

Zwick testXpo 2019

## Optische 3D Messtechnik zur Materialkennwertermittlung und Deformationsanalyse in der Bauteilprüfung

GOM GmbH | Oktober 2019



# GOM Hauptsitz



Gegründet 1990

Entwicklung, Produktion und Verwaltung in Braunschweig, Deutschland

Entwicklung, Vertrieb und Support optischer Messsysteme

# GOM Messtechnik-Netzwerk



8 eigene Niederlassungen der GOM Gruppe  
600 Mitarbeiter in der GOM Gruppe

Mit Vertriebspartnern:  
60 Vertriebsstandorte Weltweit  
1.200 Mitarbeiter im GOM Netzwerk

# GOM – Kunden (Auszug)



## **Automobilhersteller**

Audi, Avtovaz, Bentley, BMW, Chrysler, Daihatsu Motor, Daimler, Fiat, Ford, GM, Honda, Hyundai, Isuzu, Jaguar, Kia, Land Rover, McLaren, Modenas, NAZA, Nissan, Opel, Porsche, PSA, Renault, Seat, Skoda, Subaru, Suzuki, Tata Motors, Toyota, VW, Volvo, Temsa, ...

## **Automobilzulieferer**

Automotive Lighting, Batz, Bertrandt, Bosch, Bombardier, Bridgestone, Carcoustics, DAAZ, Dräxlmaier, Faurecia, Georg Fischer, Gienanth, Goodyear, Hella, Johnson Controls, Kautex Textron, Michelin, Nothelfer, Pininfarina, Siemens, Thule, ThyssenKrupp, ZF Sachs, ...

## **Luftfahrt**

Airbus, Air Force Research Labs, Aselsan, Boeing, Cessna, Chrom Alloy, DLR, DNV, EADS, Eurocopter, FAA, FOI, Goodrich, Gorbynov Aviation, Hansen Transmissions, Hydro, IMPO, JAXA, Lockheed Martin, NASA, NLR, Northrop Grumman, ONERA, Vulcan Air, VZLÚ, ...

Über 17.000 Systeminstallationen weltweit

## **Turbinenhersteller**

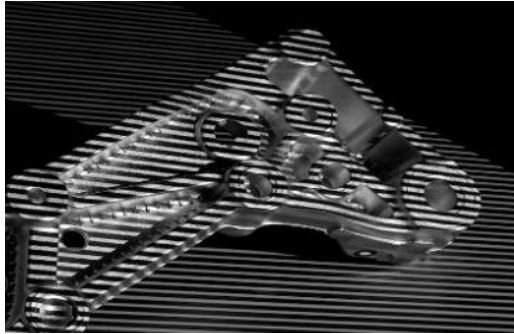
ABB Turbo systems, Alstom, Aviadvigatel, BTL, Chromalloy, Elbar Sulzer, E.ON, GKN, Gorbynov Aviation, Honeywell, Howmet, IMA Dresden, MTU, Pratt & Whitney, Rolls Royce, Salut, Saturn, Siemens PG, Snecma, Solar Turbines, Triumph, Turbine Services, ...

## **Konsumgüter**

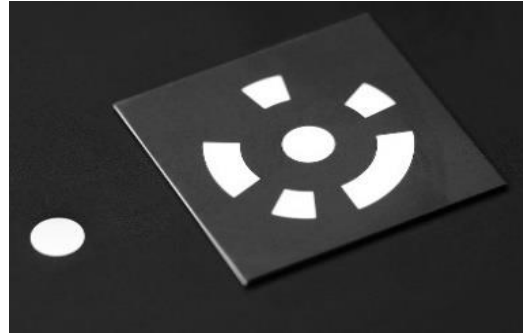
Adidas, Asics, ASUS, Blaupunkt, Bosch, Braun, Ching Luh Shoes, Ecco, FisherPrice, Foxconn, Fuji, Gillette, Greenpoint, Hilti, Lego, LG Electronic, Mattel, Microsoft, Motorola, Nautor, Nike, Nokia, Philips, Reebok, Samsung, SANYO, Siemens, Sony, Stihl, Villeroy+Boch, Walt Disney, ...

## **Zulieferindustrie**

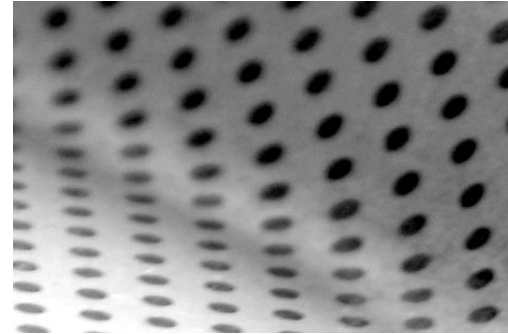
ACTech, Alfa Laval, Alcan (Alusuisse), Arcelor, BASF, Bayer, Corning, DuPont, EXXON, Hydro (VAW), Pierburg Kolbenschmidt, Salzgitter, Shell, Tata Steel, Thyssen Krupp, Thyssen Nirosta, Tokai Rubber Industries, Voest Alpine Stahl, ...



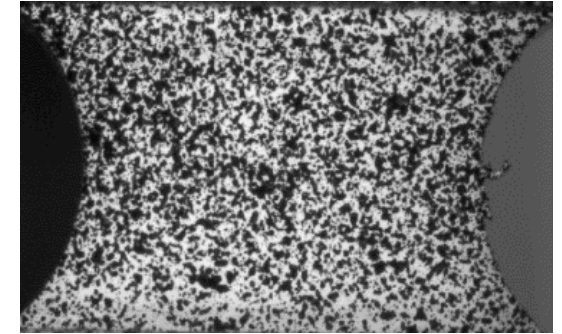
Projizierte Muster



Punktmarken



Regelmäßige Punktmuster



Stochastische Muster

Digitale Bildverarbeitung  
3D-Koordinatenmesstechnik

Anwendungen z.B.:

- Material und Bauteilprüfung
- Materialkennwerte
- 3D Formerfassung
- Qualitätssicherung Automatisierung

# Messsysteme



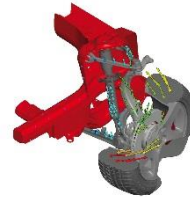
**ATOS**  
Flächenhaftes  
3D Scannen



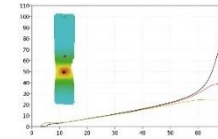
**TRITOP**  
Mobiles  
optisches CMM



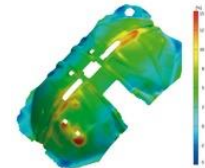
**PONTOS Live**  
Bauteilpositionierung



**ARAMIS**  
3D-Bewegungs- und  
Verformungsanalyse



**ARGUS**  
Optische  
Formänderungsanalyse

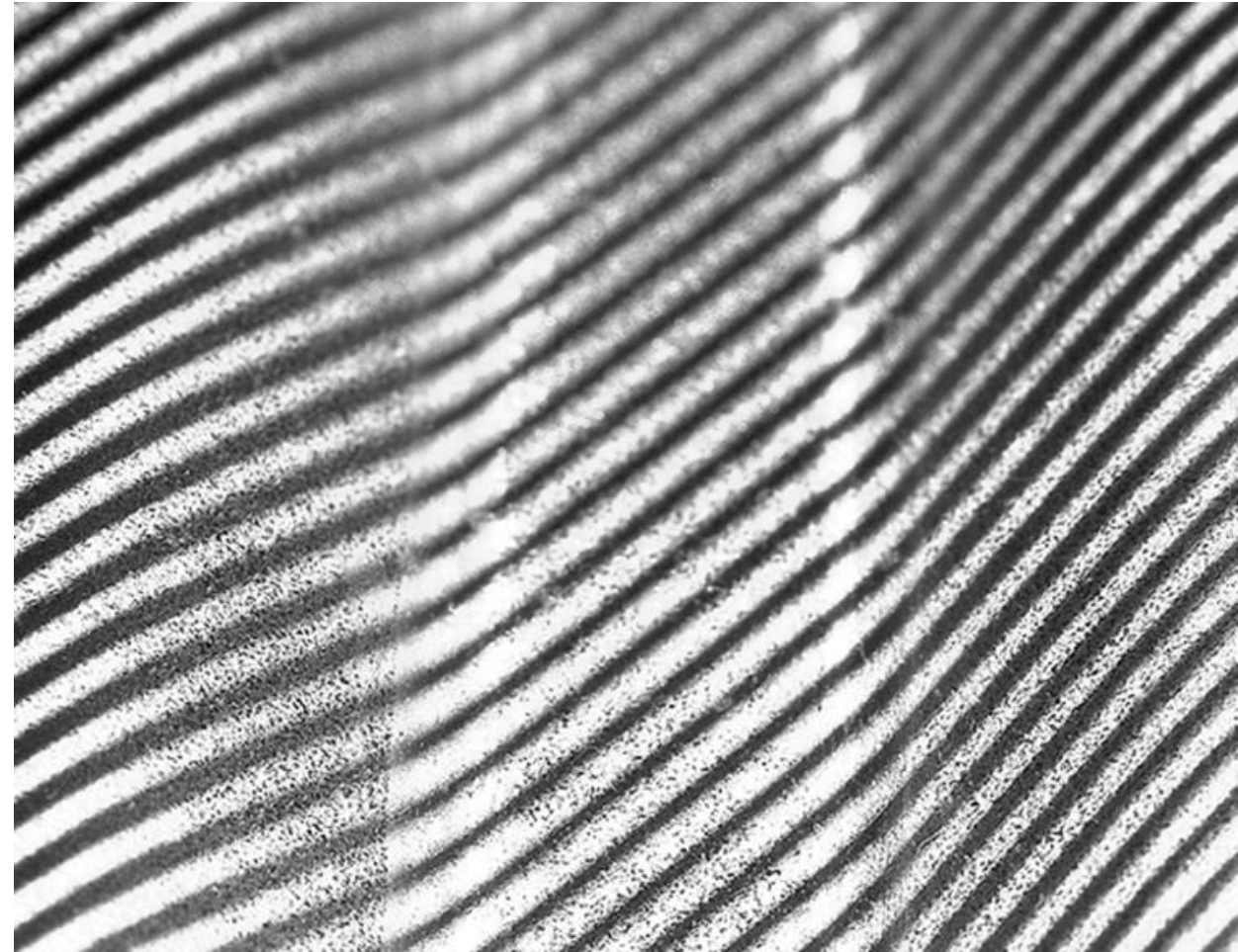


GOM Inspect



GOM Correlate

## ATOS – 3D Digitalisierung



# ATOS - 3D Digitalisierung

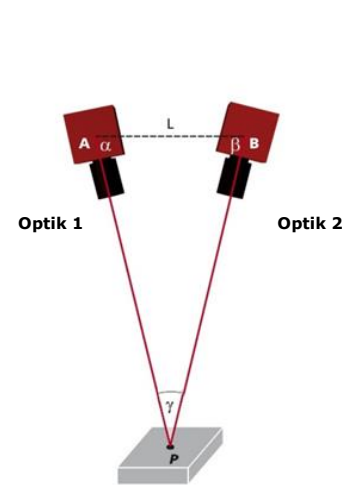
## Messprinzip

Stereo Kamera Setup mit Lichtprojektor:

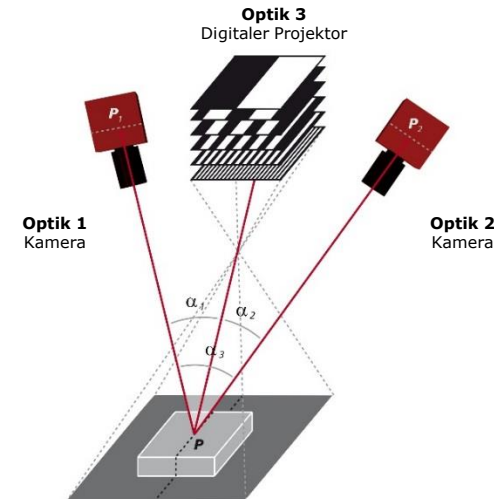
- Für jede Pixel einer Kamera wird eine 3D Koordinate berechnet
- Flächenhafte Koordinatenerfassung

