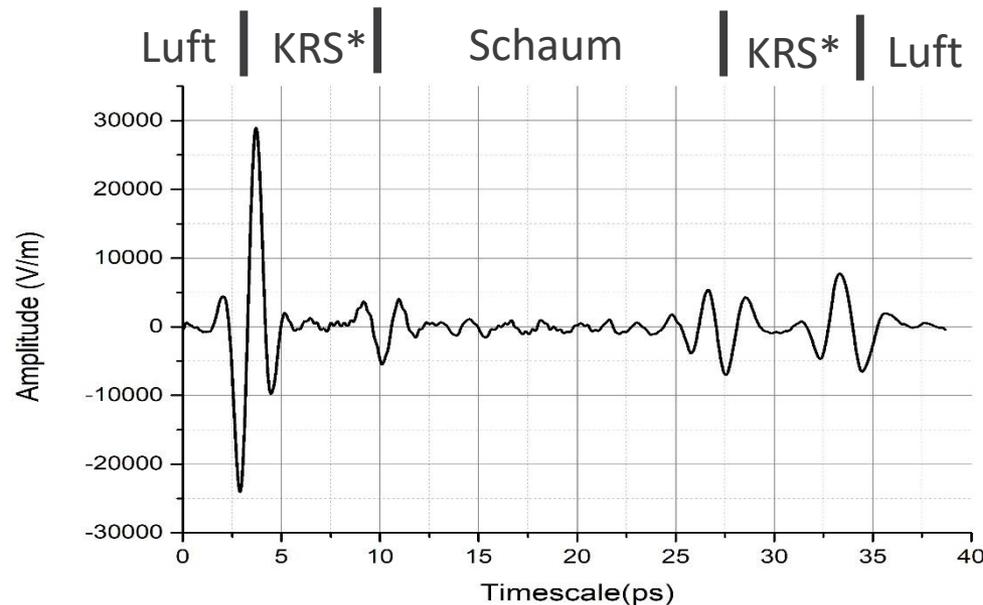


Massereduktion
Statistik

geschäumt mit Öffnungsprägen (von 2 auf ~3.4mm)

Analyse der Tiefenstruktur des Bauteils

Rohdaten in der Zeitdomäne – Korrelation zwischen Zeit und Tiefe -
Reflexe an den Strukturübergängen:



* KRS =
Kompakte Randschicht

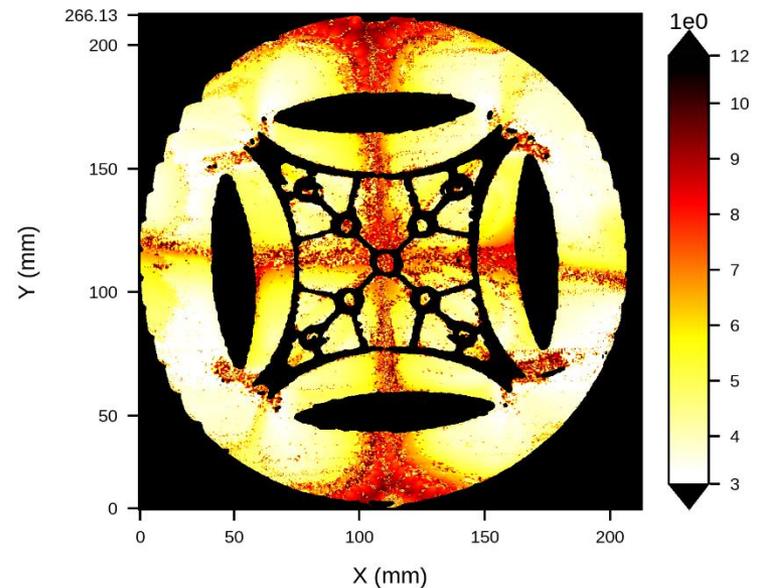
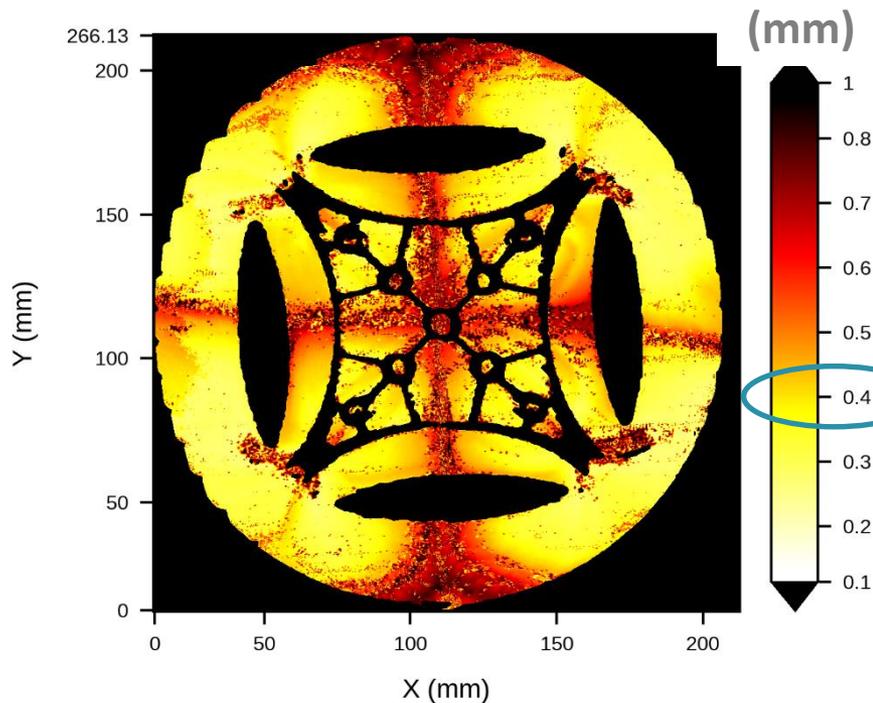
geschäumt mit Öffnungsprägen (von 2 auf ~3.4mm)

Analyse der Tiefenstruktur des Bauteils

Analyse des Reflexes am Übergang Kompakte Randschicht - Schaum

Dicke Kompakte Randschicht (B)

← Flugzeit (ps)

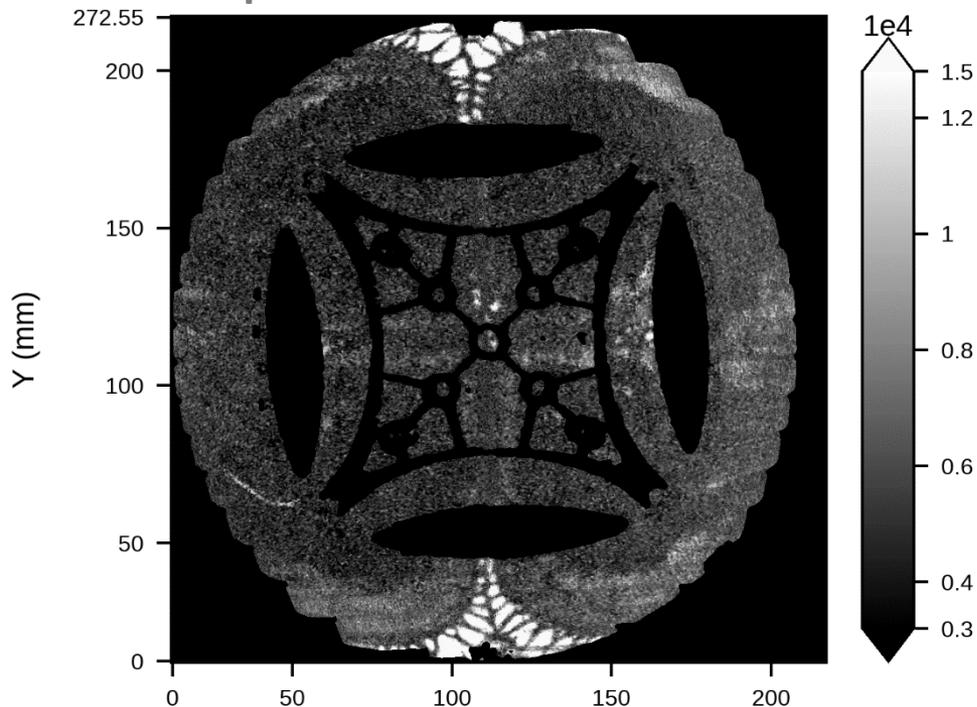


geschäumt mit Öffnungsprägen (von 2 auf ~3.4mm)

Analyse der Tiefenstruktur des Bauteils

Analyse auf Reflex im Schaumanteil

Amplitude

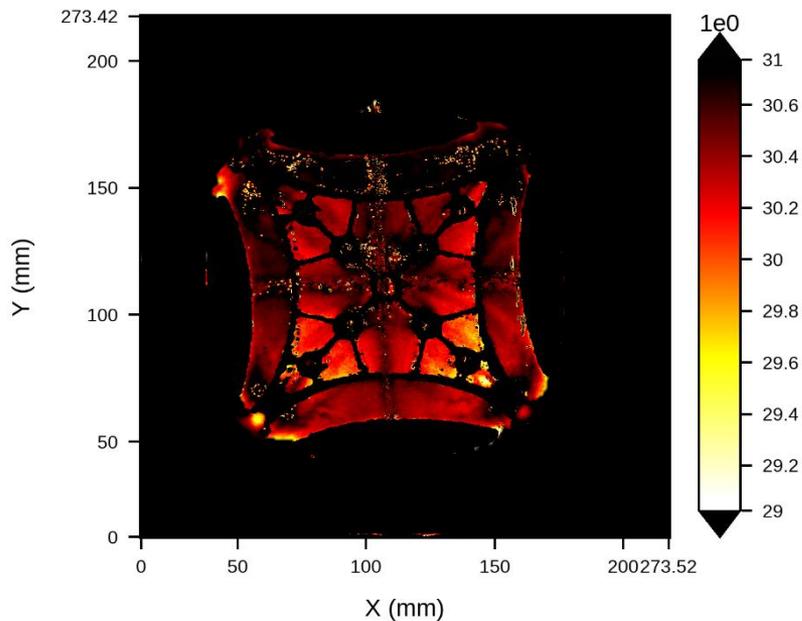


**Bildung von Blasen
um vertikale Bindenähte
und im Zentrum der Schale**

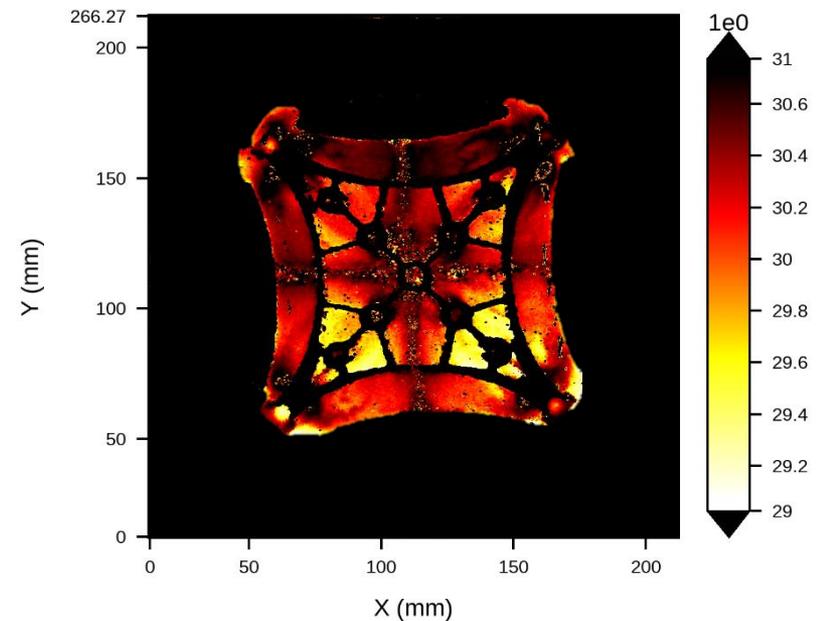
geschäumt mit Öffnungsprägen (von 2 auf ~3.4mm)

Einfluss von Einspritzgeschwindigkeit Vergleich zweier Schalen

normales Einspritzen

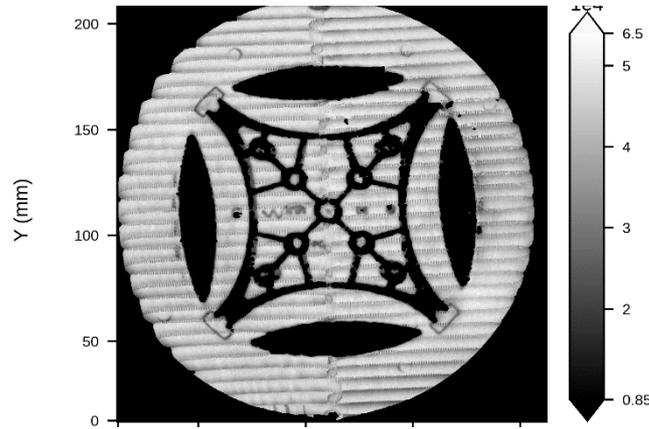


schnelles Einspritzen

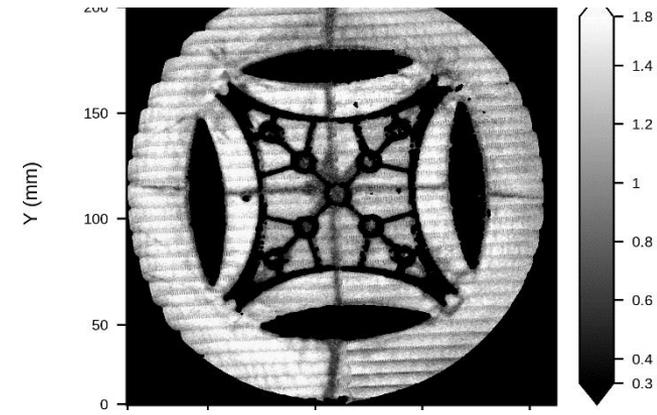


*geschäumt mit Öffnungsprägen (von 2 auf ~3.4mm)
mit Wechseltemperierung*

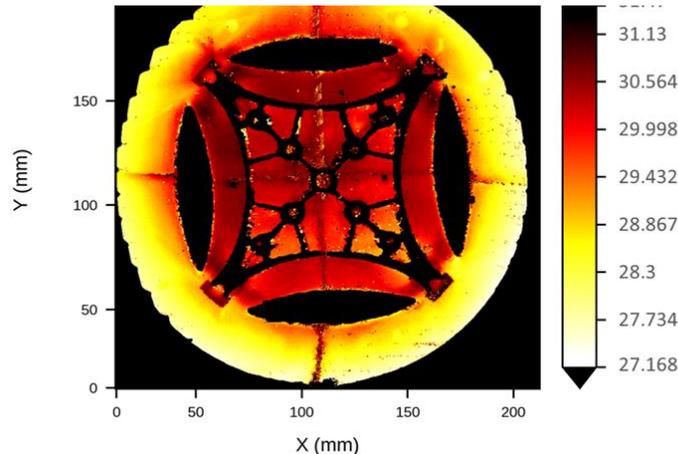
Analyse des Vorderseiten-Reflexes



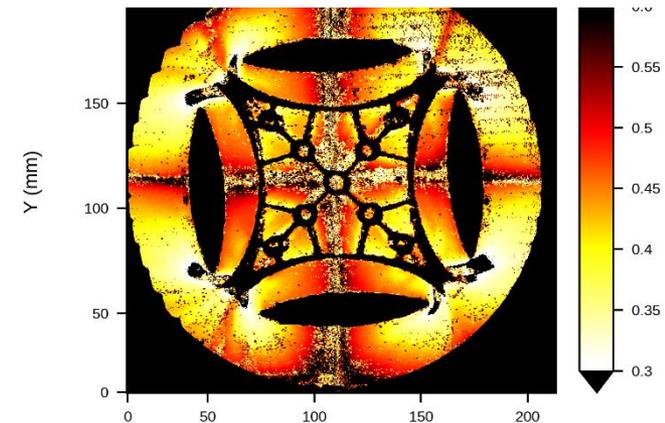
Analyse des Rückseiten-Reflexes



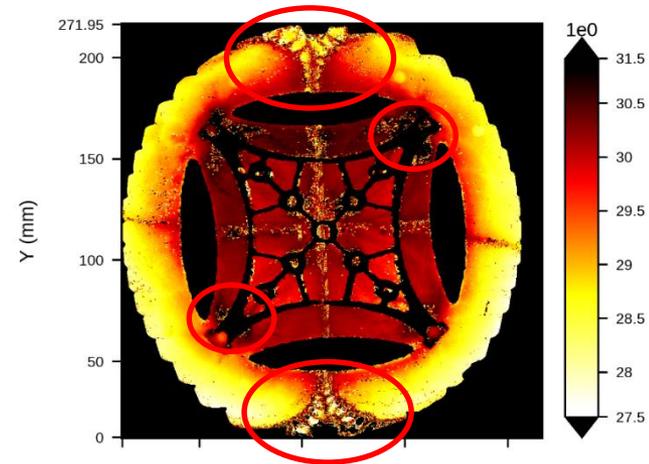
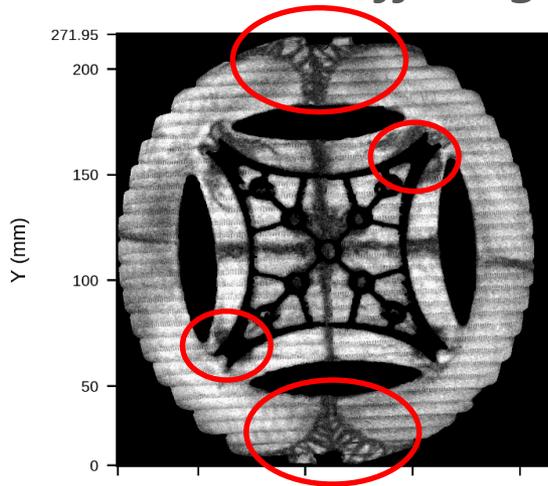
Flugzeit zwischen Vorder- und Rückseite