Kombination mit Photogrammetrie:

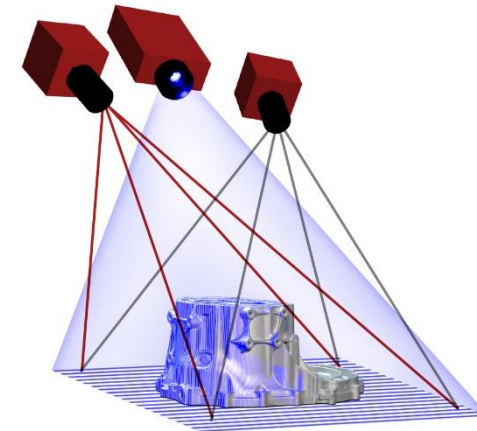
- Automatische Kombination mehrerer Messansichten
- es entsteht eine vollständige Oberfläche



Triangulationsprinzip



Streifenprojektionstechnik



Streifenprojektion für vollflächige 3D Oberflächenerfassung



# Die 3D-Scanner der Baureihe ATOS



ATOS Core



ATOS Compact Scan



ATOS Triple Scan



ATOS Capsule



ATOS Compact Scan 12M



ATOS 5



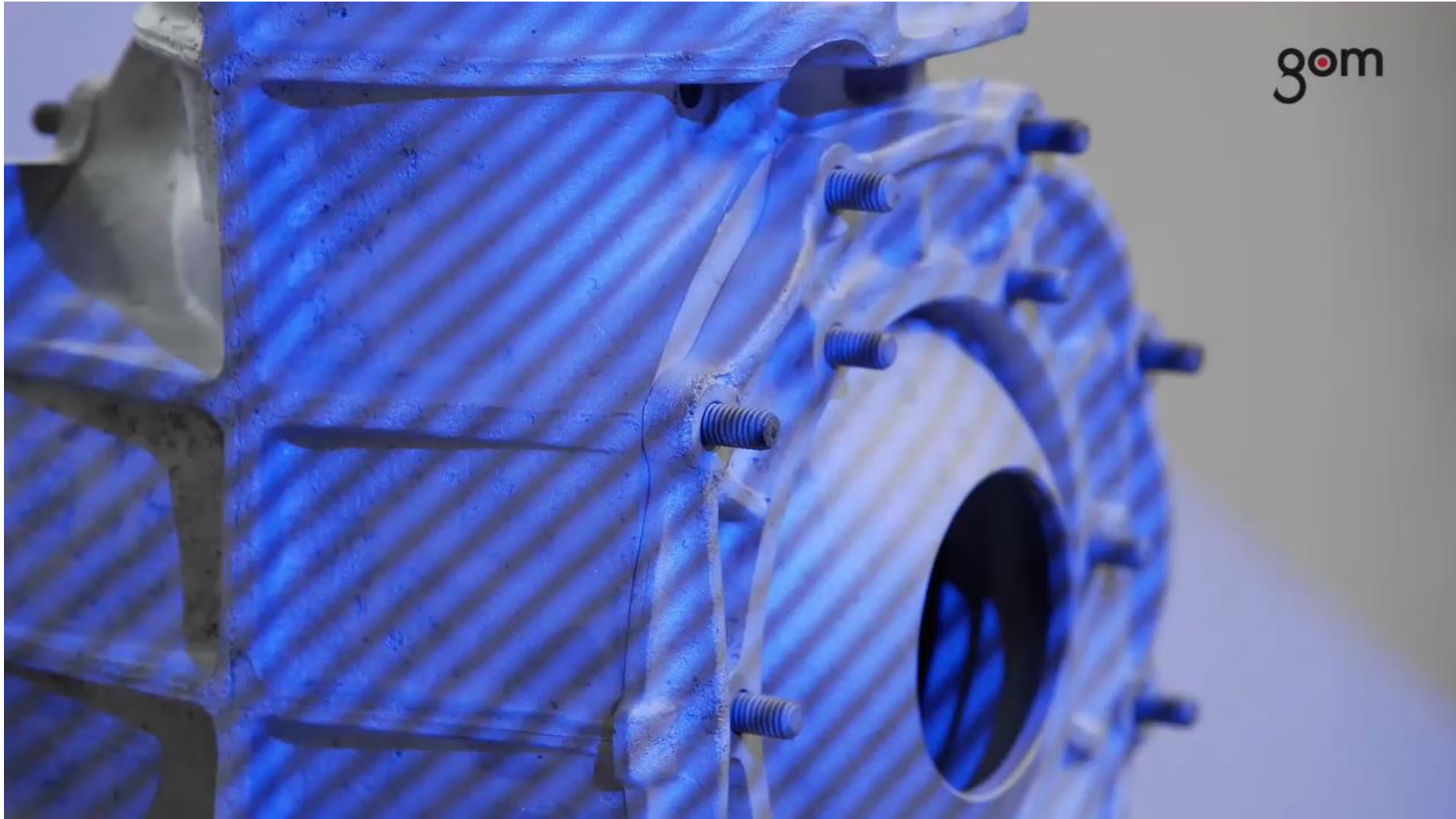
ATOS 5X

Optische 3D-Messtechnik und vollflächige Bauteilmessungen sind heute Standard in fast allen Industriezweigen weltweit. ATOS Messsysteme liefern mit ihrer Hard- und Software präzise Messergebnisse für industrielle Anwendungen.

- Form- und Maßanalyse
- Präzise 3D-Koordinaten
- Flächenhafte Abweichungen zum CAD
- Messberichte

ATOS

gom

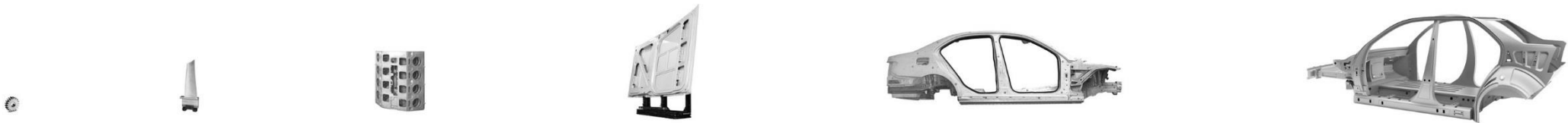


# ATOS - 3D Digitalisierung – ScanBox Serie



## Automatisierte vollflächige 3D-Messmaschine

- Standardisierte Roboter-Messzelle
- Vollautomatische 3D-Digitalisierung und -Inspektion
- Für verschiedene Bauteilgrößen und Anwendungen
- Für serienbegleitende Qualitätskontrolle



4105



5108



5120



6130



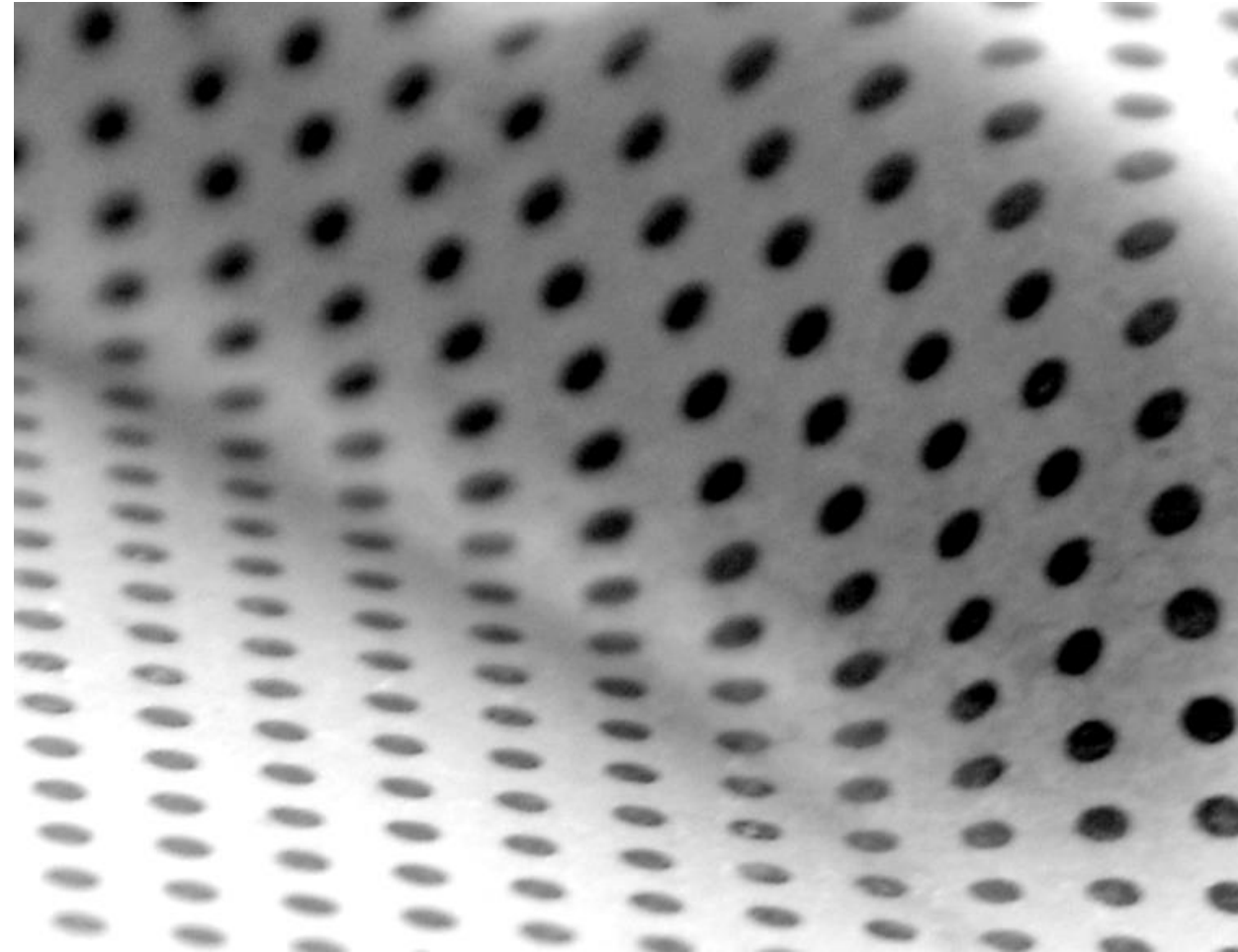
Series 7



Series 8

## ARGUS

### Formänderungsanalyse an Blechteilen



# ARGUS – Formänderungsanalyse an Blechteilen

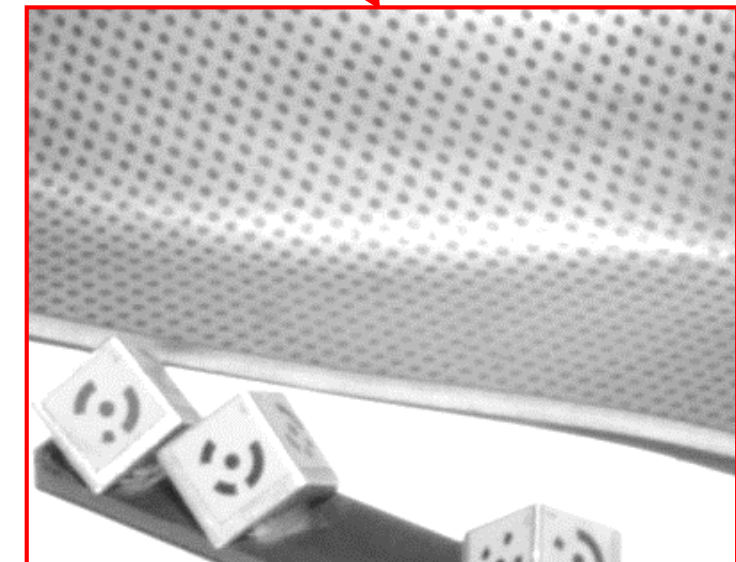
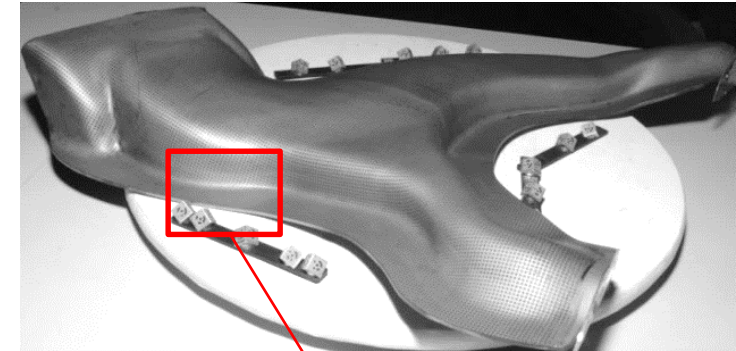
## Messansatz

Ausgangszustand: Regelmäßiges Punktgitter auf ebener Blechoberfläche

Nach Umformung: Verzerrtes Punktgitter

Kodierte Messmerkmale für automatische Berechnung

Fotogrammetrischer Messansatz



# ARGUS – Formänderungsanalyse an Blechteilen

## Messergebnis

Für alle Messpunkte:

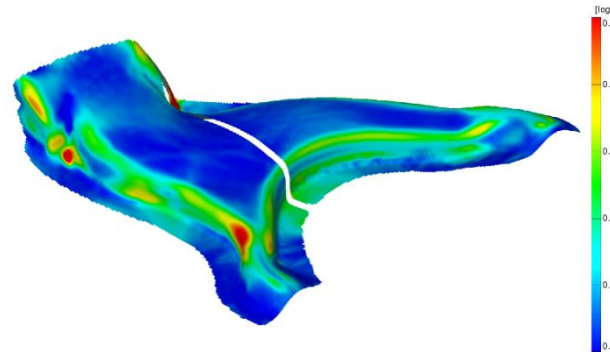
- 3D Koordinaten und Verschiebungen
- Oberflächendehnungstensor
  - **Hauptformänderung**
  - **Nebenformänderung**
  - **Vergleichsdehnung**
  - **Dickenabnahme**
- Dehnung  $x, y, xy$
- Dehnungsrichtungen
- FLD - Grenzformänderungsdiagramm

## Anwendungen

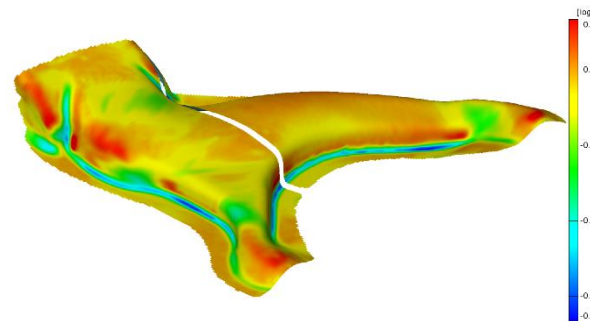
Bewertung des Umformzustandes

- Werkzeug Try-out
- Troubleshooting

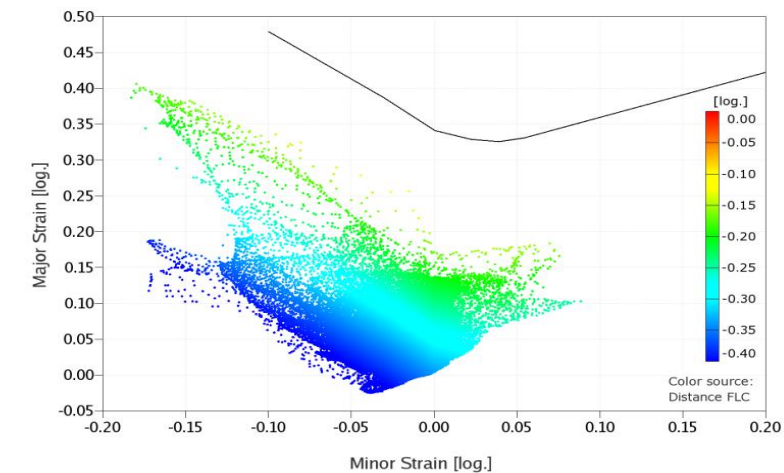
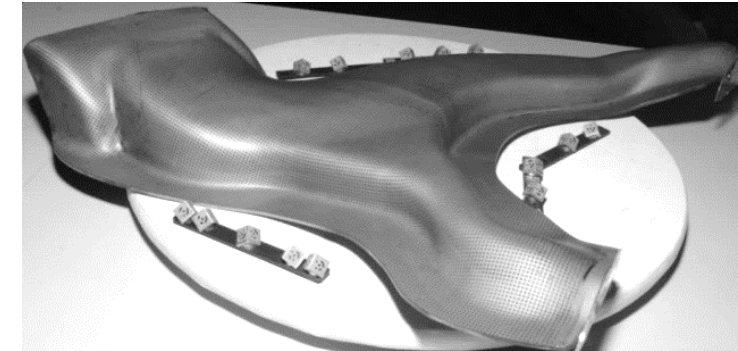
Verifikation von Simulationen



Hauptformänderung

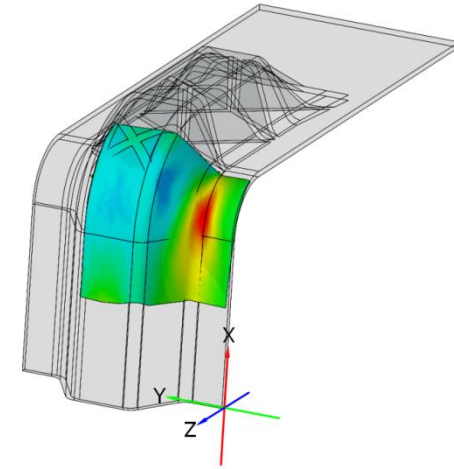
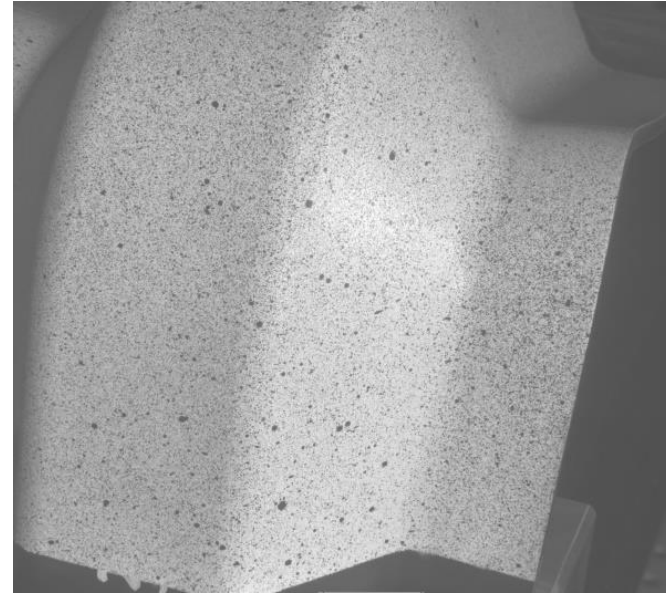


Nebenformänderung



# ARAMIS

3D Bewegungs- und Verformungsanalyse für Material und Bauteilprüfung



# ARAMIS Funktionen



## Digitale Bildkorrelation

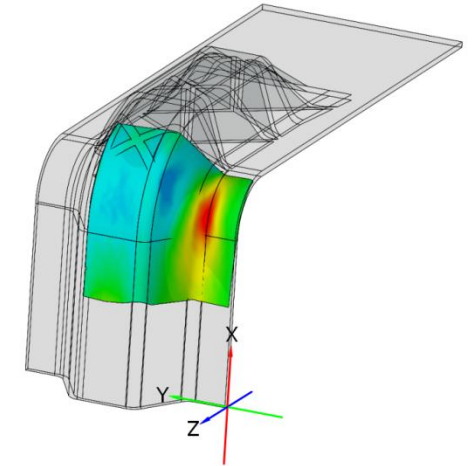
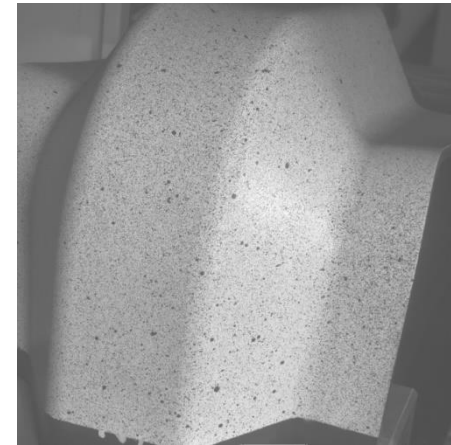
- Vollflächige Auswertung mit Hilfe von stochastischen Mustern

## 3D-Bewegungsanalyse

- Punktuelle Auswertung von Messmarken

## Live Messfunktion

- Auswertung und Ergebnisdarstellung schon während der Messung





# ARAMIS Digitale Bildkorrelation

Muster auf der Probenoberfläche

- Stochastisch oder regelmäßig
- Muster folgt der Deformation der Probe

ARAMIS zeichnet Bildpaare der Probe auf

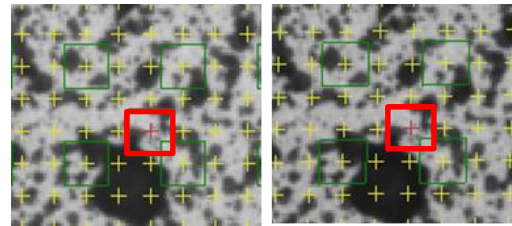
...,1Hz, ... ,100kHz, ... (1MHz)

ARAMIS bestimmt 3D Koordinaten

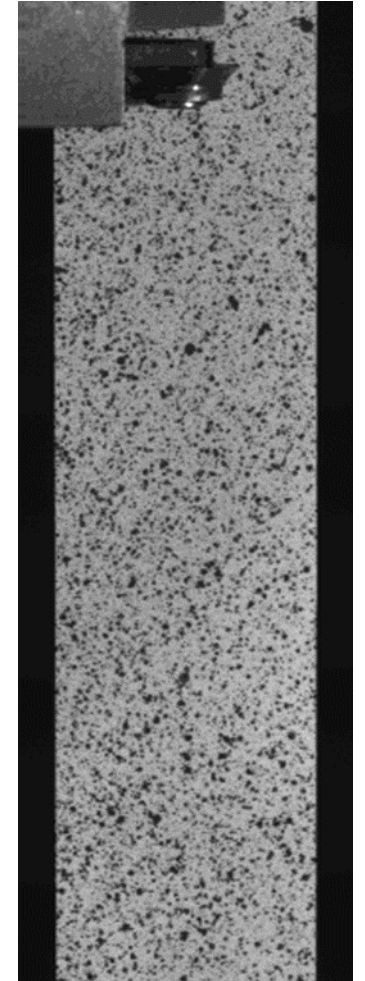
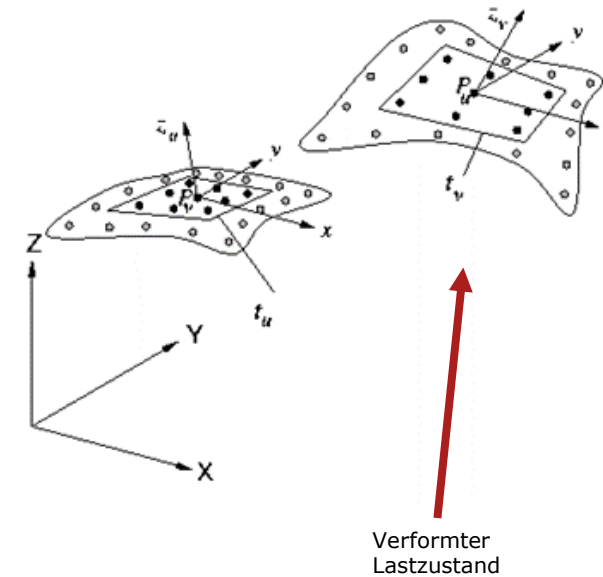
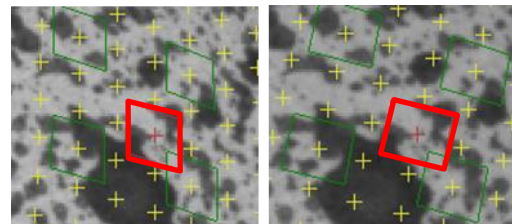
- Das Bild der linken Kamera wird in Facetten aufgeteilt, die Mitte jeder Facette ist der Bezugspunkt
- Diese Facetten werden in allen Bildern berechnet