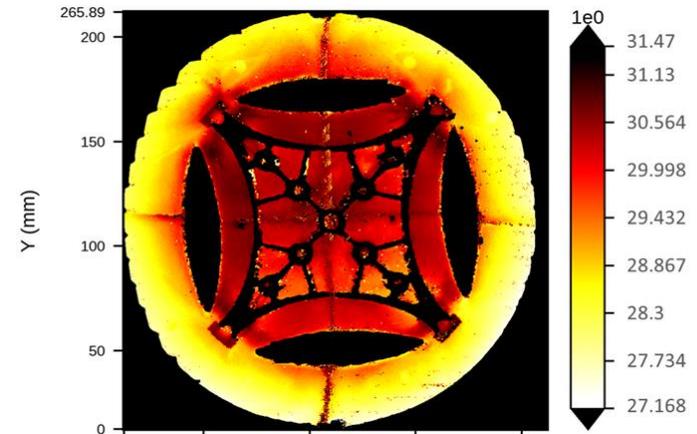
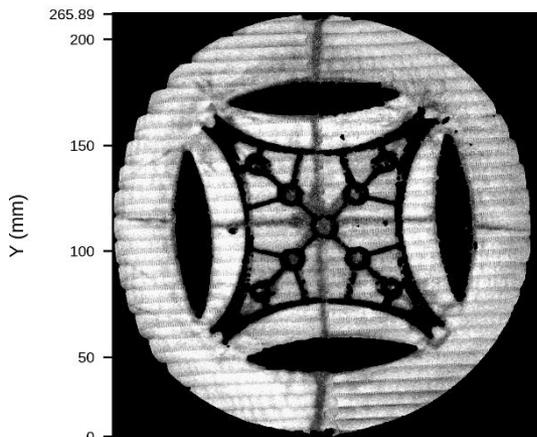
Dicke Kompakte Randschicht (B)



geschäumt mit Öffnungsprägen (von 2 auf ~3.4mm) ohne WechselTemp.



geschäumt mit Öffnungsprägen (von 2 auf ~3.4mm) mit WechselTemp.



Zusammenfassung: Kontrolle von (geschäumten) Spritzgussbauteilen

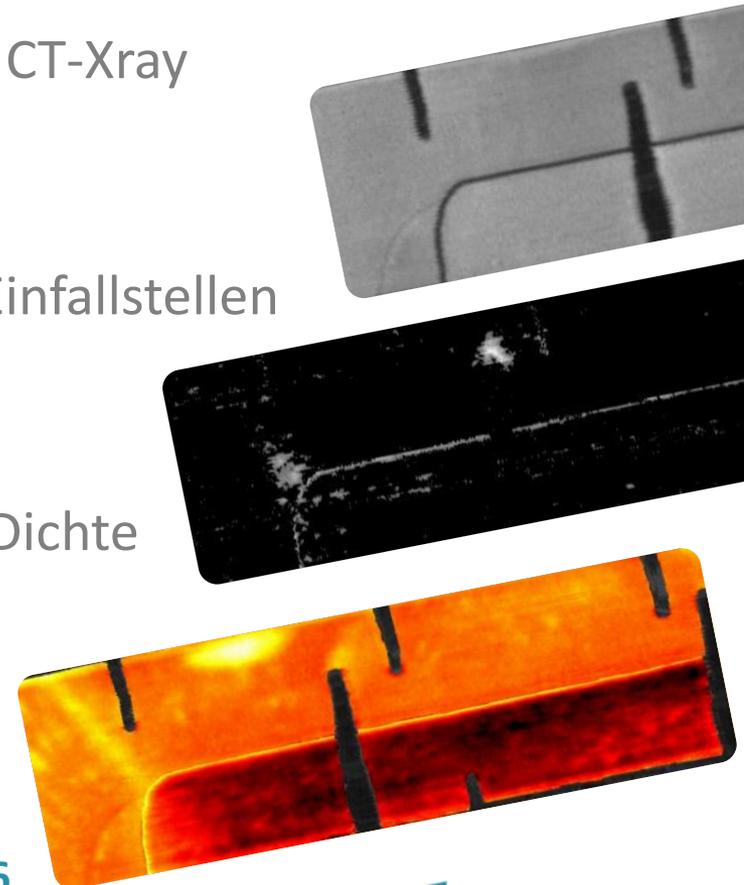
STRIPP Control IM zeigt

- kleine Lunker, bisher nur detektierbar mit CT-Xray
- Zellen- oder Masse-Anhäufungen
- Oberflächendefekte wie Hammerschlag, Einfallstellen

STRIPP Control IM misst

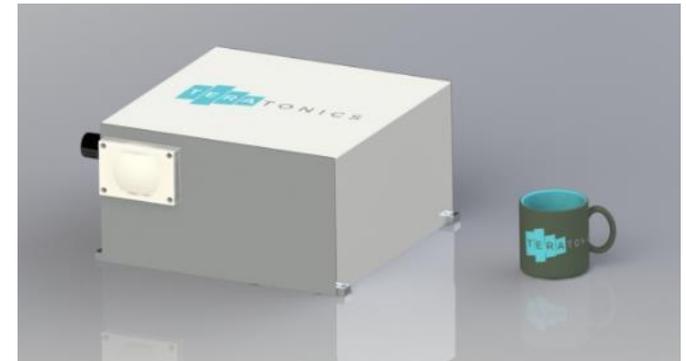
- Dimensionen insb. Wanddicke / Schaum-Dichte durch robotergesteuerte Abscannen von Bauteilen in Reflexionmodus und in der Zykluszeit.

uli.schmidhammer@teratonics.com +33 751 45 55 16



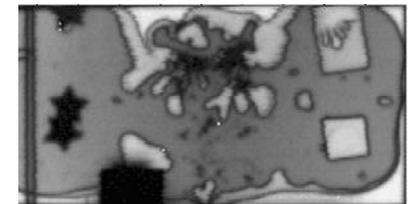
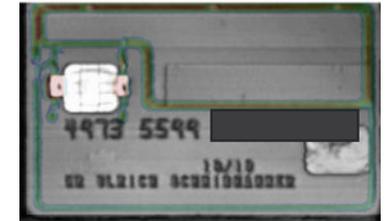
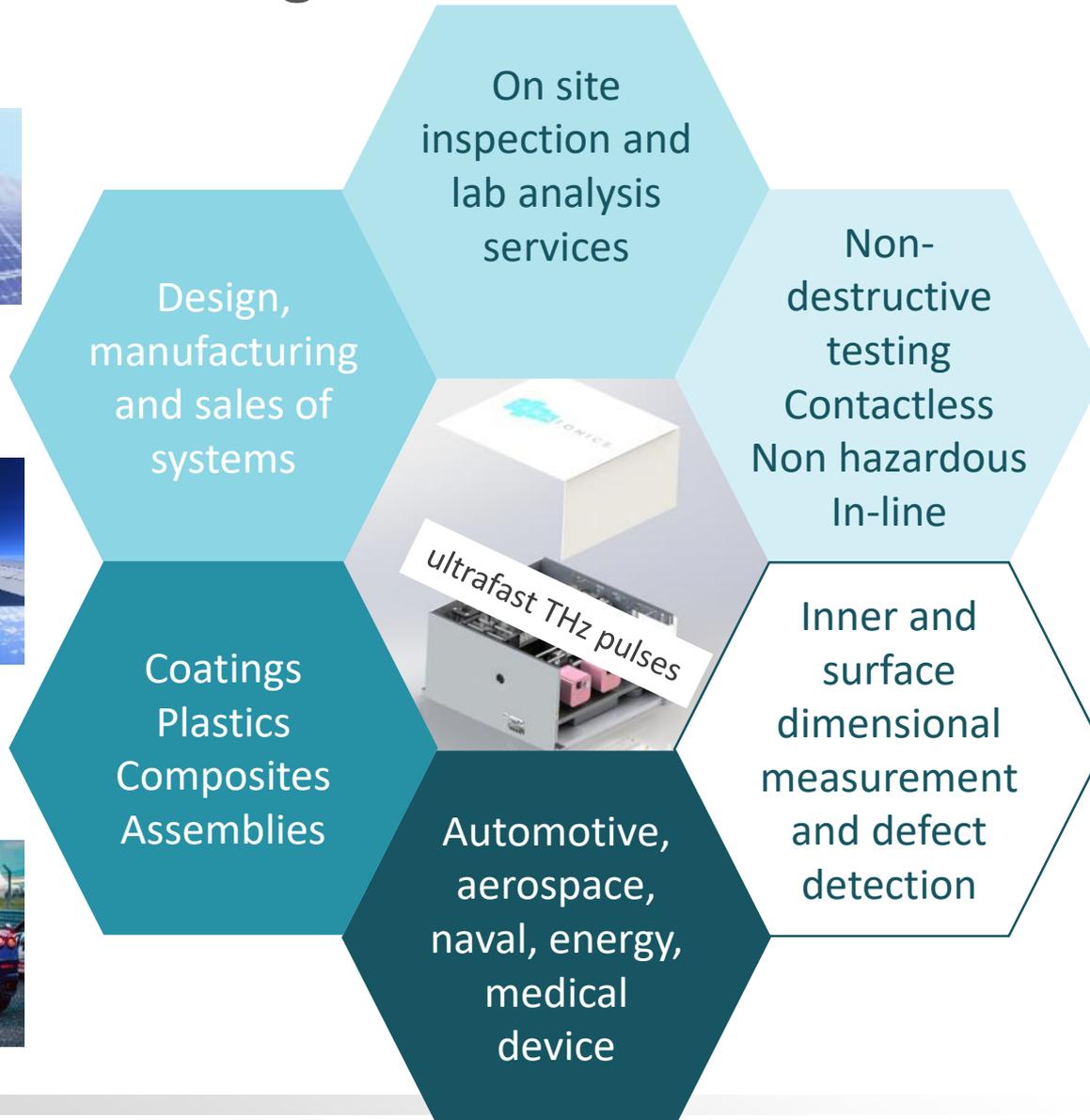
Zusammenfassung: 100% In-line Qualitätskontrolle

- Zerstörungsfreie Prüfung im Produktionszyklus mit gepulstem THz-Einzelschuss-Sensor
 - Erkennung interner Defekte
 - **Dimensionskontrolle**, insbesondere der Wandstärke
 - Erkennung von **Fremdkörpern**
- **Einfache Anwendung:**
 - **berührungslos**
 - **sicher** – keine Röntgenstrahlung
 - **10.000.000-mal schneller** als der Stand der Technik:
 - Bewegungsunempfindlich
 - Schnelles Scannen:
> 1000 cm²/60 Sekunden



Demo im Technikum

Teratonics at a glance



Further reading from TERATONICS's team

- *Mehr Vertrauen in's Schäumen durch Einblick in jedes Formteil.* K-Profi issue 9, 14 September 2020
- *Single-shot pulsed terahertz non-destructive evaluation systems for in-line production control and automated inspection* 11th International Symposium on NDT in Aerospace, Paris-Saclay, France (13-15 novembre 2019)
- *Revealing the Invisible.* European Plastic Product Manufacturer, 21, Issue 5, 14 October 2019
- *Bonding Control by Single-Shot Terahertz Pulses.* JEC Composites Magazine, 127, 144-146, March-April 2019
- *Rapid Control of Machined Glass Fiber Reinforced Plastics by Single Shot Terahertz Time Domain Spectroscopy.* Infrared Millimeter and Terahertz Waves (IEEE Xplore) DOI: 10.1109/IRMMW-THz.2015.7327395 (2015)
- *Ultrafast Pulsed Terahertz Sensing for the Contact-free Control of Composites and Adhesive Assemblies.* 7th International Symposium on NDT in Aerospace, Bremen, Allemagne (16-18 novembre 2015)
- *Ultraschnelle Werkstoffprüfung mit Terahertz Pulsen: Ein neues Tool für die kontaktfreie Kontrolle und industrielle Bildgebung.* Fortschritte in der Werkstoffprüfung für Forschung und Praxis 33, 235 – 240 (2015)
- *Ultrafast Pulsed Terahertz Sensing for Process Monitoring and Industrial Imaging.* 11th European Conference on Non-Destructive Testing, www.ndt.net (2014)
- *Pulsed THz Imaging for Non-Destructive Testing of Adhesive Bonds.* Infrared Millimeter and Terahertz Waves (IEEE Xplore) DOI: 10.1109/IRMMW-THz.2014.6956127 (2014)
- *Ultrafast THz Sensing for Inline Monitoring and Real Time Observation of Transient Phenomena.* Infrared Millimeter and Terahertz Waves (IEEE Xplore) DOI: 10.1109/IRMMW-THz.2014.6956204 (2014)
- *“On-the-fly” monitoring with a single shot THz time domain spectrometer.* Special Edition on THz Sensing, IEEE Sensors Journal 13, 44 - 49 (2013)

TERATONICS

Advanced
Terahertz Photonics
for Enhanced
Productivity and Reliability



TERATONICS S.A.S.
15, avenue Jean PERRIN
bâtiment 350
91400 ORSAY – France

Phone: +33 1 69 15 30 33
Mobile: +33 7 51 45 55 16
info@teratonics.com
www.teratonics.com





WIRTH-INNOVATIONSTAG
Schaumspritzgießen in neuen Dimensionen 2.0
23.9.2021



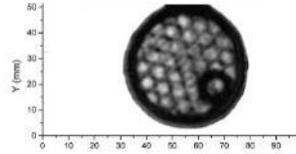
Der prüfende Blick ins Innere: innovative Terahertz-Photonik zur unmittelbaren Produktionskontrolle

Dr. Uli Schmidhammer

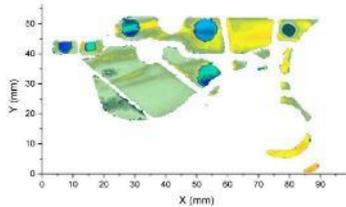
www.teratonics.com
uli.schmidhammer@teratonics.com
+33 751 45 55 16