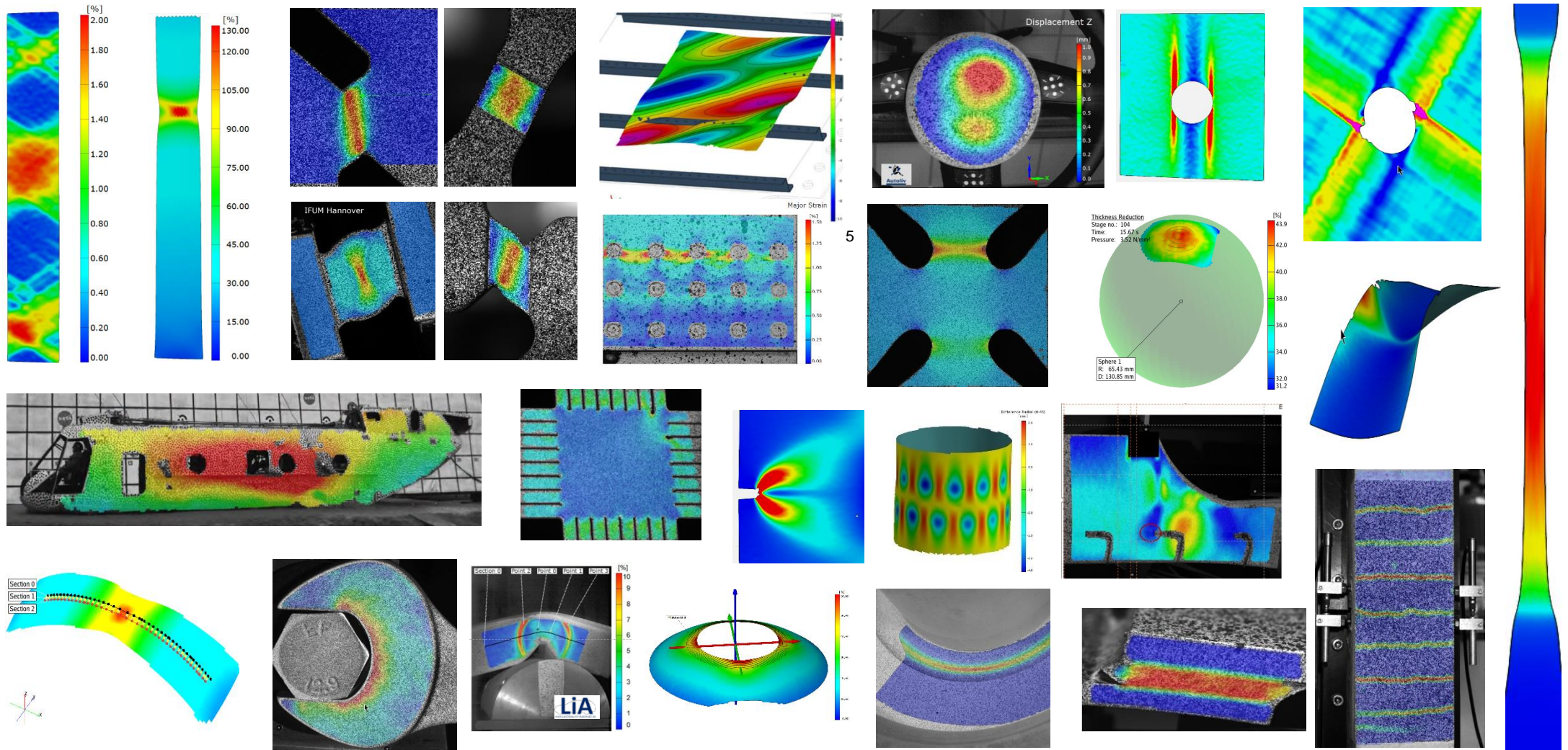
Unverformter Lastzustand



Verformter Lastzustand



# Diverse Anwendungen - ARAMIS



# ARAMIS Sensoren



ARAMIS/ATOS Core



ARAMIS Adjustable Base  
2,3M /12M/ SRX



ARAMIS 3D Camera  
150/300



ARAMIS 3D Camera  
600/1200

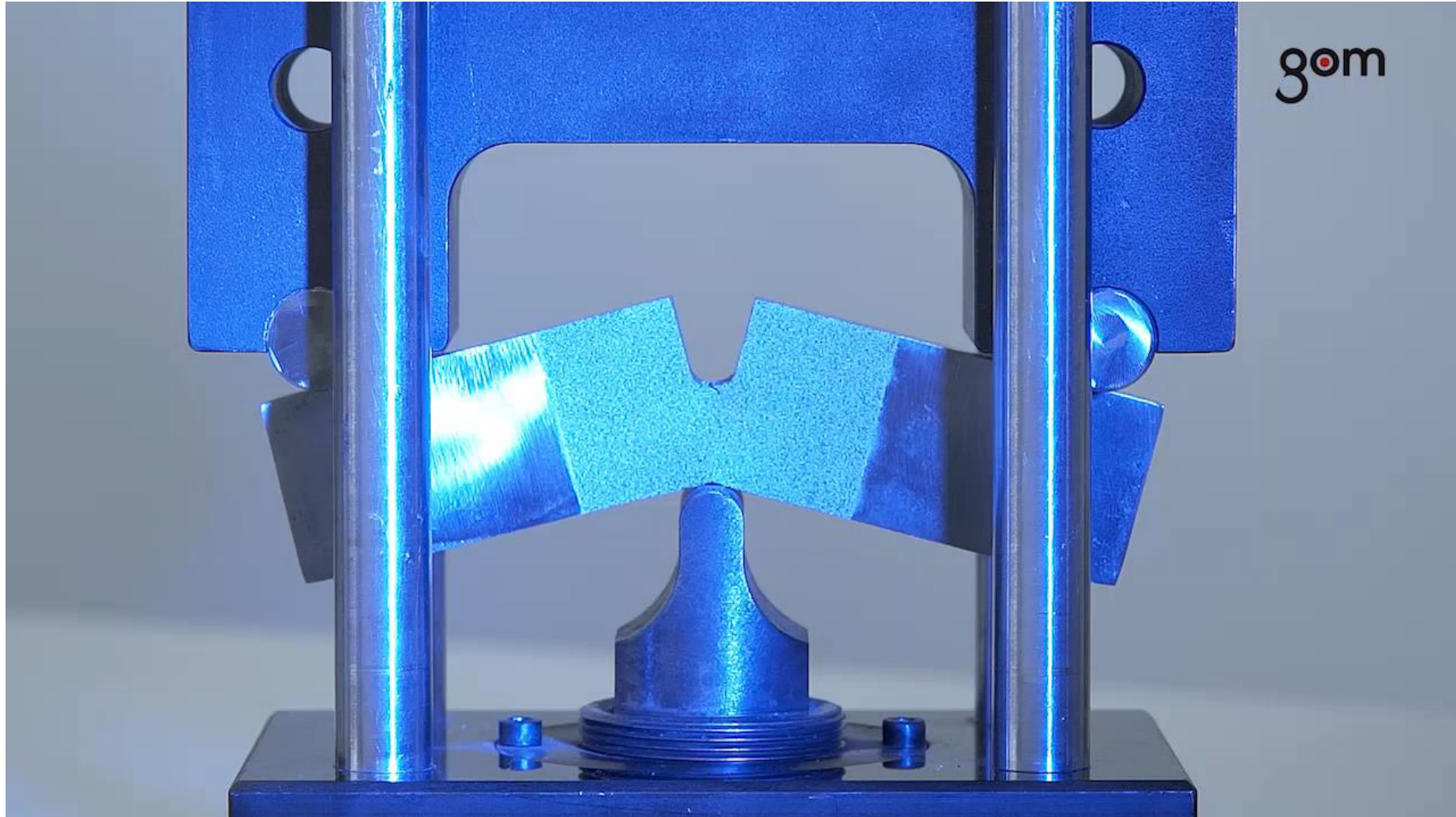


ARAMIS SRX  
180/300

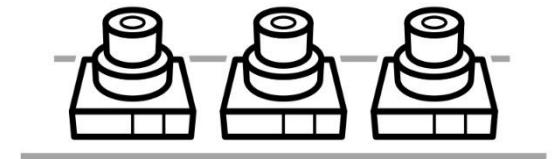
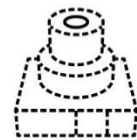
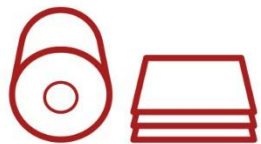
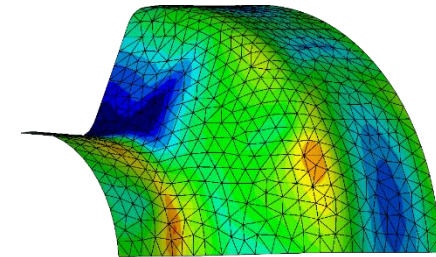
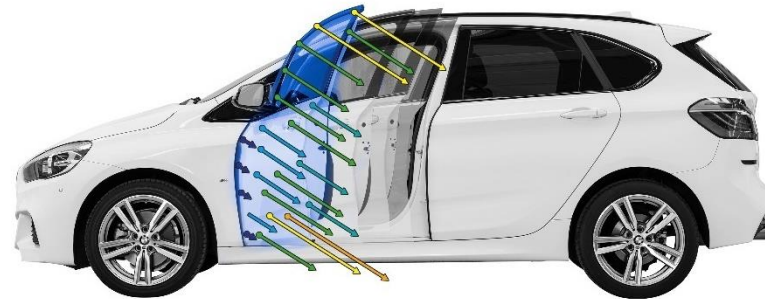
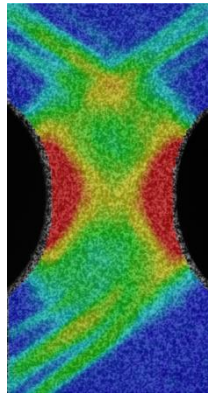


ARAMIS SRX  
600/1200/1600

# ARAMIS Arbeitsablauf



# ARAMIS in der Produktentwicklung



Material-  
eigenschaften

Product  
Design/CAD/  
Simulation

Prototypen-  
fertigung

Prototyp  
Inspektion /  
Testing

Simulation  
Validierung

Produktion /  
Serienprüfung

# ARAMIS in der Produktentwicklung

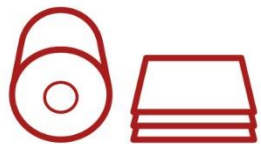
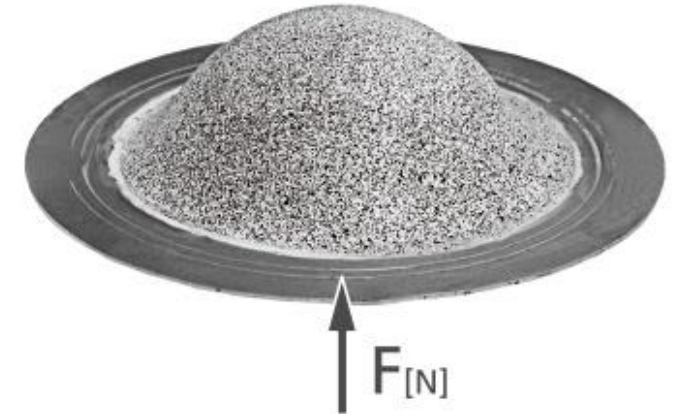
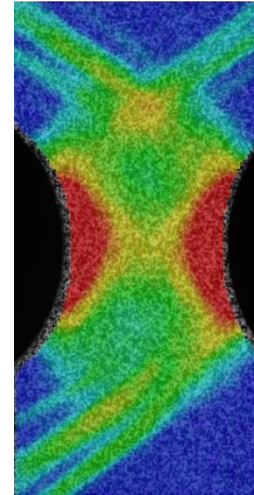