Teratonics's Hauptanwendungen

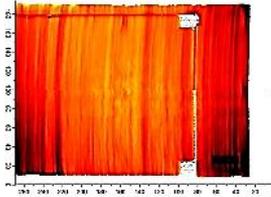
Kunststoff



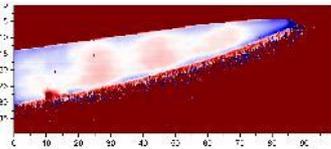
Geschäumter Kunststoff



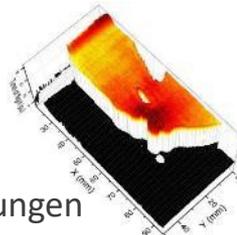
Verbundwerkstoffe



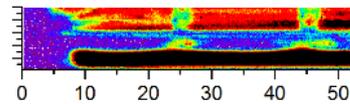
Keramik



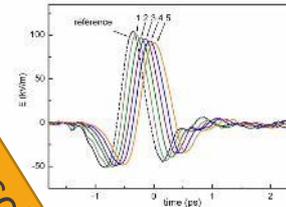
Klebung



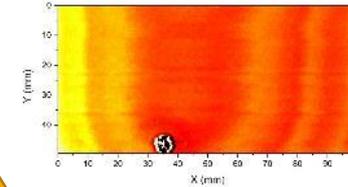
Kunststoffschweißen



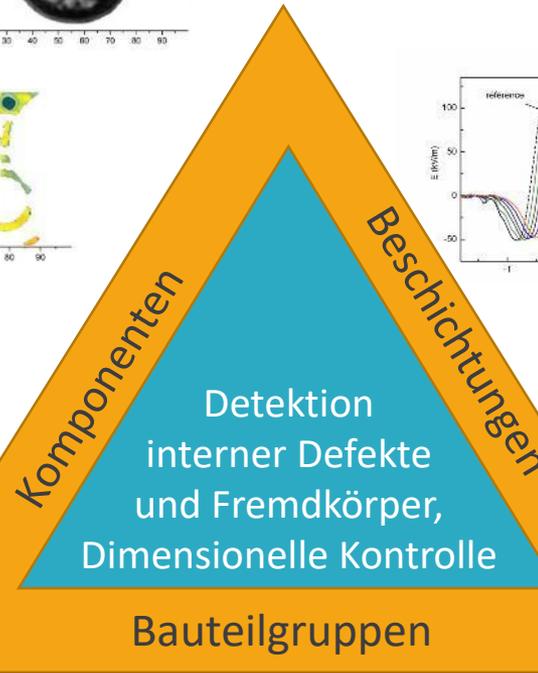
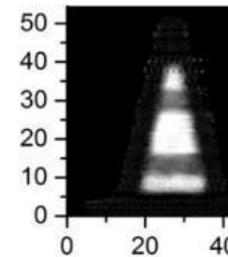
Dicke von Mehrschichtsystemen



Lacke auf (metallischen) Oberflächen



Insert molding / Metall-Kunststoff Hybride



TERATONICS STRIPP Control: erste Produktlinie

Schnelles Scannen von 3D-Objekten, die von Robotern getragen werden, basierend auf ihren CAD-Dateien

spezifische Produkte für Spritzgießen, Schweißen, Kleben...



*supervision console and chiller
not shown*

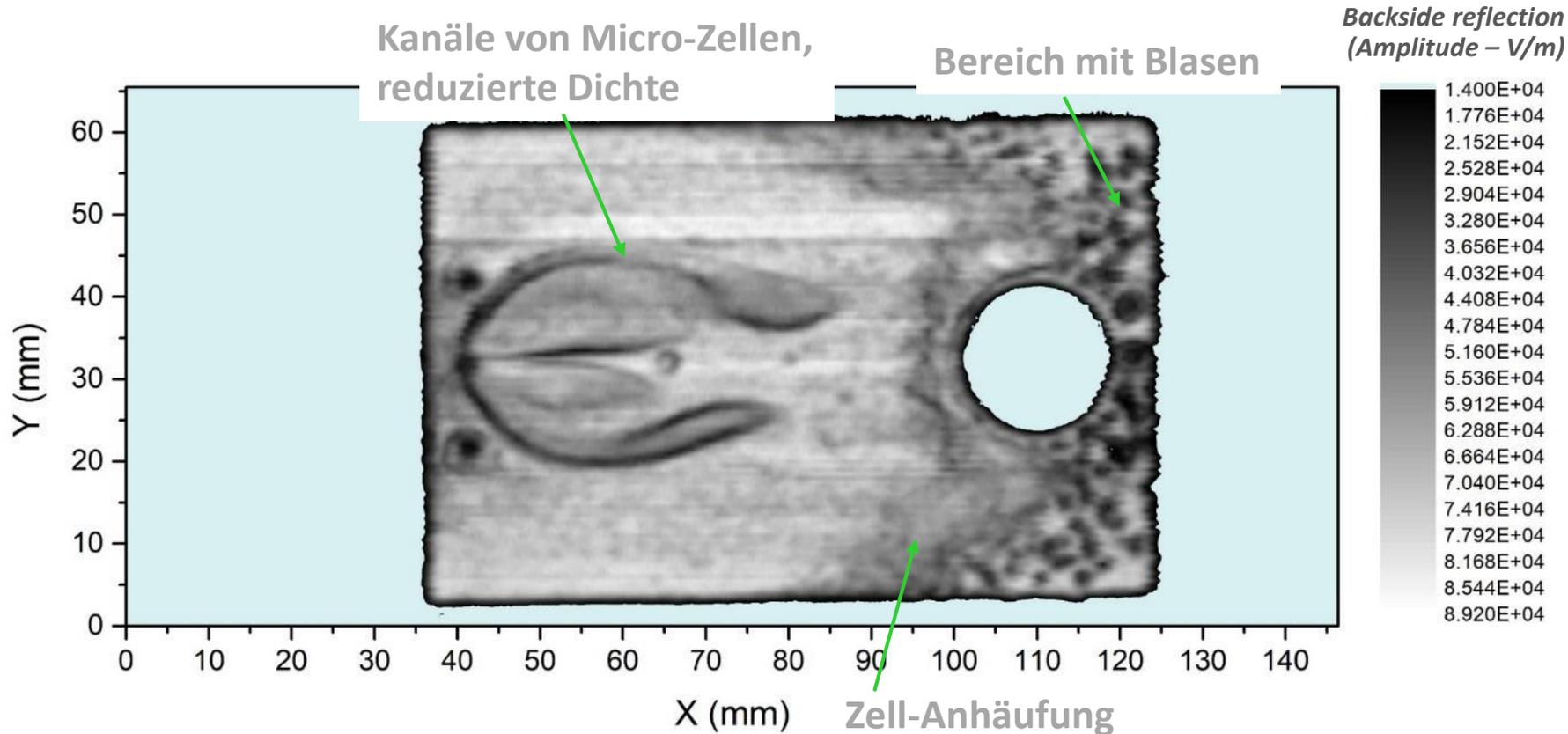
- Komplettsystem:
Terahertz-Kopf, Laser und Elektronik
- Inklusive Robotersteuerung
- Hohe Schutzklasse IP54 möglich
(geschützt gegen Staub und Spritzwasser)
- Abmessungen: $0,8 * 0,9 * 1,2 \text{ m}^3$
- Unempfindlich gegen Hitze, Licht, WLAN
- Laserproduktklasse 1 („sicher unter allen Bedingungen des normalen Gebrauchs“)
- 1 Spannungsversorgung: 110 / 220V, 50 bis 60 Hz

Kontrolle einer Vistenkartenbox (1/4)

Die THz-Bilder auf den folgenden 4 Dias stammen aus einem einzelnen Raster-Scan.



Lokalisierung verschiedener Defekte



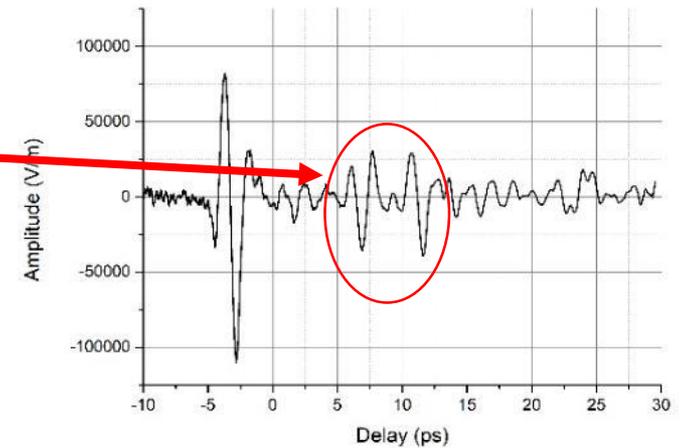
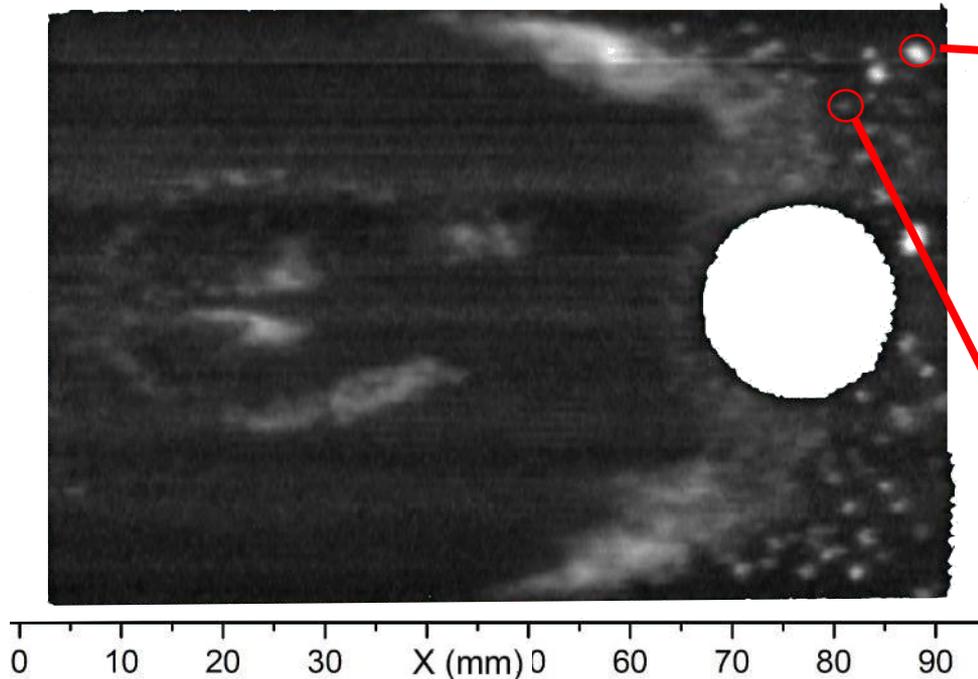
Kontrolle einer Vistenkartenbox (2/4)

Lokalisierung und Grösseninformation von Defekten



*Interne Reflexionen aus gewählter Tiefe
(Amplitude)*

Hier von 200 - 2300 Micrometer nach Vorderseite



Blase:

Grösse ca. 1.8*1.6 mm

Tiefe ca. 975 μm

Dicke ca. 565 μm

Grösse ca. 0.5*0.4 mm



Kontrolle einer Vistenkartenbox (3/4)

Information zu Dicke und Dichte



Kanäle von Micro-Zellen,
reduzierte Dichte

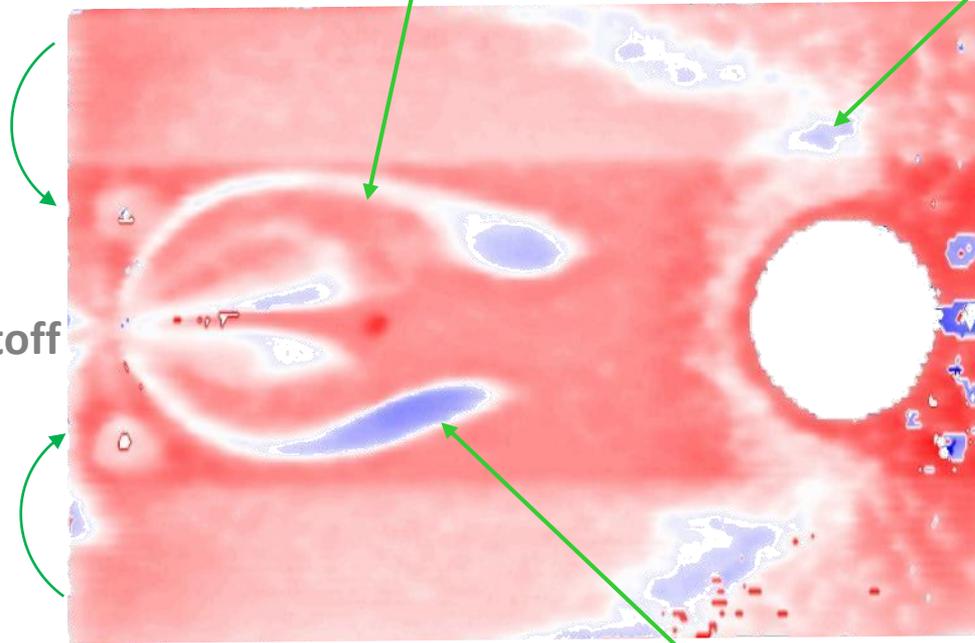
37 μm weniger Kunststoff

hoch

Dicke,
Dichte

Flugzeit

gering



Blaue Bereiche:
weniger Kunststoff

Wanddickensprung

0.33ps entsprechend 30 μm

92 μm weniger Kunststoff

Demonstrator Dekoschale Anforderungen am Bauteil



- Gewölbte, strukturierte Oberfläche mit Class-A-Oberfläche
- Mehrere Durchbrüche
- Grundwandstärke 2 mm (Dome und Rippen auf Rückseite mit 2,2 mm Anbindung)
- Bauteilgröße 500 mm
- Heißkanaldirektanbindung von hinten

Demonstrator Dekoschale Prozessanforderung

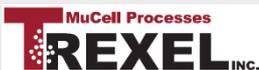
- Herstellung mit Schaumspritzgießen
- Zykluszeit 60 Sekunden
- Mit Öffnungsprägen von 2 mm auf 3,5 mm
- Gewichtsreduzierung mit Öffnungsprägen bis zu 45 %
- Mit Wechseltemperierung zum Erreichen der Class-A-Oberfläche
- Dimensionsstabilität erhöhen durch Öffnungsprägen
- Einfallstellen vermeiden durch Schaumspritzgießen

Unsere Partner für den Demonstrator Dekoschale

Inline
Bauteilqualitätsmessung
- ultraschnelles
zerstörungsfreies
Prüfen im Zyklus



physikalisches
Schäumverfahren -
MuCell®



Hochmodernes Technikum -
Forschungswerkzeuge und
Peripherie mit breitem
Anwendungsbereich

Krauss Maffei

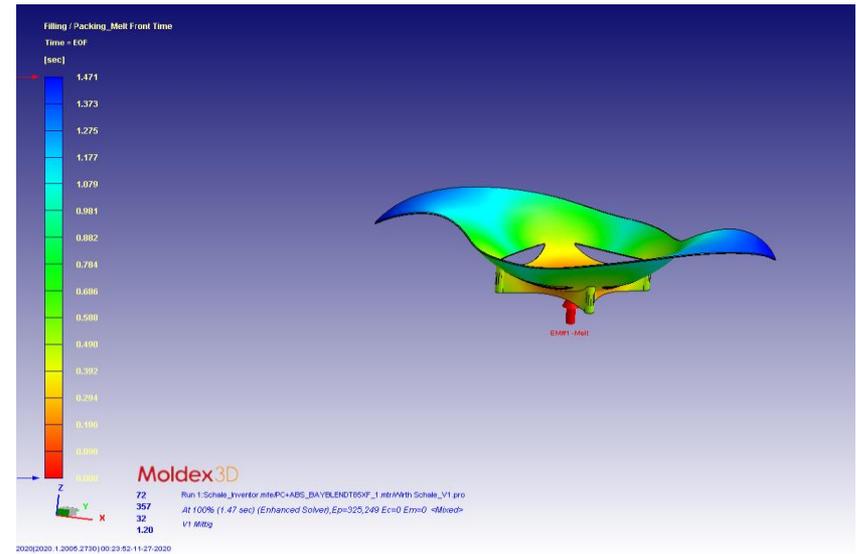
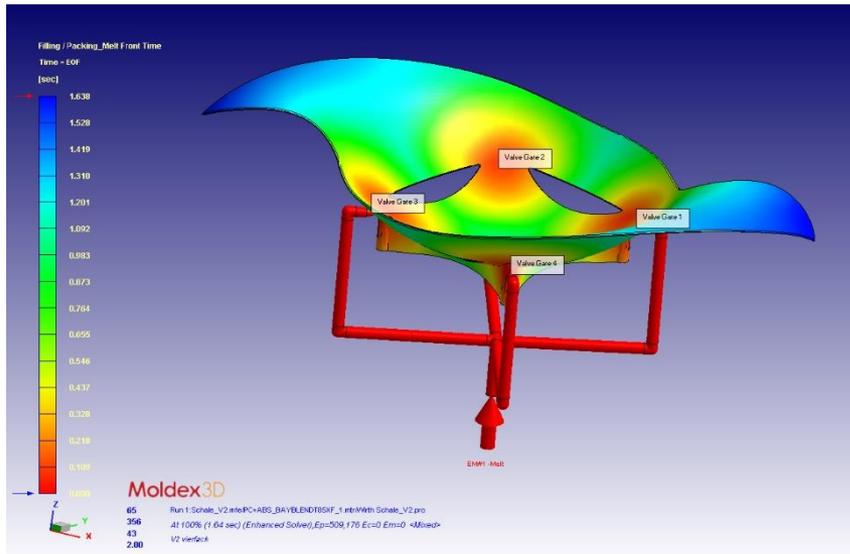
Effiziente
Temperier-
technik

E_BRAUN

Innovative
Werkzeugtechnik -
thermische
Optimierung
kanaltechnik

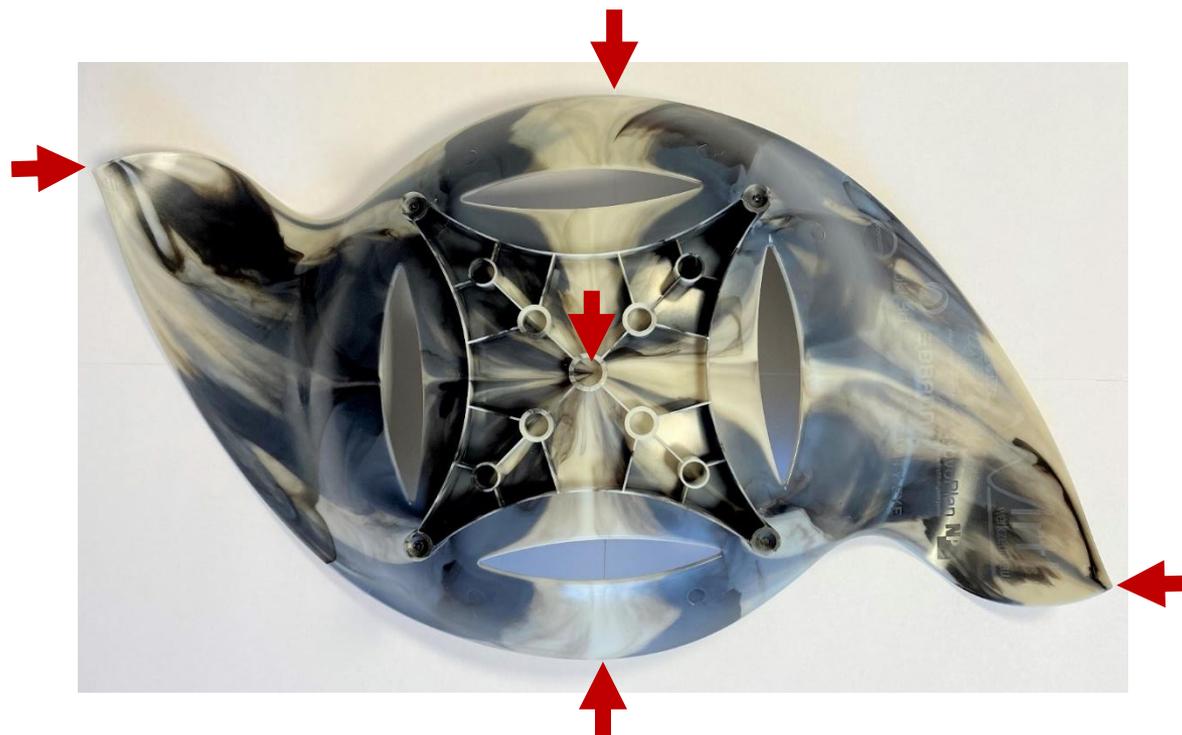


Simulation mit Moldex 3D

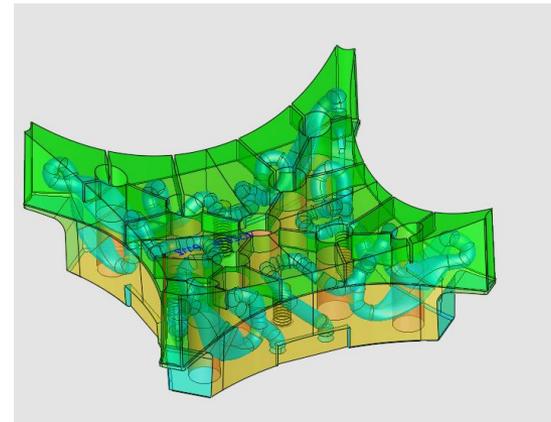
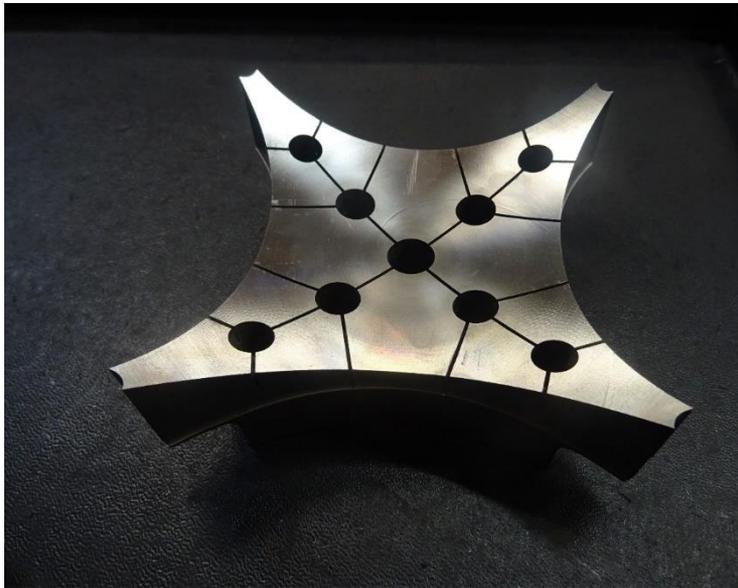


Bindenähte wurden beabsichtigt provoziert um das wirken von Variotherm und MuCell zu demonstrieren

Einbringen von Entlüftungsventilen an den Fließwegenden

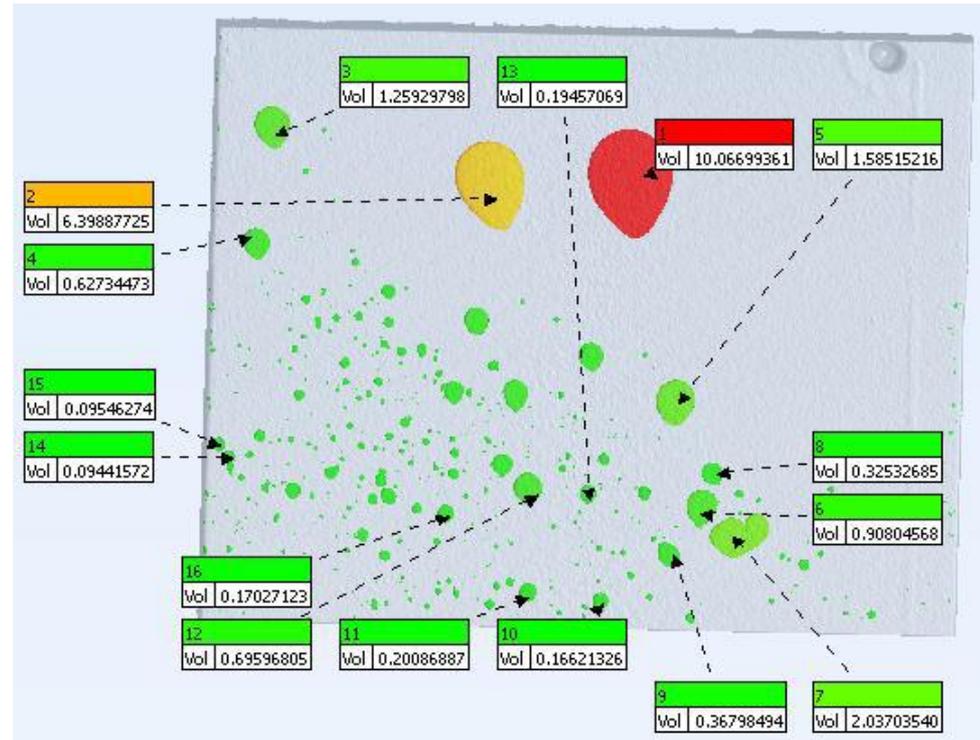
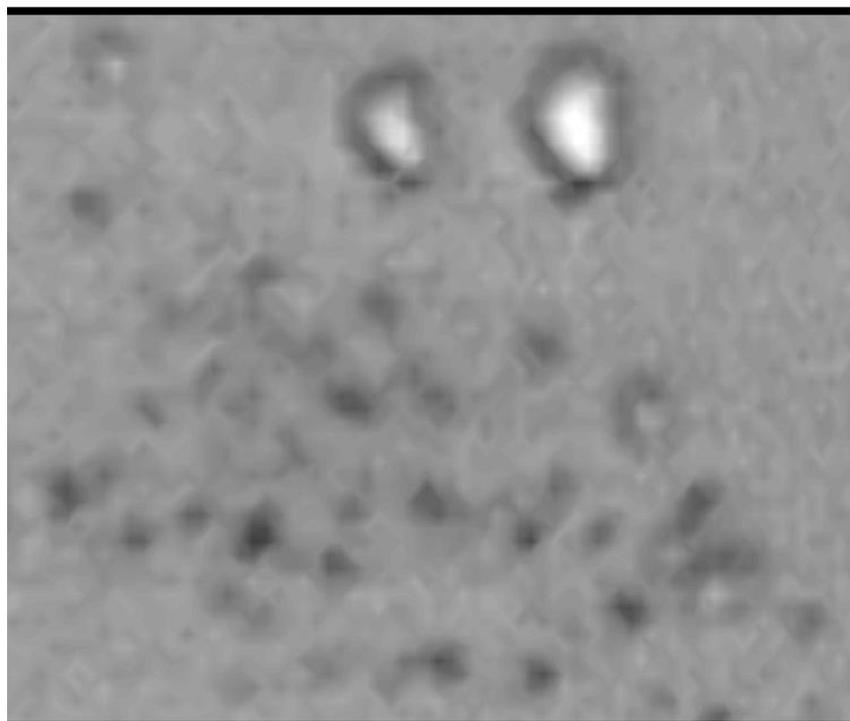
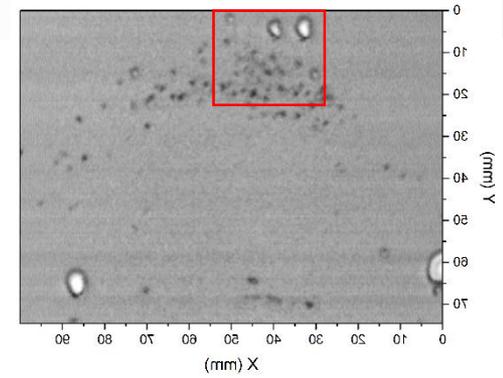


Konturnahe Temperierung durch additive Fertigung



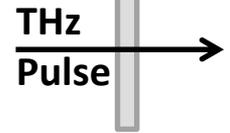
Additiv gefertigter Formeinsatz

Limit of detection / Comparison with CT Measurements



Vergleich „kompakt“ gegen „geschäumt“

2 PP Platten, gefüllt mit langen Glasfasern

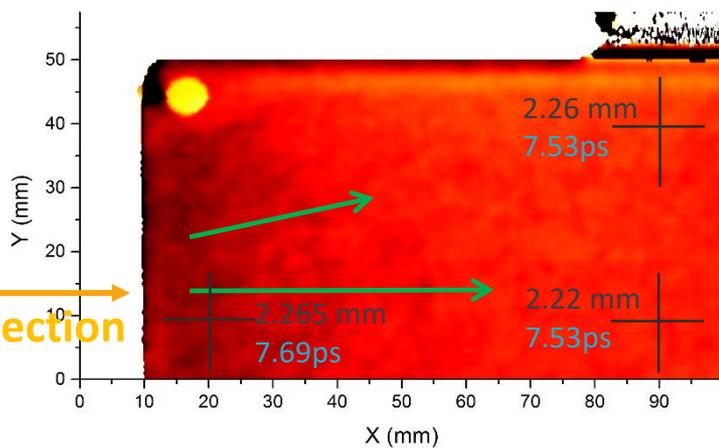


Bilder in Transmission

Flugzeit präzise korreliert mit der durchlaufenen Material-Dicke und Dichte:

- Differenz zwischen fester und geschäumter Platte $\sim 0,4$ ps
entspricht $\sim 5,5\%$ Materialersparnis (geschäumte Platte ist etwas dicker)
- In jeder Platte nimmt der Gradient von der Einspritzseite ab
- Geringe Dickenschwankung (3%) und Schaumchwankung (% -Niveau)

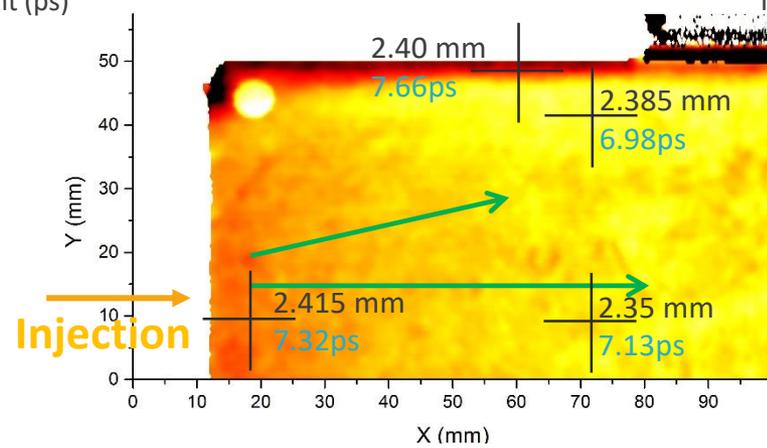
Kompakte Platte



Time of Flight (ps)



Geschäumte Platte (MuCell®)



Time of Flight (ps)



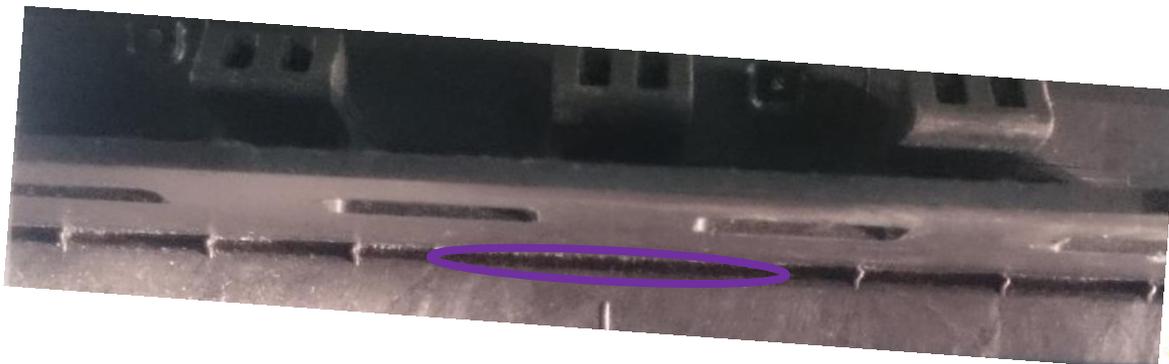
mechanical reference measurement of external wall thickness, precision $\pm 5\mu\text{m}$