## Materialeigenschaften

Eingabe von Daten für Material Modelle

Umformbarkeit von Blechen

Kantenrissempfindlichkeit



Material-  
eigenschaften



Product  
Design/CAD/  
Simulation



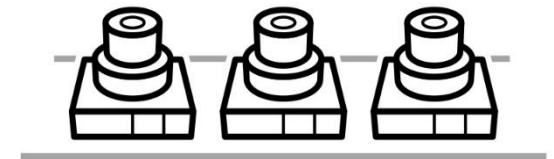
Prototypen-  
fertigung



Prototyp  
Inspektion /  
Testing



Simulation  
Validierung



Produktion /  
Serienprüfung

# Zugversuch mit ARAMIS



# ARAMIS Messergebnisse

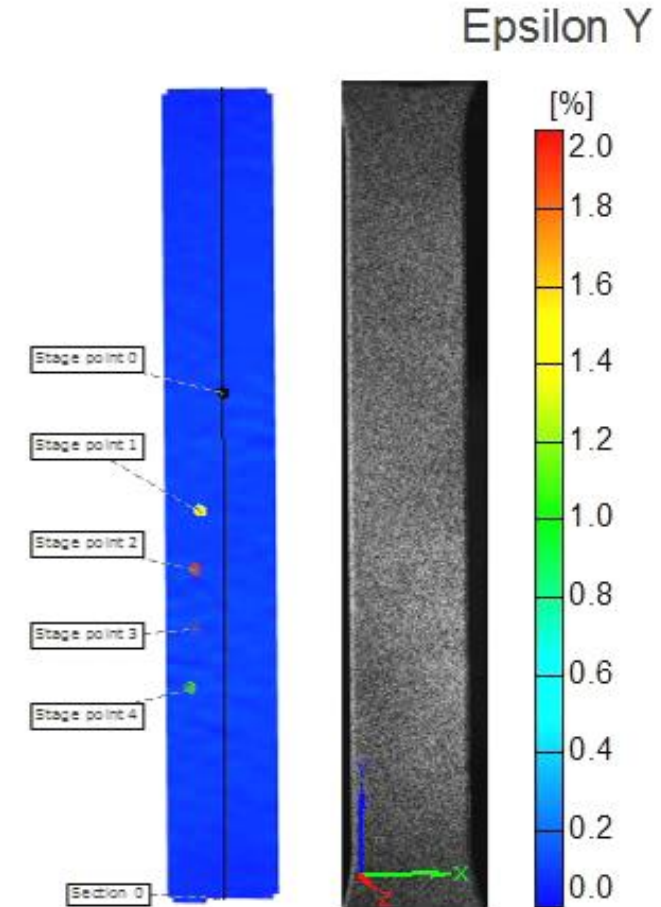
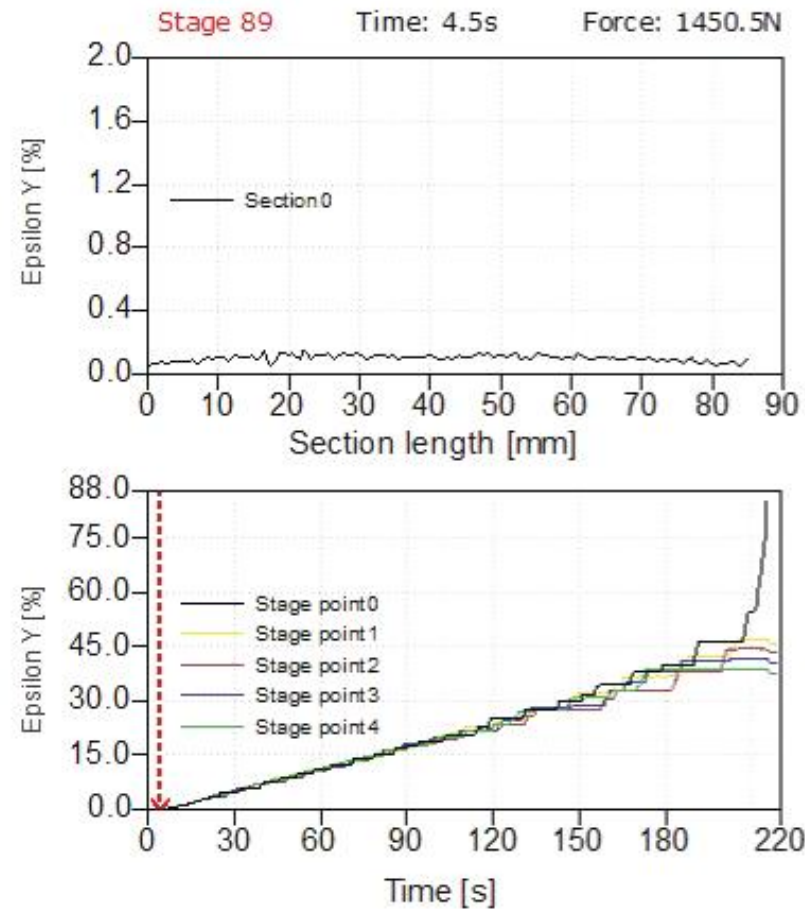
3D Koordinaten  
3D Verschiebungen  
Geschwindigkeiten

## Dehnungen

- Haupt- und Nebenformänderung
- Dehnung in X und Y, Scherung
- Vergleichsdehnung
- Dickenabnahme
- Dehnraten für alle Dehnungen

## Weiterführende Auswertungen

- E-Modul, Fließkurven
- r- und n-Werte, ...
- FLC
- FEA Daten Vergleich





# ARAMIS Messergebnisse

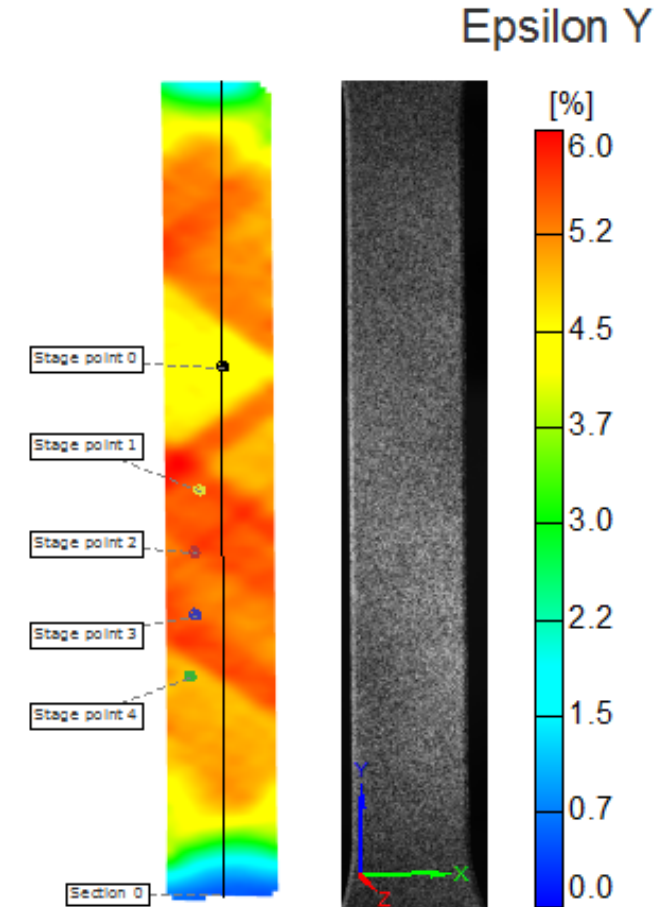
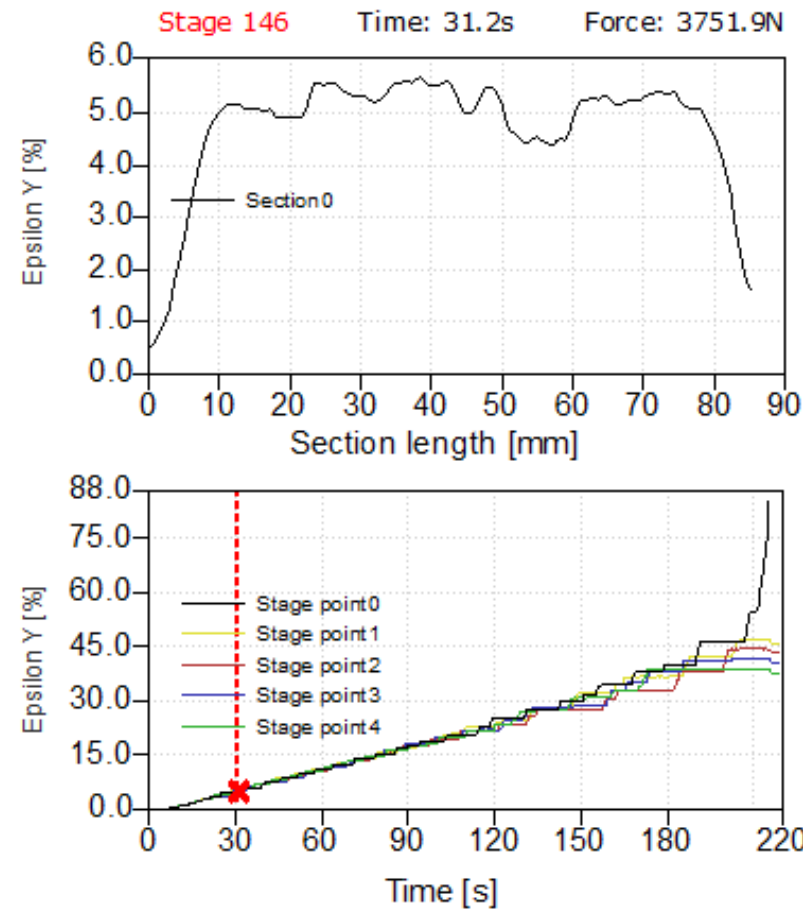
3D Koordinaten  
3D Verschiebungen  
Geschwindigkeiten

## Dehnungen

- Haupt- und Nebenformänderung
- Dehnung in X und Y, Scherung
- Vergleichsdehnung
- Dickenabnahme
- Dehnraten für alle Dehnungen

## Weiterführende Auswertungen

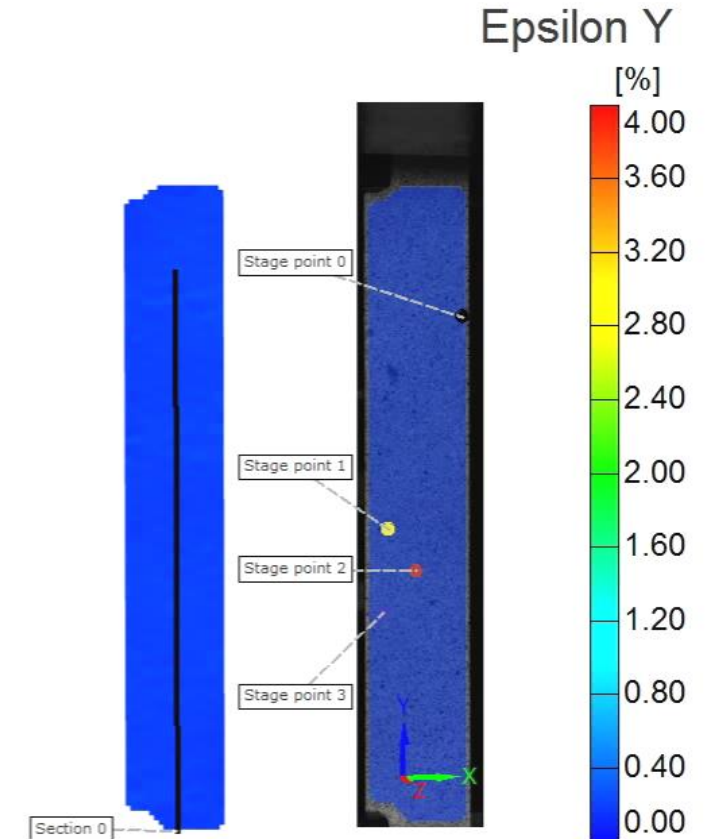
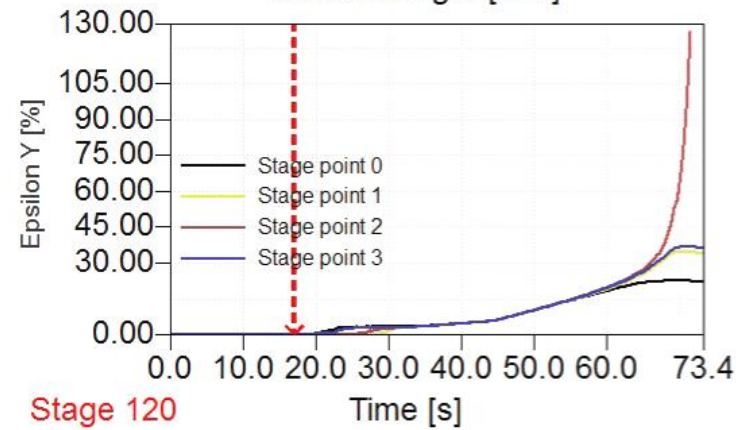
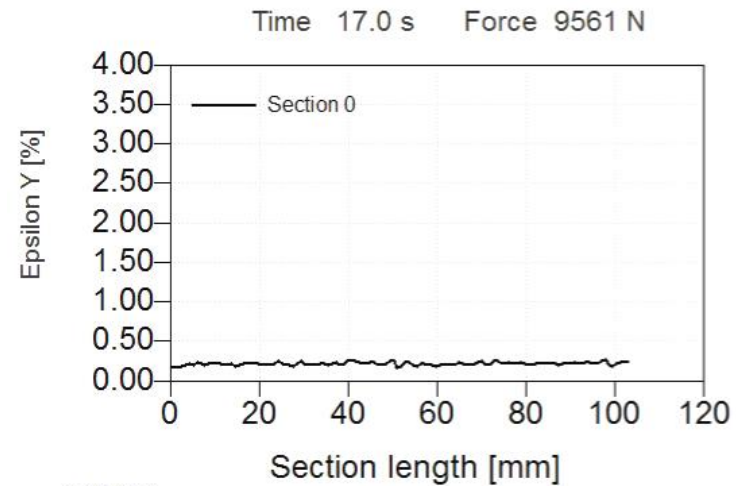
- E-Modul, Fließkurven
- R- und N-Werte, ...
- FLC
- FEA Daten Vergleich



Fließfiguren bei Messing

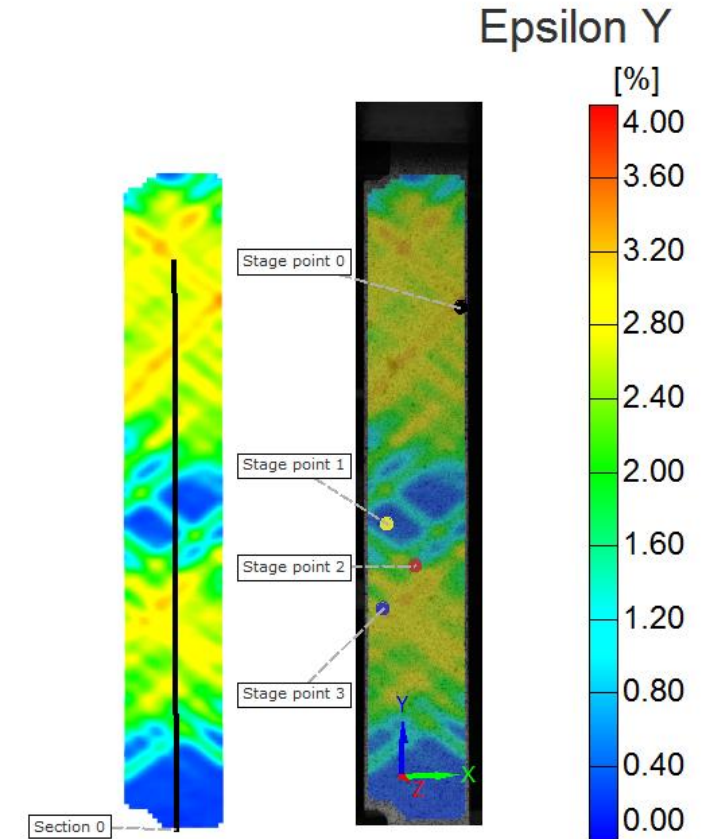
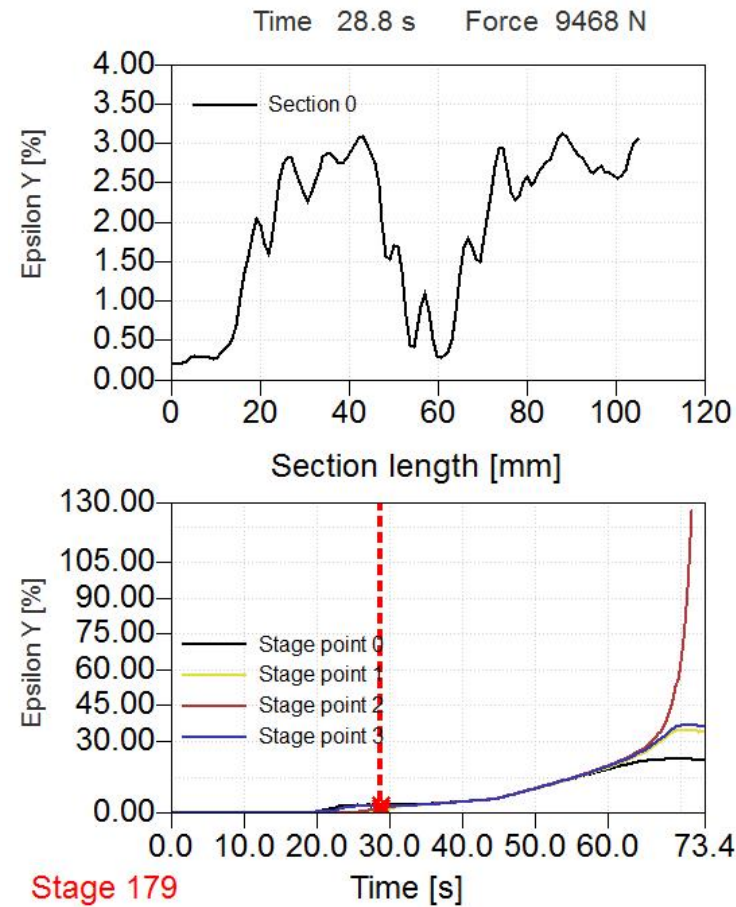
# ARAMIS Zugversuch

Lüdersbänder bei Stahl mit ausgeprägter Streckgrenze



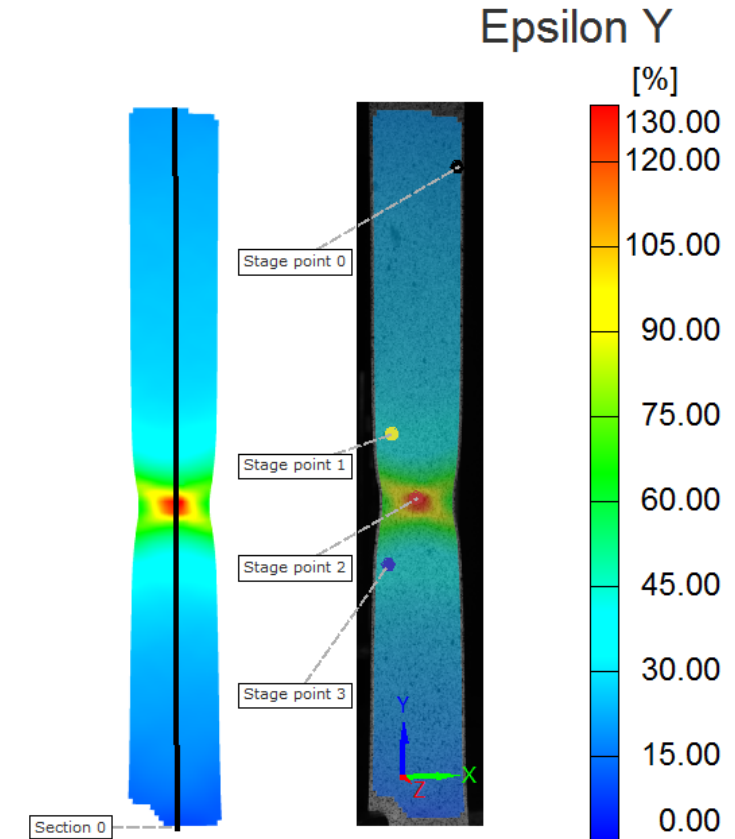
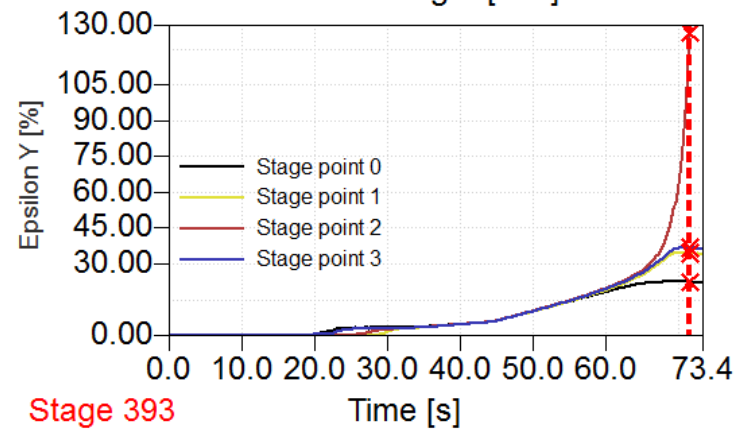
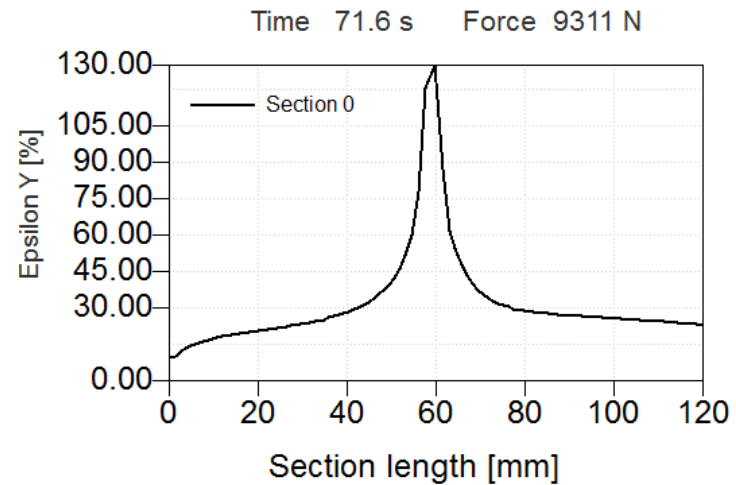
# ARAMIS Zugversuch