Photo der Rückseite für THz Pulse

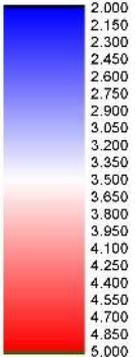
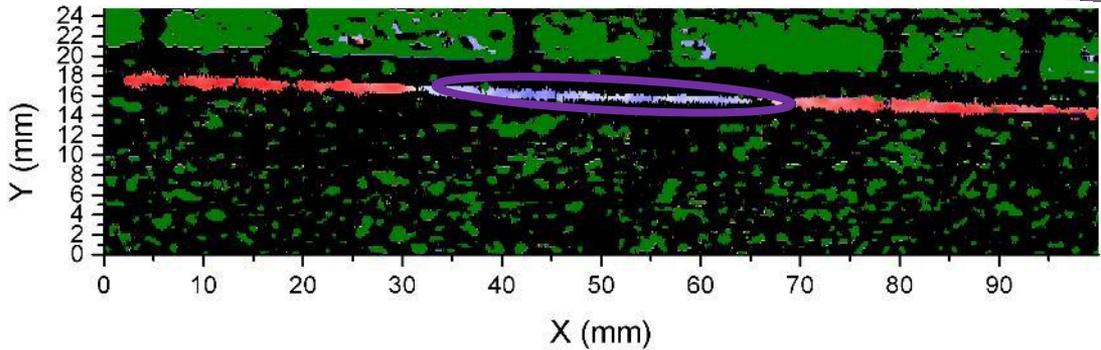
Airbag - Kontrolle der Sollbruchlinie

PP mit EPDM (MuCell®)



Linie mit 140 μm^* weniger Material

* (Wert basierend auf dem Brechungsindex von PP)



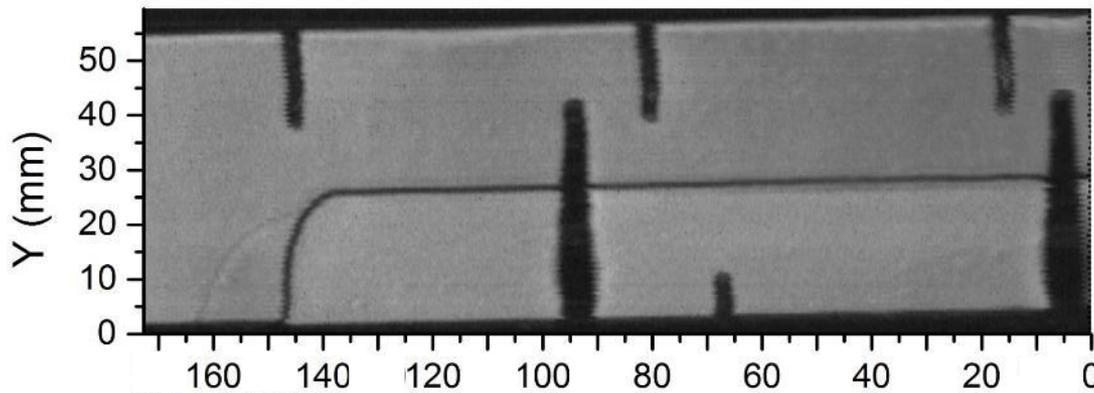
Verzögerung zwischen Reflexionen der Vorder- und Rückseite (ps)

Identifikation des schwachen Bereichs
Präzise Bestimmung der Dickevariation

Geschäumtes Automotive Bauteil

Bild der Oberfläche und von internen Defekten

Die THz-Bilder auf den folgenden 4 Dias stammen aus einem einzelnen Raster-Scan.

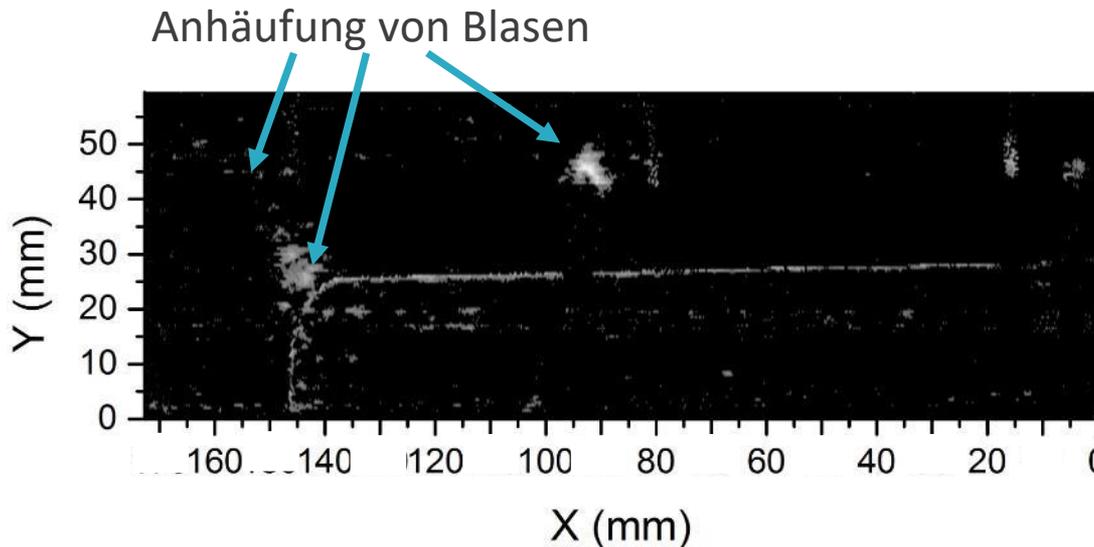


Reflexion der Oberfläche

PP T20 (MuCell®)



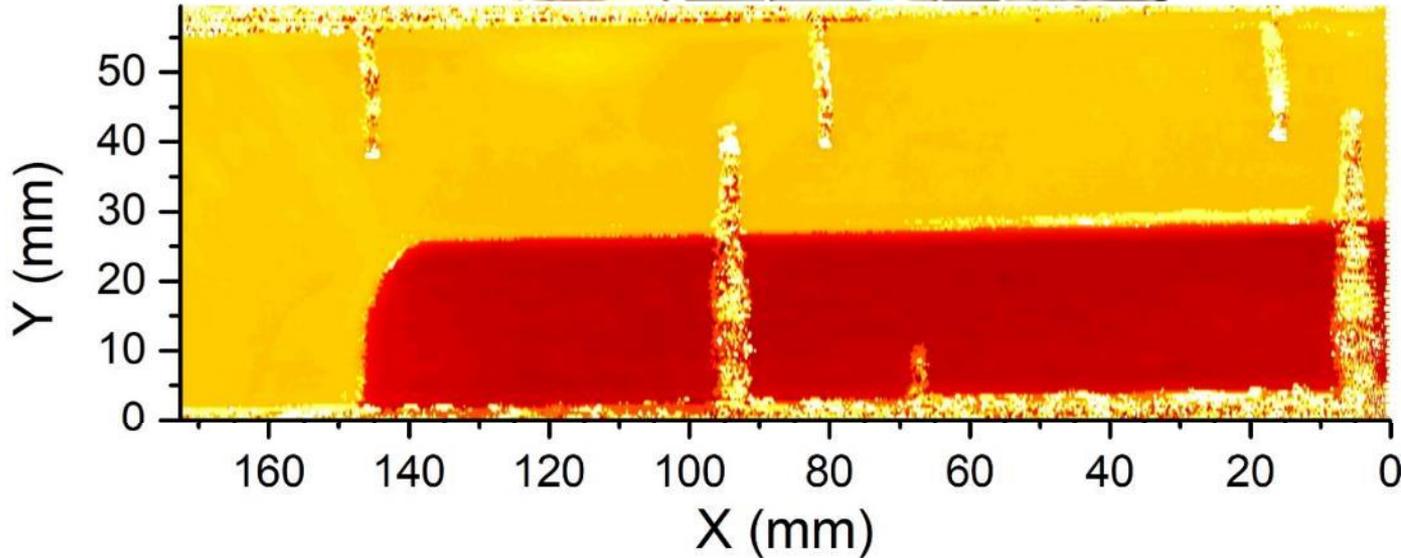
Einspritzpunkt



Reflexionen im Material
(hier 0,51 - 1,43 mm
hinter der Oberfläche)

Geschäumtes Automotive Bauteil

Wanddicke



Flugzeit ps	Dicke mm
14.00	1.363
14.60	
15.20	1.479
15.80	
16.40	1.596
17.00	
17.60	1.716
18.20	
18.80	1.830
19.40	
20.00	1.947
20.60	
21.20	2.064
21.80	
22.40	2.180
23.00	
23.60	2.297
24.20	
24.80	2.414
25.40	
26.00	2.531

5.6 ps Unterschied der Flugzeit → Wanddickensprung = 0.545mm

Geschäumtes Automotive Bauteil

Dichte und Oberflächendefekte



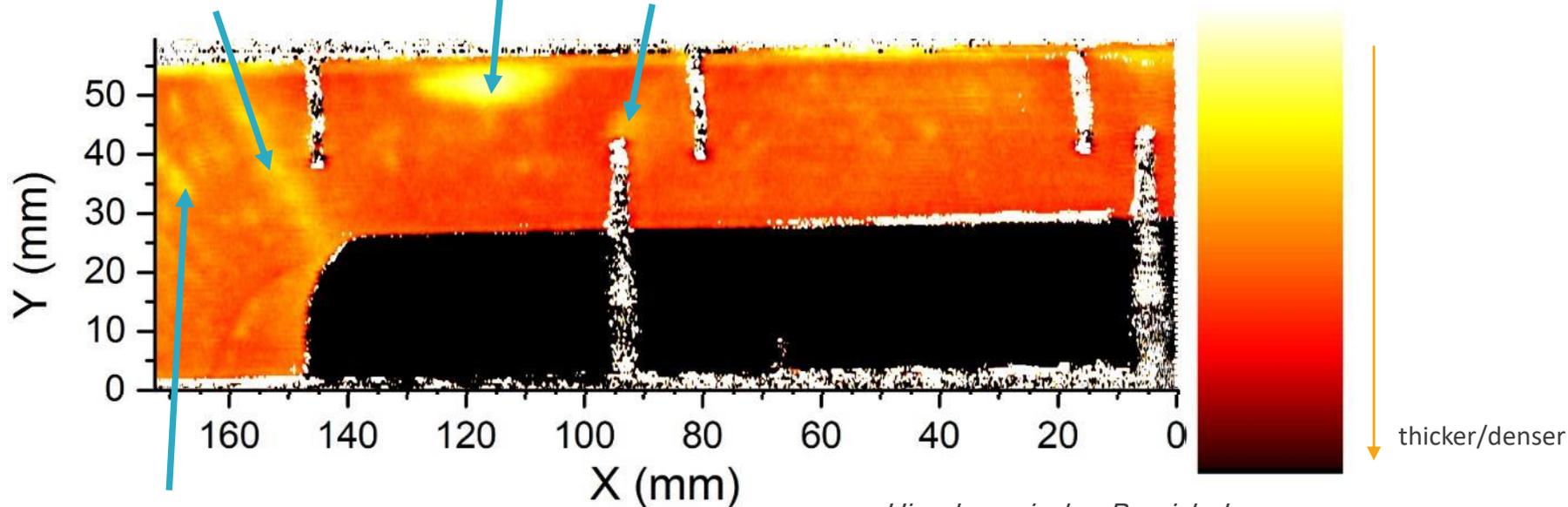
Einspritzpunkt

„Dimple“ /
Oberflächeneinbuchtung
(„Hammerschlag“)

50µm tief

Blase
300µm dick

Anhäufung von Zellen
28µm weniger Material –
550µm Kanal-Dicke im Maximum

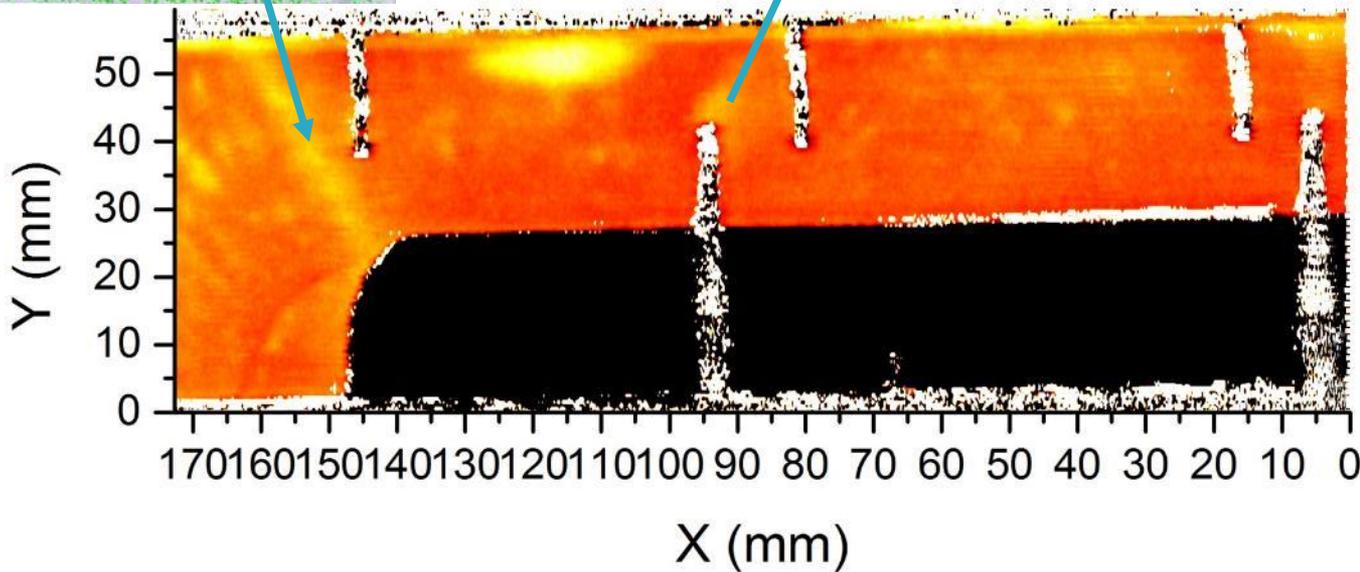
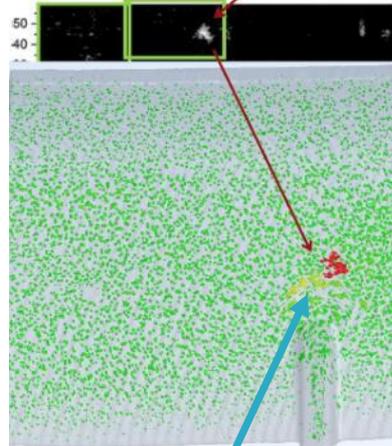
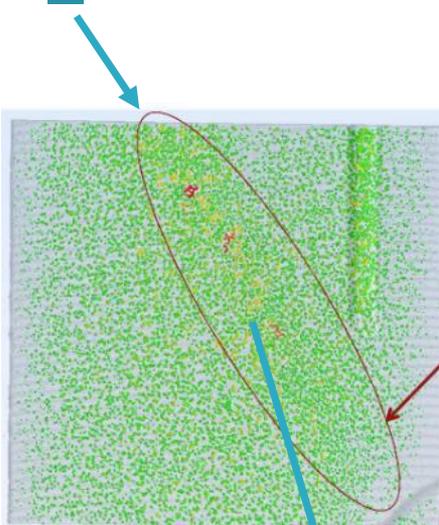


Region mit kleinen « Dimples »
(typ. 25µm tief)

*Hier dynamischer Bereich der
graphischen Darstellung
auf dünnen Bereich optimiert.*

Geschäumtes Automotive Bauteil

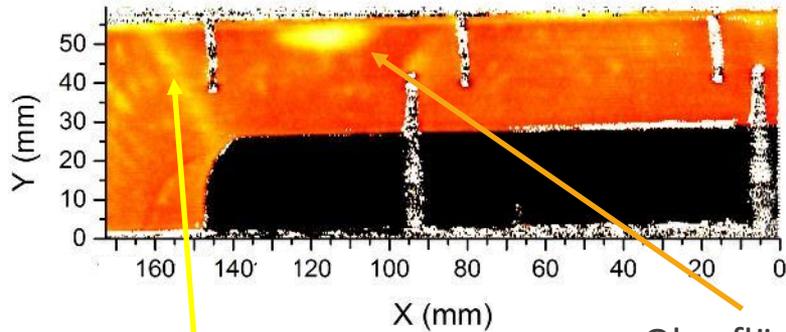
Vergleich mit Röntgen-Computertomographie