Lüdersbänder bei Stahl mit ausgeprägter Streckgrenze



# ARAMIS Zugversuch

Einschnürung und Bruchdehnung bei Stahl



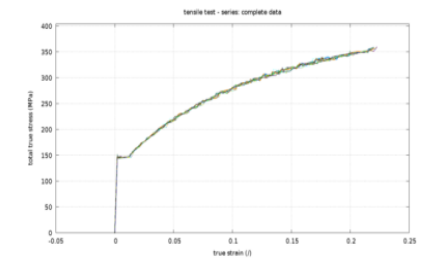
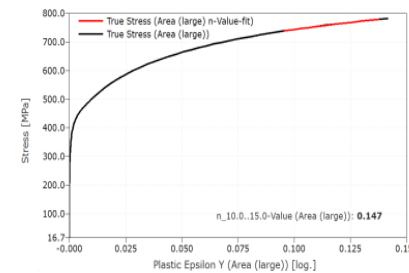
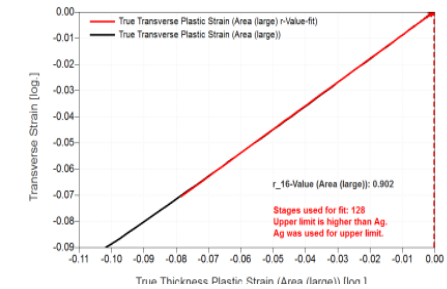
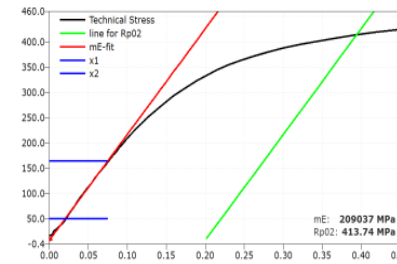
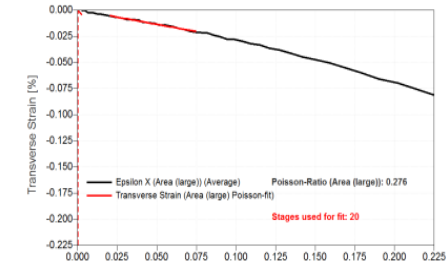
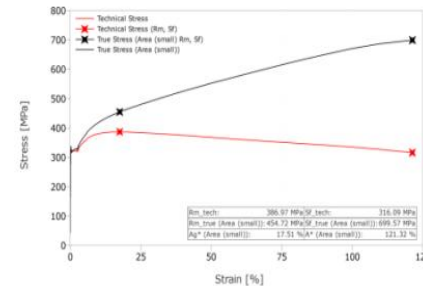
# ARAMIS Zugversuch - Materialkennwerte



Automatische  
Materialkennwertbestimmung  
wie z.B.:

Spannungs – Dehnungskurve

- global und lokal
  - „E-Modul“
  - Querkontraktionszahl
  - **r-Wert**
  - n-Wert
- Scherkennwerte
  - Scherspannung-Scherdehnung
  - Schermodul



# ARAMIS und Thermographie

## Messaufbau

Kombination aus DIC und Thermographie

Für Zugversuche

Stahlproben

Kunststoffproben

Kombinierte Messdaten von Verschiebungen, Dehnungen und Temperatur

Gleichzeitiges Verständnis von mechanischem und thermischem Verhalten von Proben im Belastungszustand



# ARAMIS Feature – Thermomapping

## ARAMIS Messbild

Flächenhaft

- 3D Koordinaten
- Verschiebungen/Dehnungen

Zusätzlich

Bezugspunkte zum Orientieren der Thermographiekamera wie:

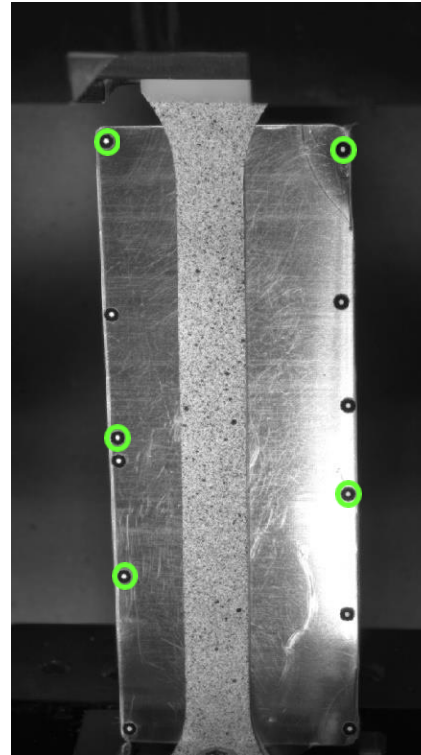
- Körperkanten/Ecken
- Referenzpunkte

Bild der Thermographie Kamera

- Temperaturverteilung
- Bezugspunkte zum Orientieren

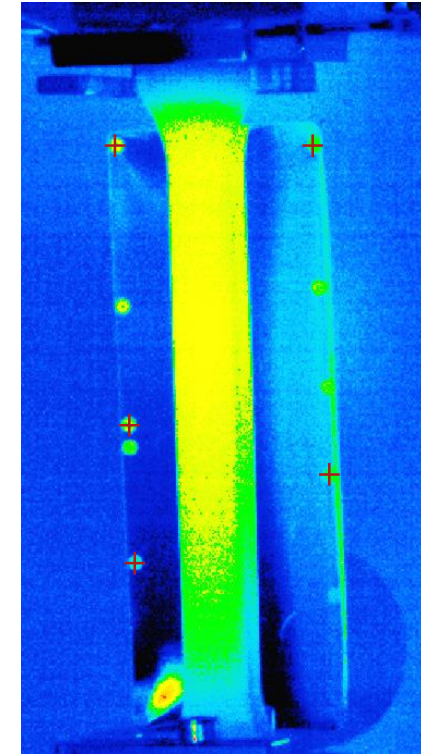
## Beispiel

Zuordnung und Einbinden der Thermographiekamera über Referenzpunkte



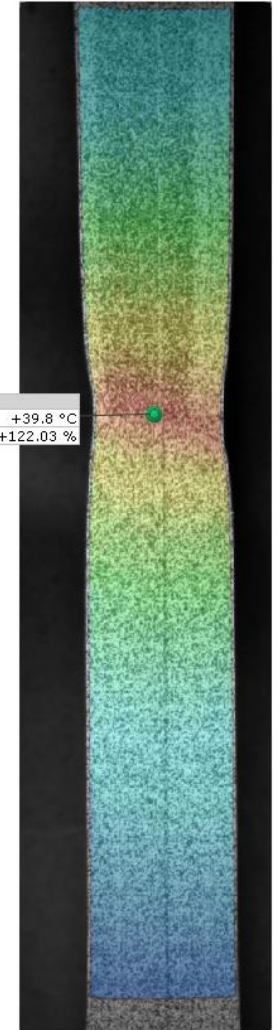
Messbild ARAMIS Kamera

+



Messbild Thermographiekamera

Rissort	
Temperatur (imp)	+39.8 °C
epsY	+122.03 %



→ Ergebnis:  
Dehnungs- und Temperaturwerte  
in der gleichen 3D-Koordinate

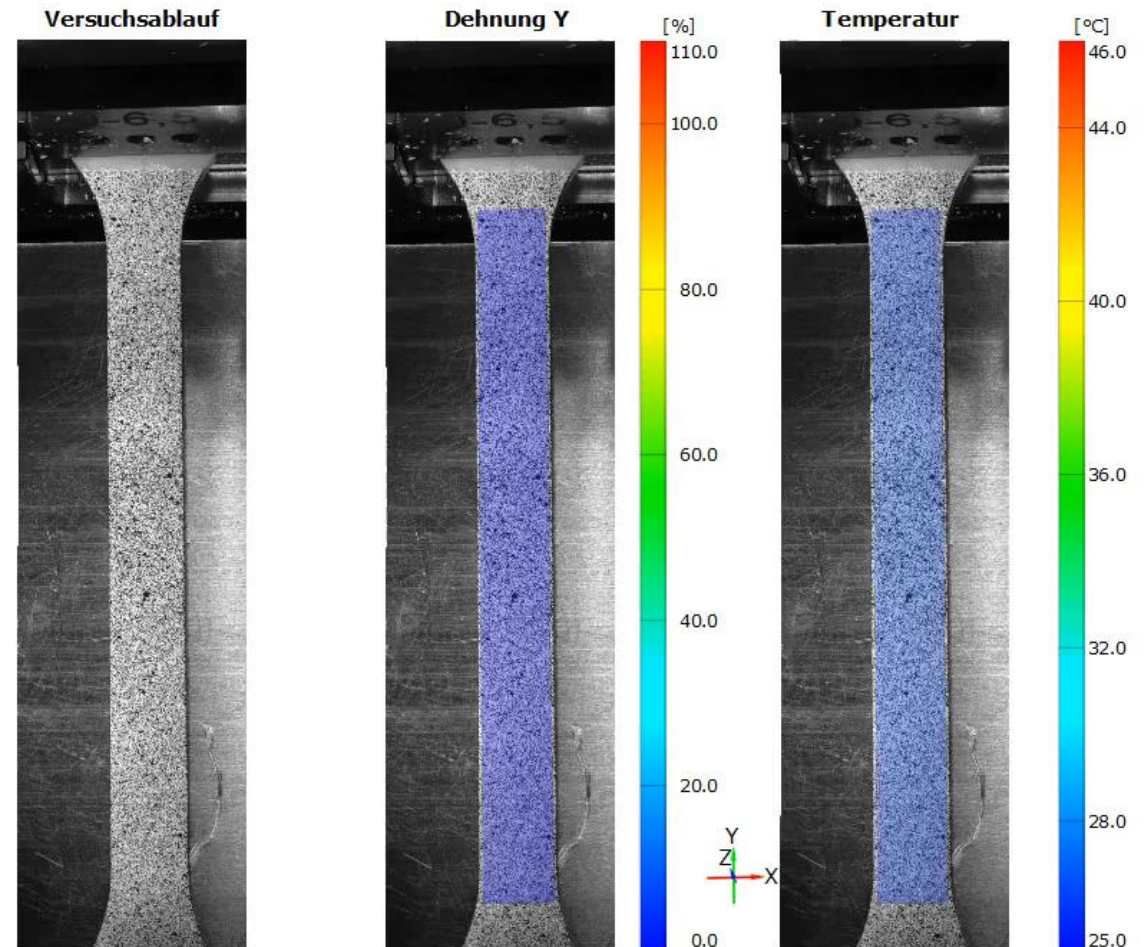
# Anwendungsbeispiel – Zugversuch – Kunststoff

## Probe

- Abmessungen paralleler Bereich: 85x10x4mm<sup>3</sup>
- Material: Kunststoff (Makrolon)

## Messsysteme

- ARAMIS 12M, Messvolumen: 125x90x70mm<sup>3</sup>
- Thermographiekamera: Infratec 8300





# Anwendungsbeispiel – Zugversuch – Kunststoff

## Probe

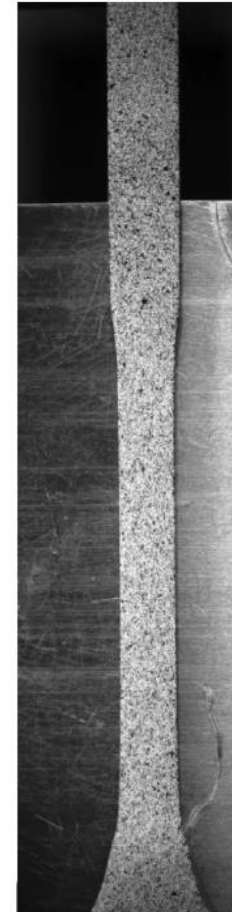
- Abmessungen paralleler Bereich: 85x10x4mm<sup>3</sup>
- Material: Kunststoff (Makrolon)

## Messsysteme

- ARAMIS 12M, Messvolumen: 125x90x70mm<sup>3</sup>
- Thermographiekamera: Infratec 8300