Geschäumtes Automotive Bauteil

Vergleich zwischen zwei Proben der gleichen Charge

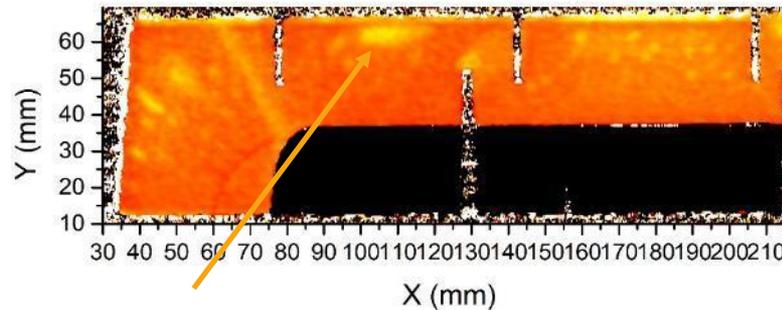
Sample 1



Anhäufung von Microzellen

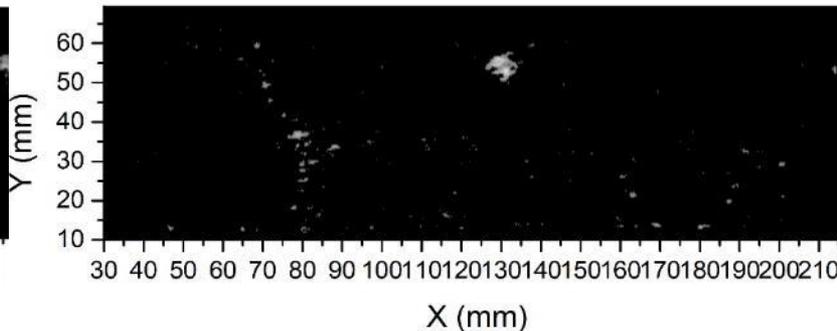
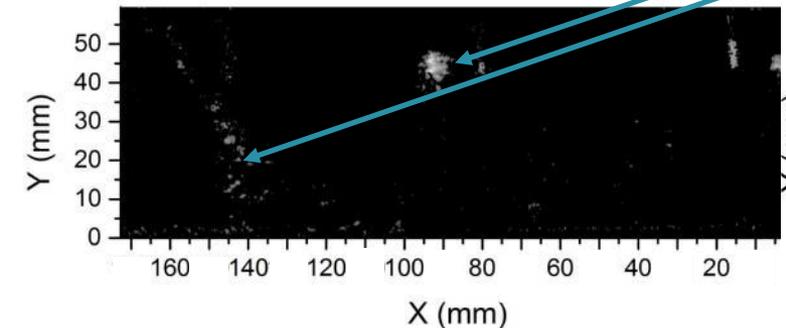
Oberflächeneinbuchtung („Hammerschlag“)

Sample 2



Delay between front and back side

Blasen

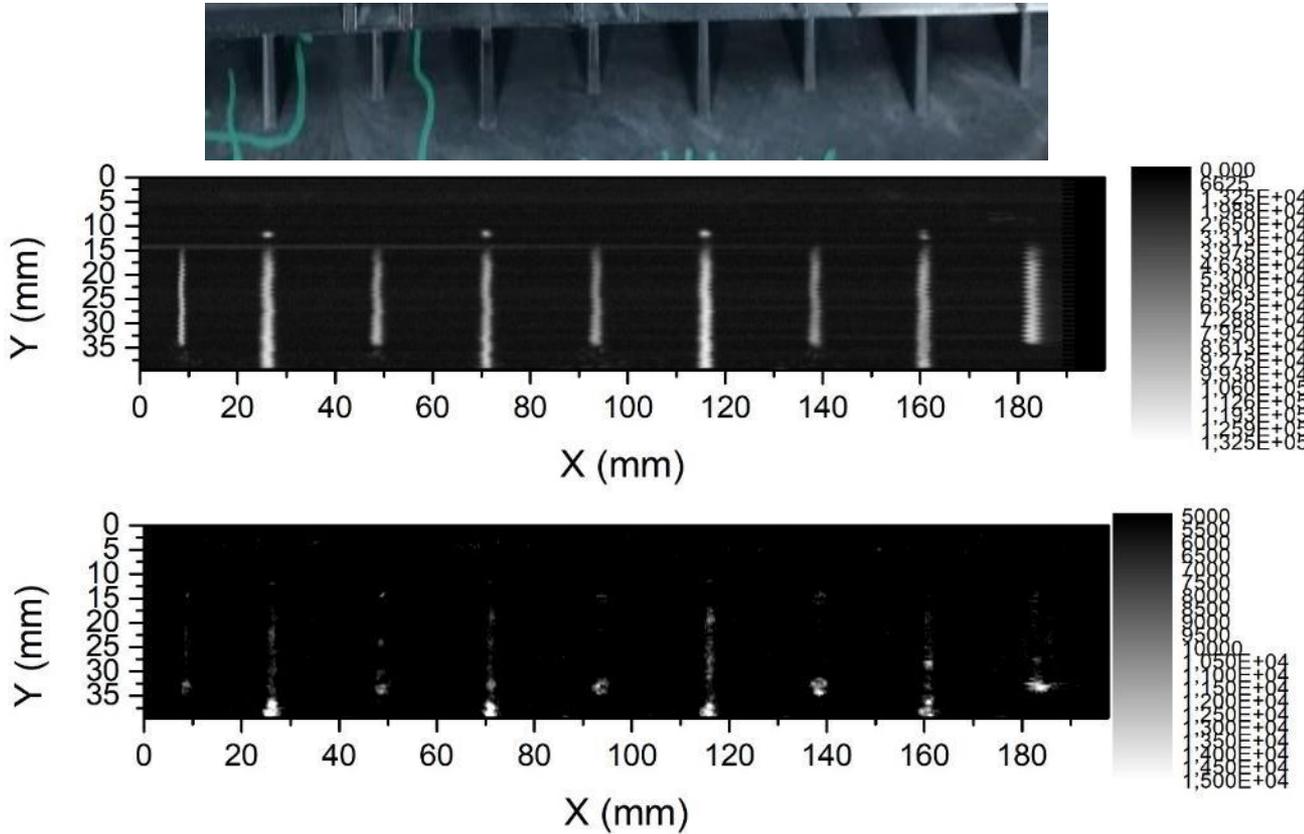


Inside Reflection

➔ hier sehr ähnliche Lage der Defekte / strukturelle Abweichungen, verschieden starke Ausprägung

3D geschäumtes Bauteil

Rippen



Oberfläche
der Rippen
(in weiss)

Reflexionen aus
dem innerern
(in weiss)
auf Grund von
Blasen

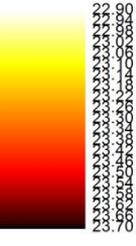
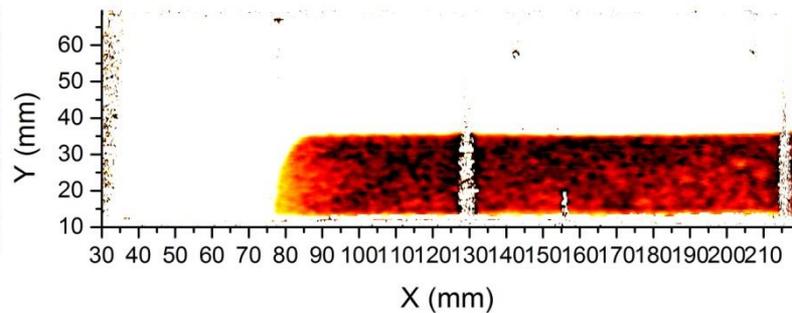
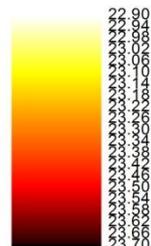
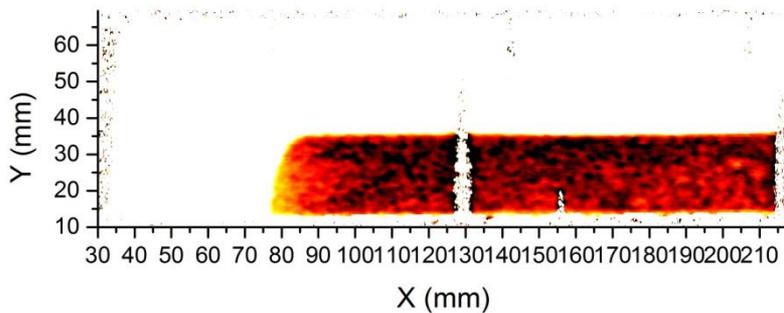
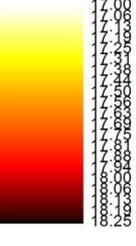
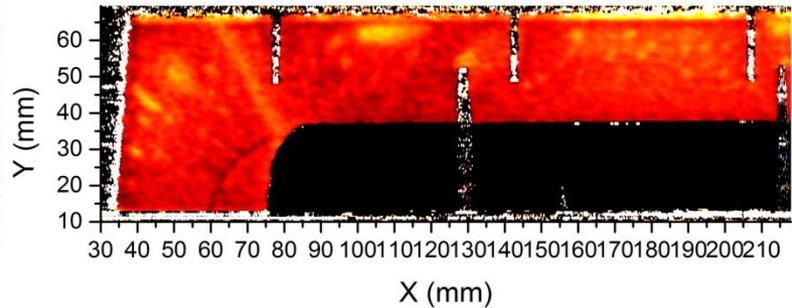
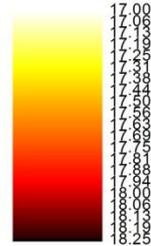
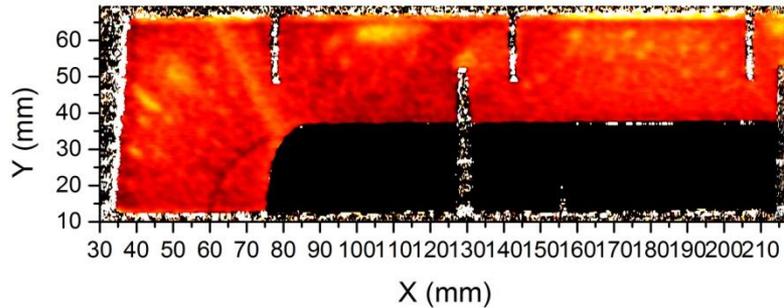
Wiederholbarkeit der Messung

- 2 aufeinanderfolgende Scans "A" und "B" des Roboters

A

Flugzeit-Differenz der Reflexe von
Vorder- und Rückseite

B



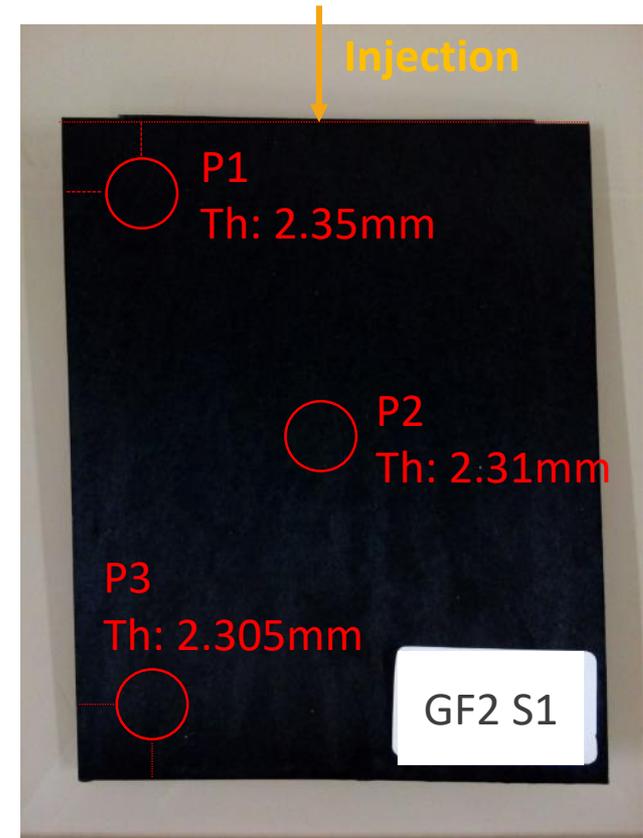
Faser-Gehalt und -Orientierung

PP mit « 35% » Glasfasergehalt und 9% MuCell®
in Transmission

Bestimmung des Massenanteils der Faser, Modell der physikalischen Wellenausbreitung

Mit Volumenanteil Gas =0.09 (Prozess) oder =0.07 (calcul)

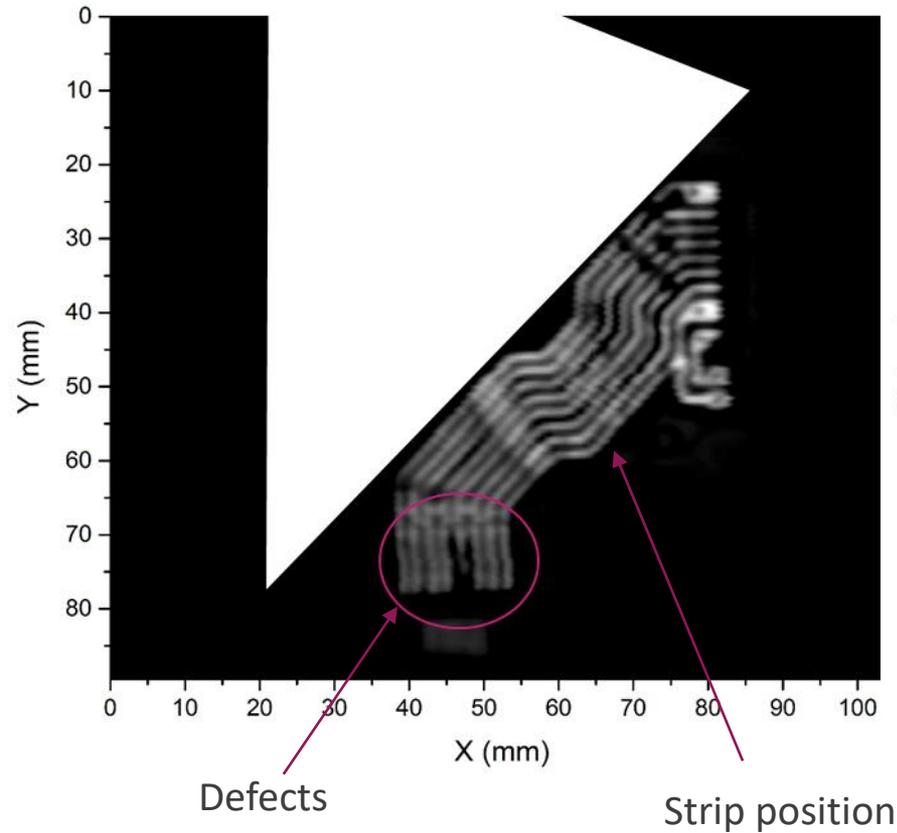
Point	Fibre content – Gravimetric values (Weight%)	Fibre Content (Weight%) THz Measurements + Model	% parallel direction
P1	0.35	0.38 0.35	0.71
P2		0.41 0.38	0.80
P3		0.39 0.37	0.73



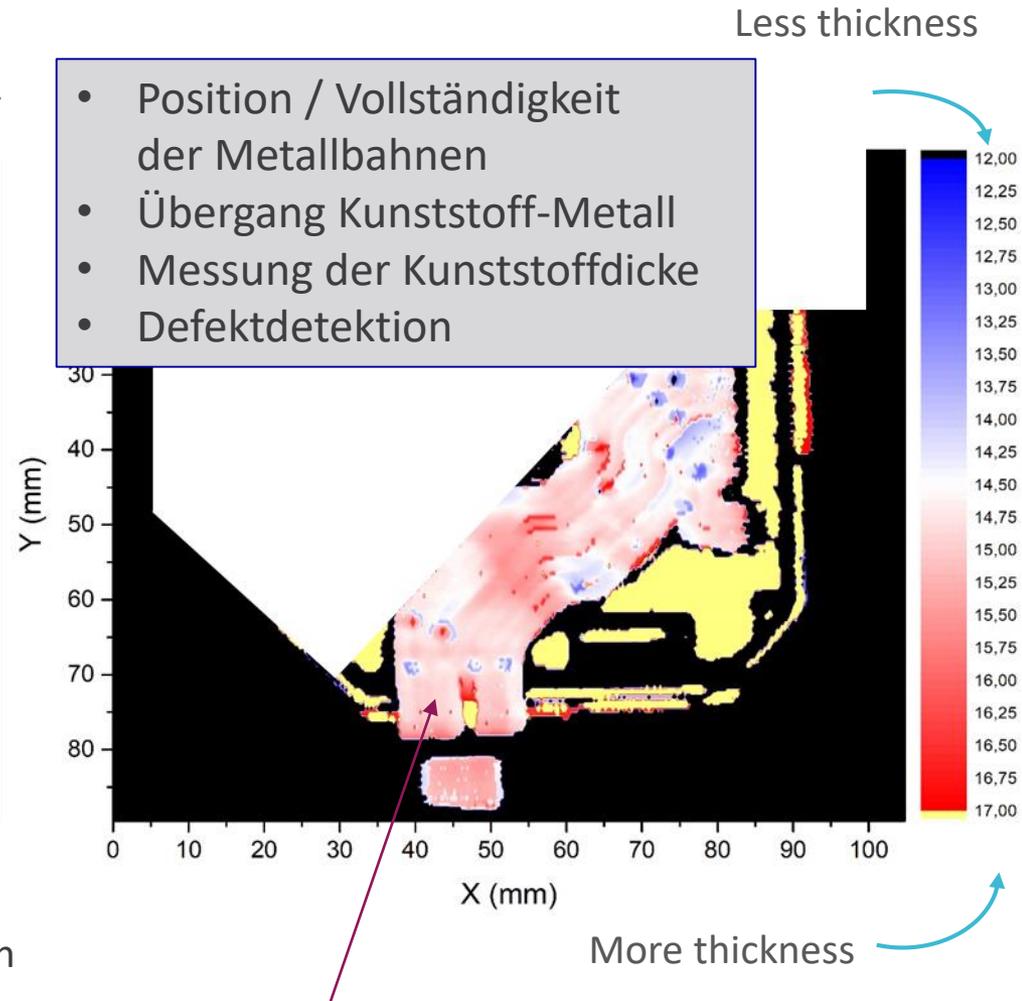
➔ Lokale Variation des Fasergehalts und –orientierung
(als Option, mit Zusatzmessung)

Bauteil mit umspritzten Metallbahnen

Dynamic range of analysis to highlight metallic parts



- Position / Vollständigkeit der Metallbahnen
- Übergang Kunststoff-Metall
- Messung der Kunststoffdicke
- Defektdetektion



Plastic over metal thickness measurement

Die Vorzüge von Terahertz Pulsen

Ein Vergleich von Methoden zf-Prüfung

**Glasfaser
verstärkte
Kunststoffe
mit
verschiedenen
Schäden**



« Pulsed THz »:
 + ultrakurze Pulse
 + kontaktfrei
 + nicht-ionisierend
 + + höchste Wahrscheinlichkeit
 der Fehlererkennung
 - - Bildgebung langsam

Quelle: Air Force Research Laboratory + Air Force Institute of Technology



Die Vorzüge von Terahertz Pulsen

Ein Vergleich von Methoden zur Prüfung

Glasfaser
verstärkte
Kunststoffe
mit
verschiedenen
Schäden

Thickness
Variation

4 min, 830° F
Burn

6 min, 810° F
Burn

20 min, 800° F
Burn

Bending
Damage

Sub-surface
Slit Void

Sub-surface
Circular Void

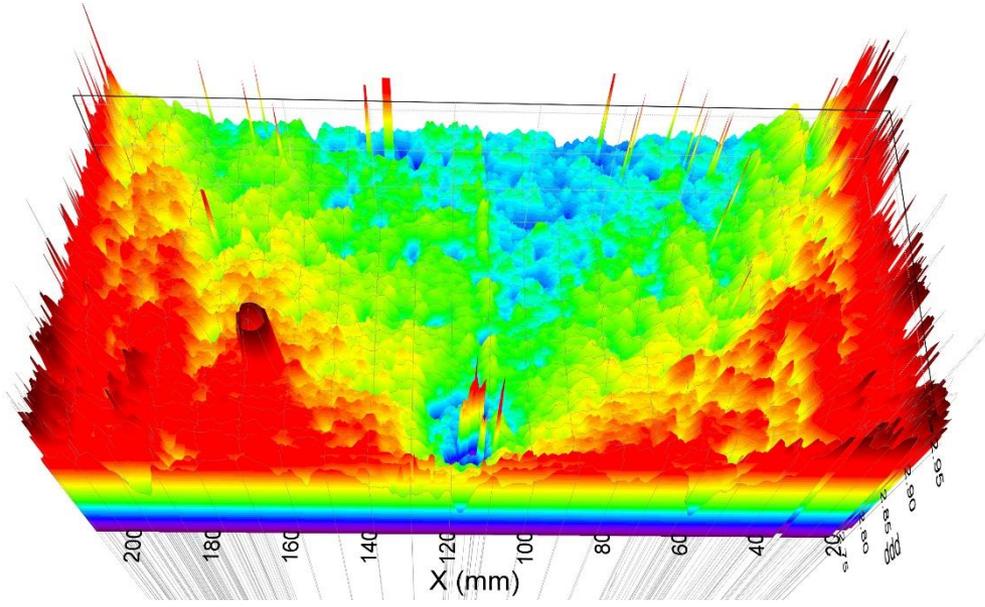


Quelle: Air Force Research Laboratory + Air Force Institute of Technology





Thickness map Other Representation



Detektion von Einschlüssen in Kunststoff

Gegenlichtaufnahme

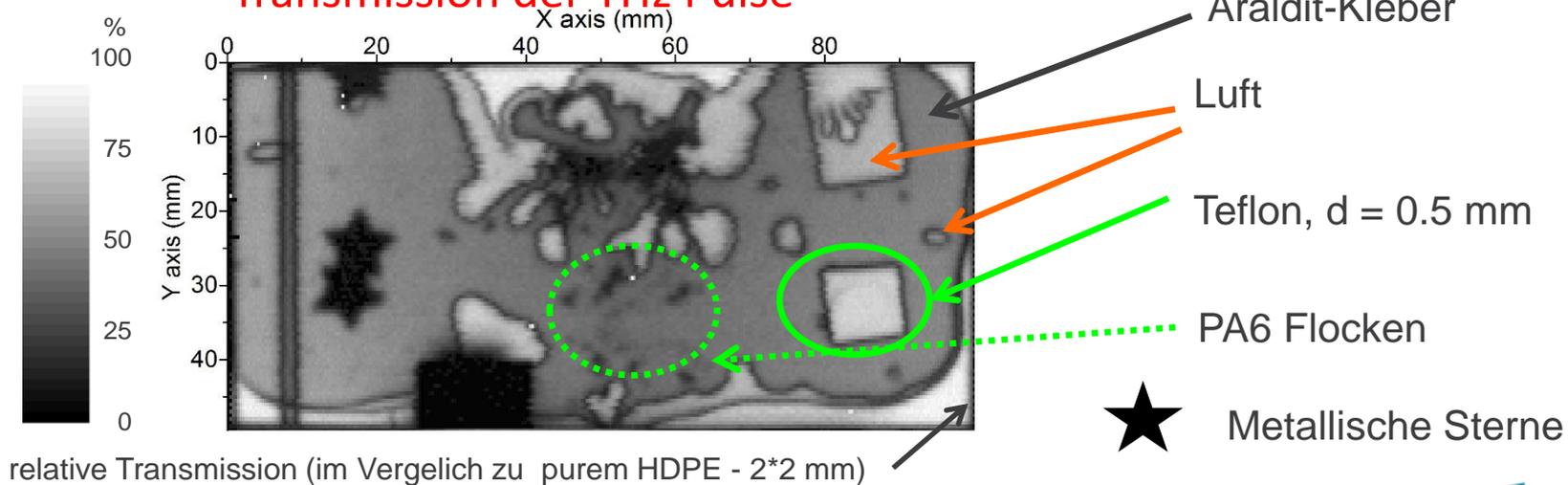


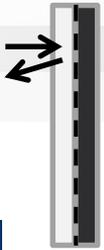
Verbundwerkstoff

- **Klebung von HDPE Platten**
- **Künstliche Einschlüsse im Kleber**

Defekt Detektion und Dimensionen
Verteilung und Dicke des Klebers

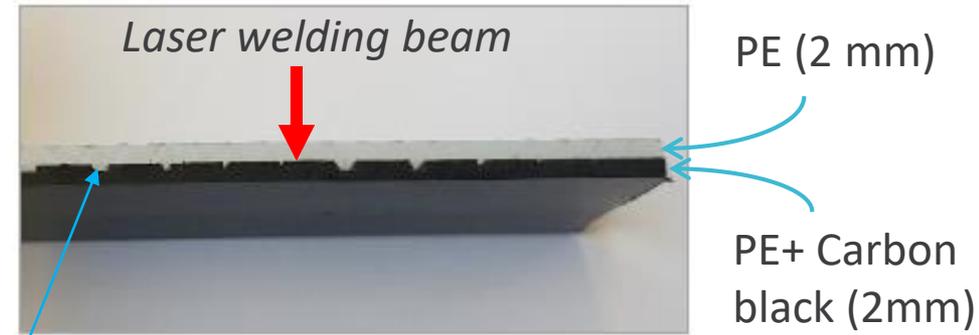
Transmission der THz Pulse



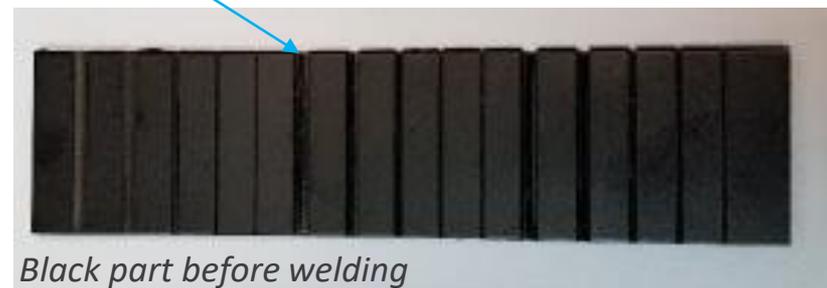


Welded samples with artificial defects

- Here 3 samples from Laser Zentrum Hannover



- Artificial defects on absorbing black PE part: 15 grooves of different width and depth





Study of welded samples – Depth 1 (2mm)

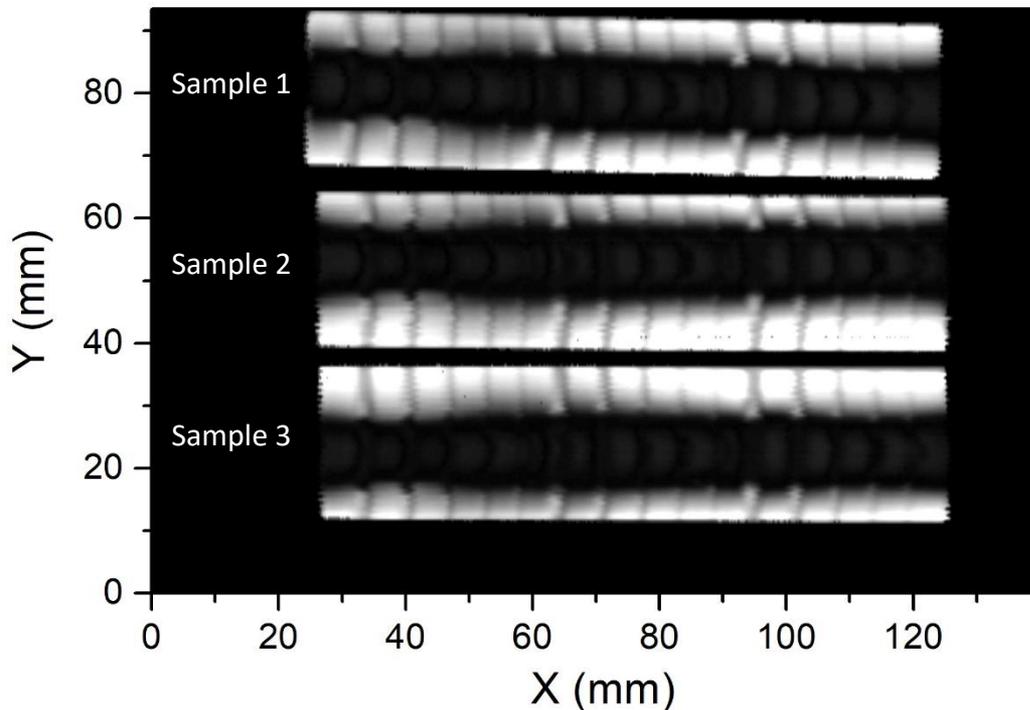
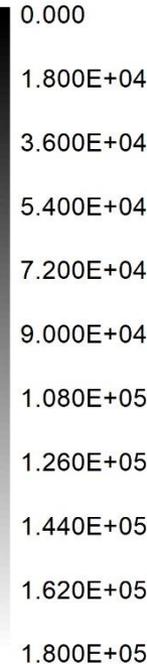


*Studied Depth (17 – 21 ps):
Transition between parts*

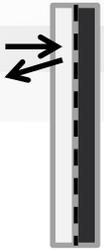


Other Dynamic Range

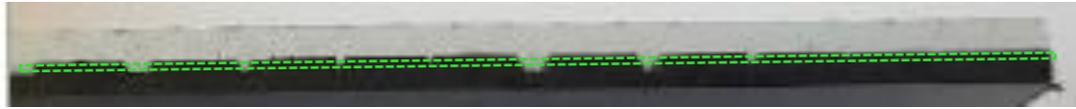
Amplitude V/m



- **Detection of all grooves (2mm to 0.2 mm width)**
- Map of the welded area (less signal, darker area)
- Lines deformation by heat revealed



Study of welded samples – Depth 2



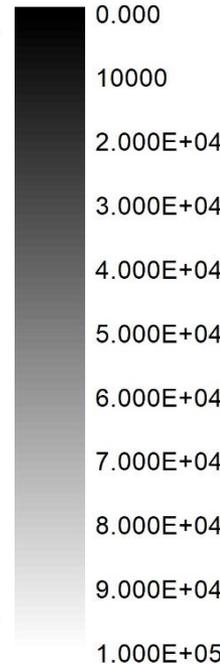
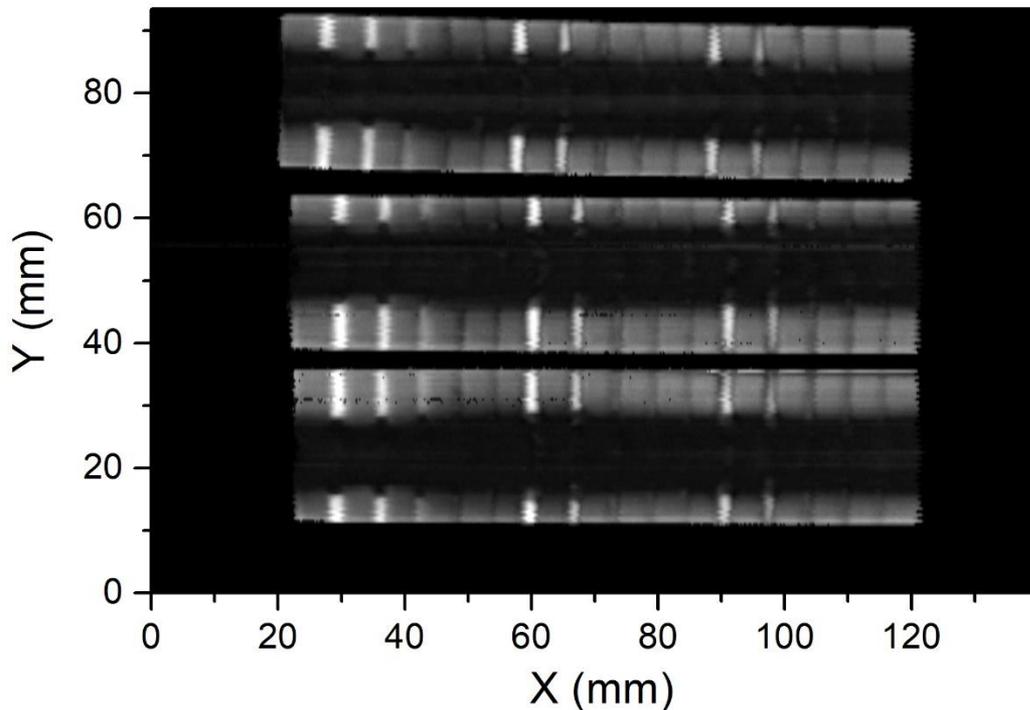
*Studied Depth (21 – 27 ps)
Bottom of the grooves*



Black part before welding

Black part before welding

Amplitude V/m



- **Lines are filled in the welding area**
- **No line deformation on the bottom of the groove**

Same acquisition and data set

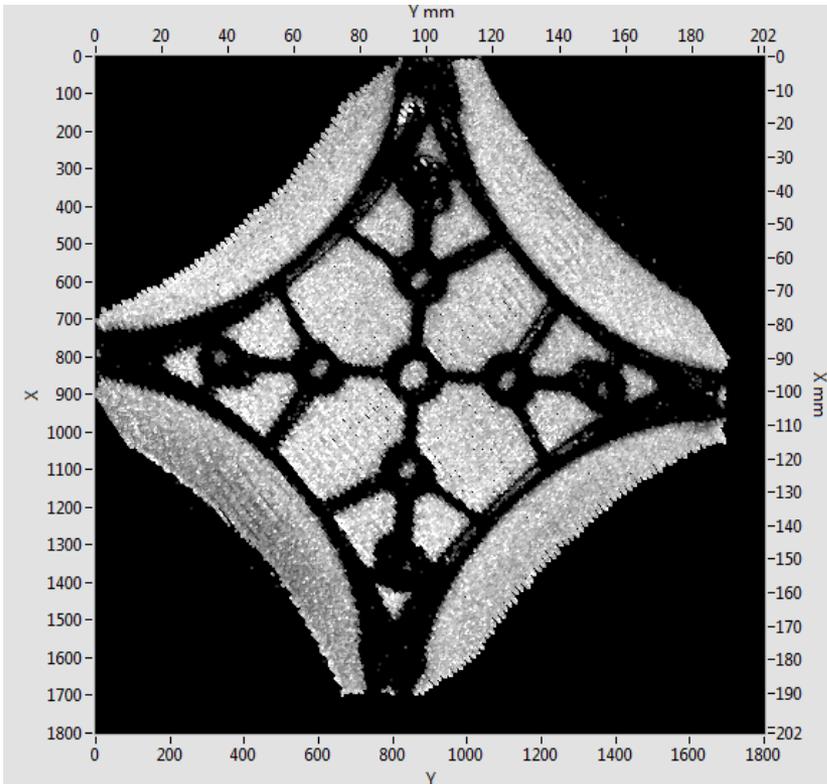
Vorbereitung Inline Kontrolle der Deko-Schale

Einrichtung des Messtands, erste Ergebnisse:

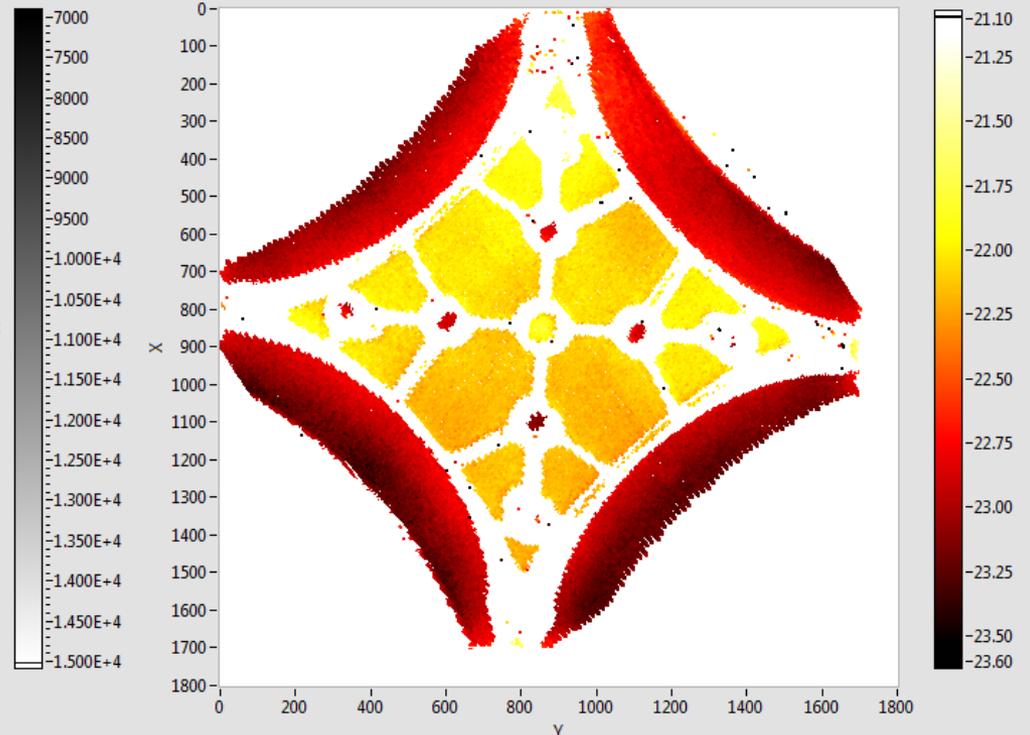
Dekoschale, MuCell « standard » (produziert während Einfahren)



Analyse des Rückseiten-Reflexes



Flugzeit zwischen Vorder- und Rückseite (ps)



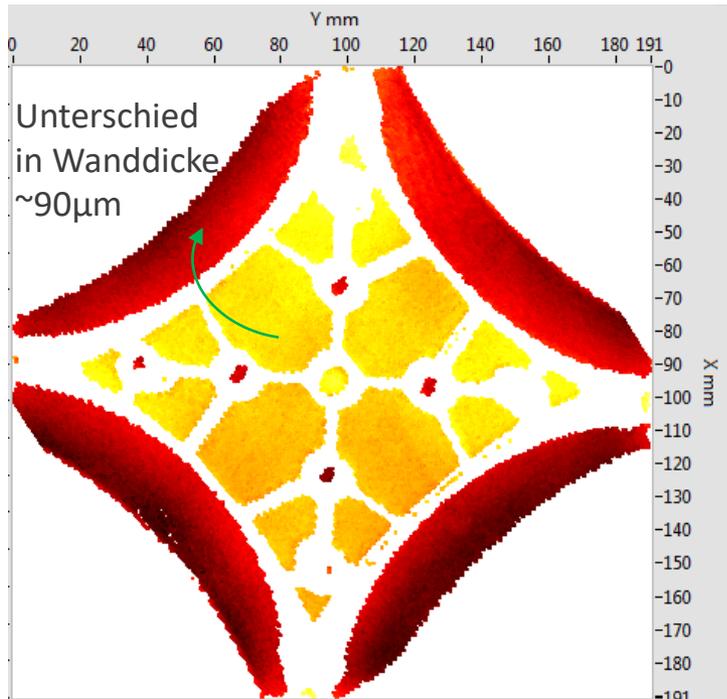
Vorbereitung Inline Kontrolle der Deko-Schale

Einrichtung des Messtands, erste Ergebnisse:

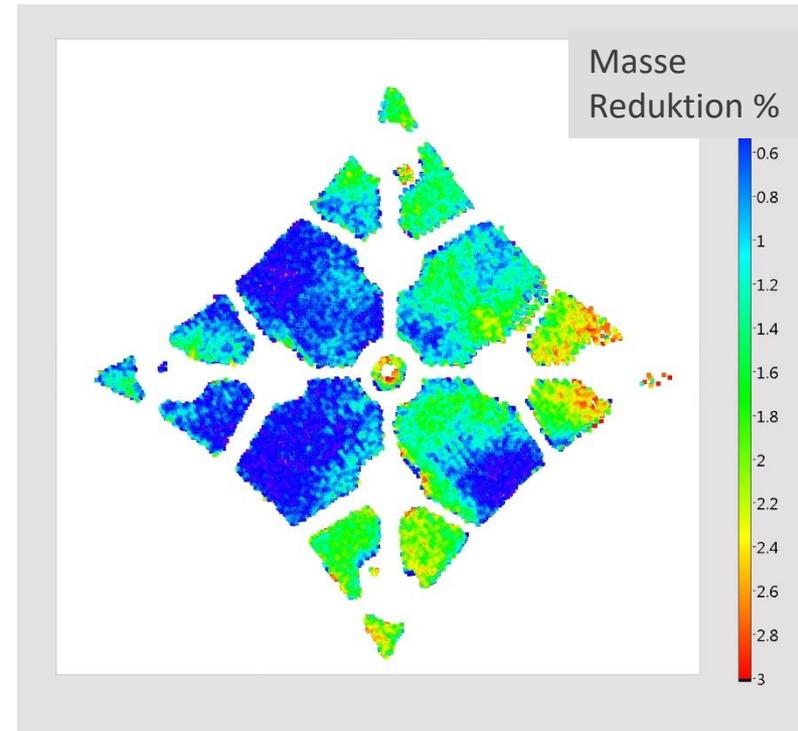
Dekoschale, MuCell « standard » (produziert während Einfahren)



Flugzeit zwischen Vorder- und Rückseite (ps)



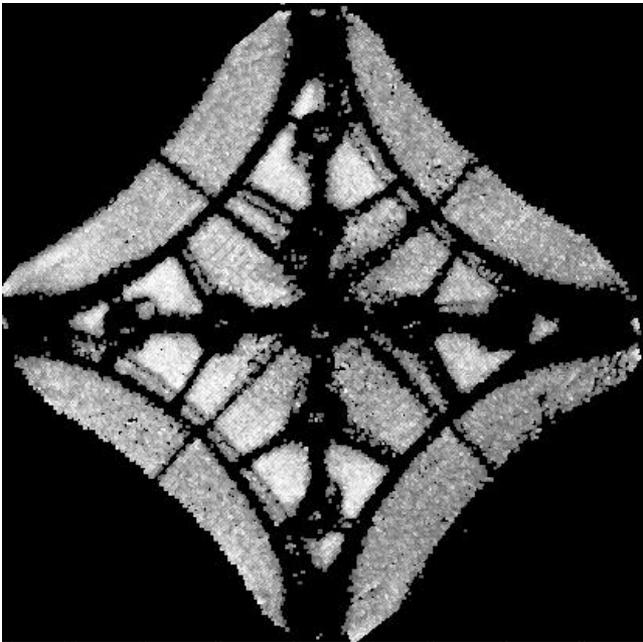
Massereduktion %



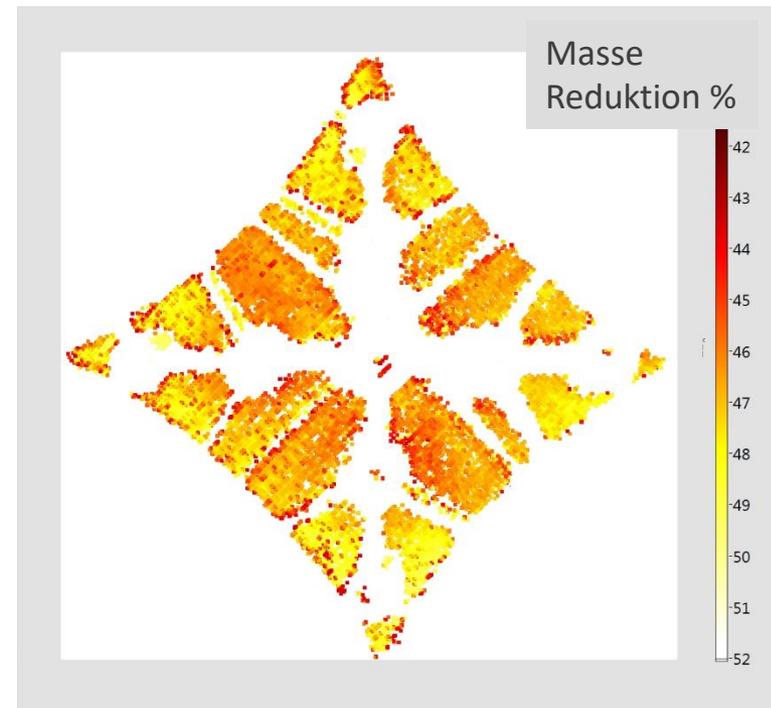
Vorbereitung Inline Kontrolle der Deko-Schale

Dekoschale, MuCell, mit Negativprägungen, aufgezogen zur Erhöhung der Wanddicke und des Schaumgrads

Analyse des Rückseiten-Reflexes



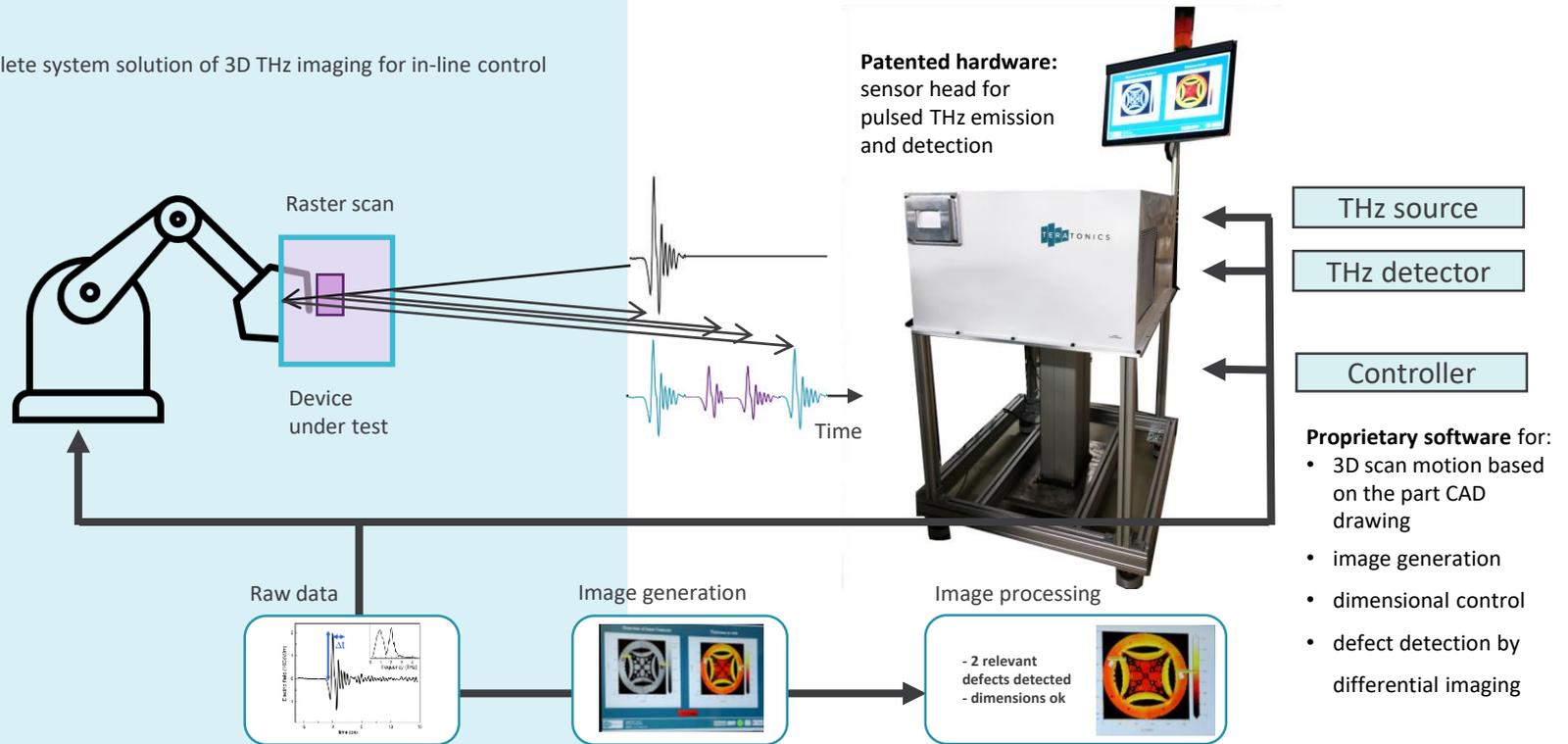
Massereduktion %



PRODUCT ARCHITECTURE

STRIPP Control

Complete system solution of 3D THz imaging for in-line control



TERATONICS STRIPP CONTROL

System architecture