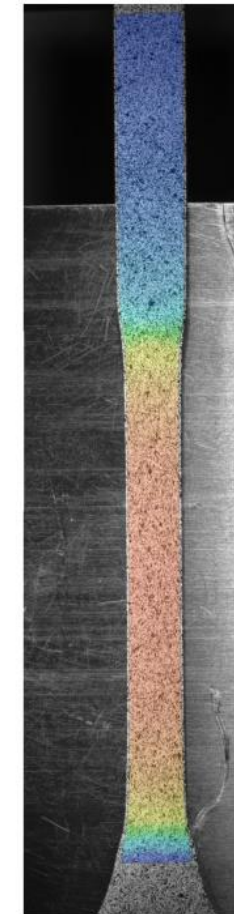
Zeit: 98.0 s  
Stufe: 100

Versuchsablauf

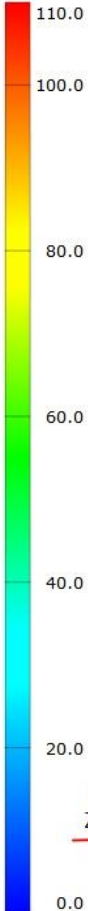


Zeit: 98.0 s  
Stufe: 100

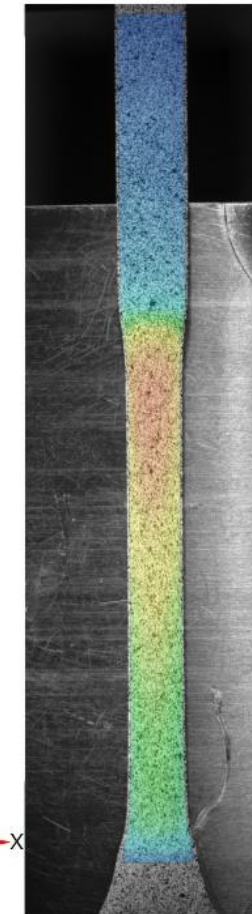
Dehnung Y



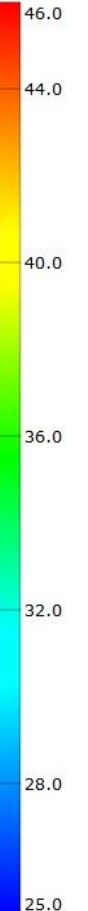
[%]



Temperatur



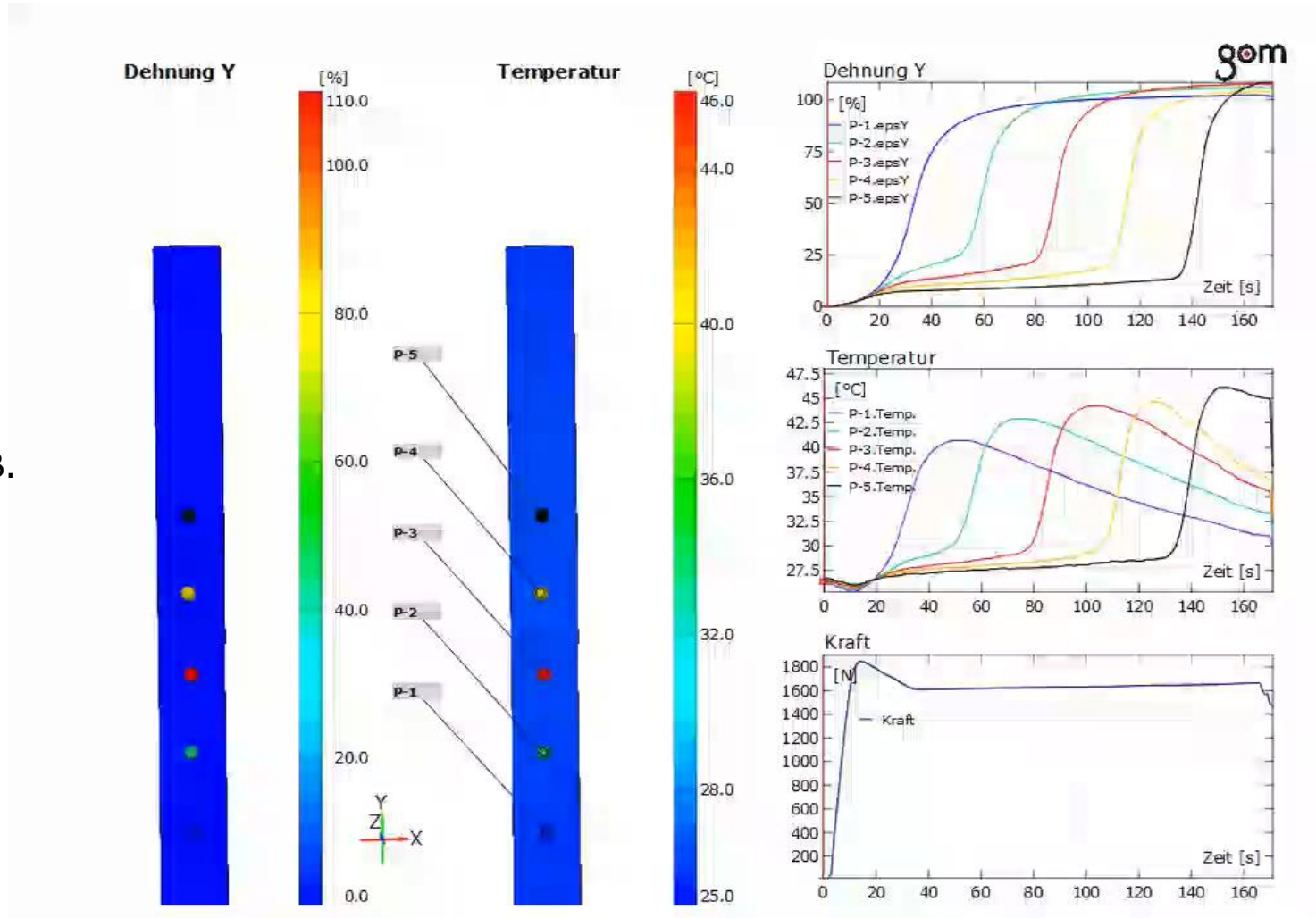
[°C]



# Anwendungsbeispiel – Zugversuch – Kunststoff

Zu Beginn schnürt die Probe im unteren Bereich ein. Hier konzentrieren sich Dehnung und Temperaturwerte.

Im weiteren Verlauf wächst die Einschnürzone weiter nach oben. Die Temperatureausbreitung folgt dem lokalen Dehnungsanstieg, wobei im unteren Bereich die Temperatur schon wieder abfällt (z.B. durch Konvektion, Wärmeleitung, ...)

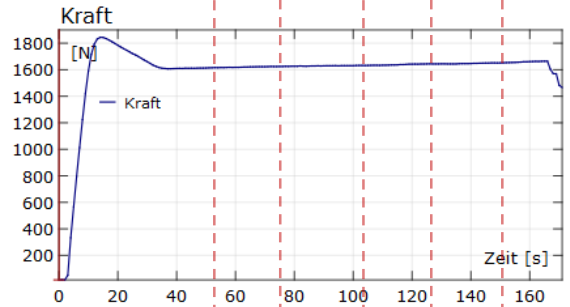
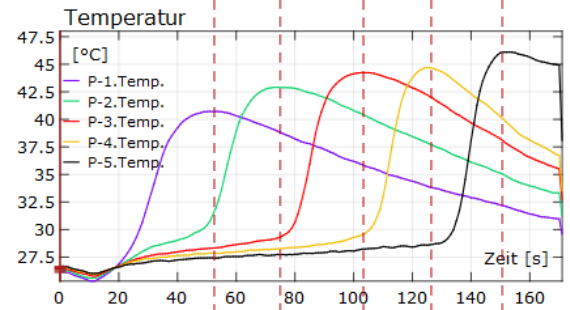
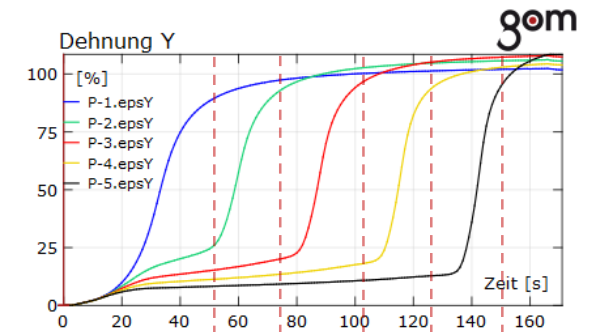
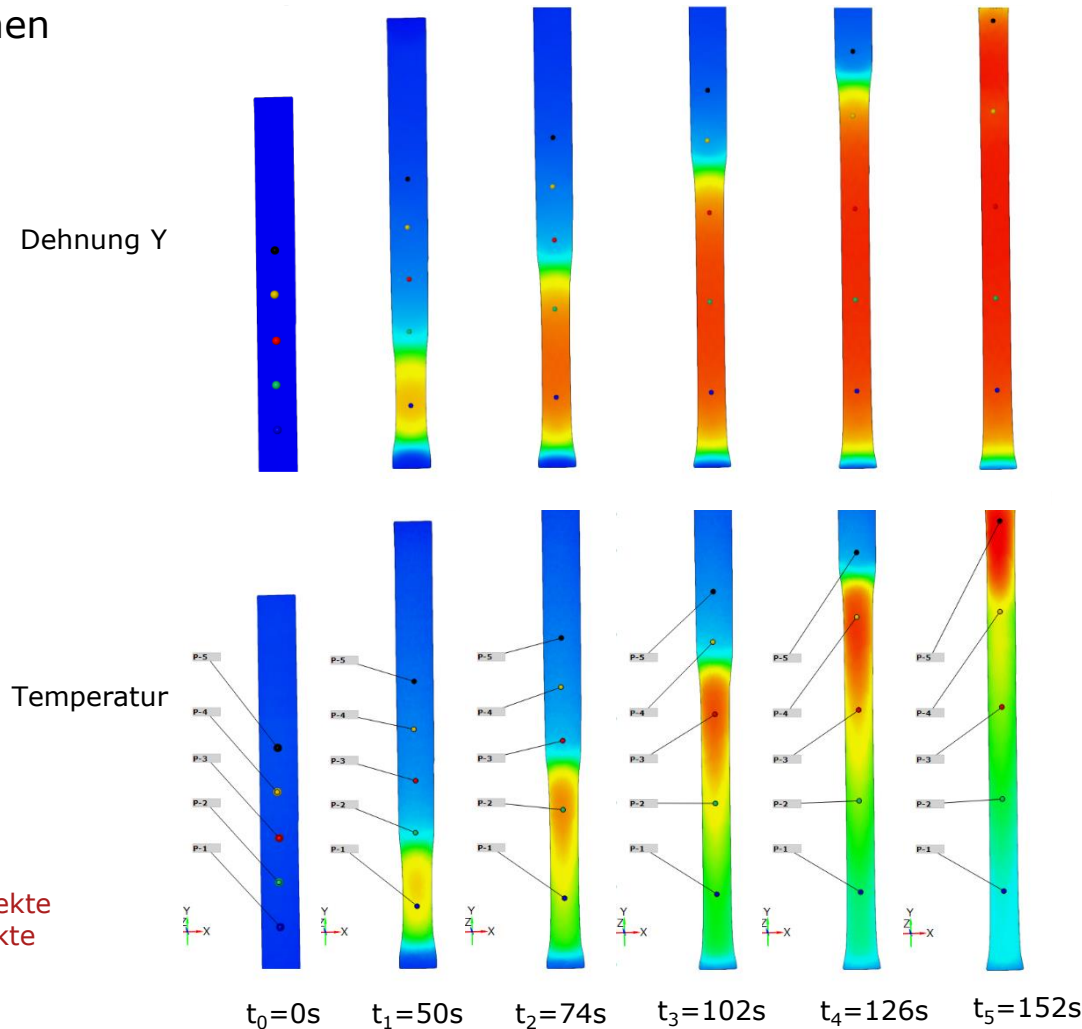


# Anwendungsbeispiel – Zugversuch – Kunststoff

Entwicklung von Dehnung und Temperatur zu verschiedenen Versuchszeitpunkten

Die Diagramme zeigen die zeitlichen Veränderungen der Punkte P-1 ... P-5

Die Kopplung von Thermografie und ARAMIS Messung ermöglicht die korrekte Temperatureauswertung gezielter Punkte auch bei bewegten Objekten

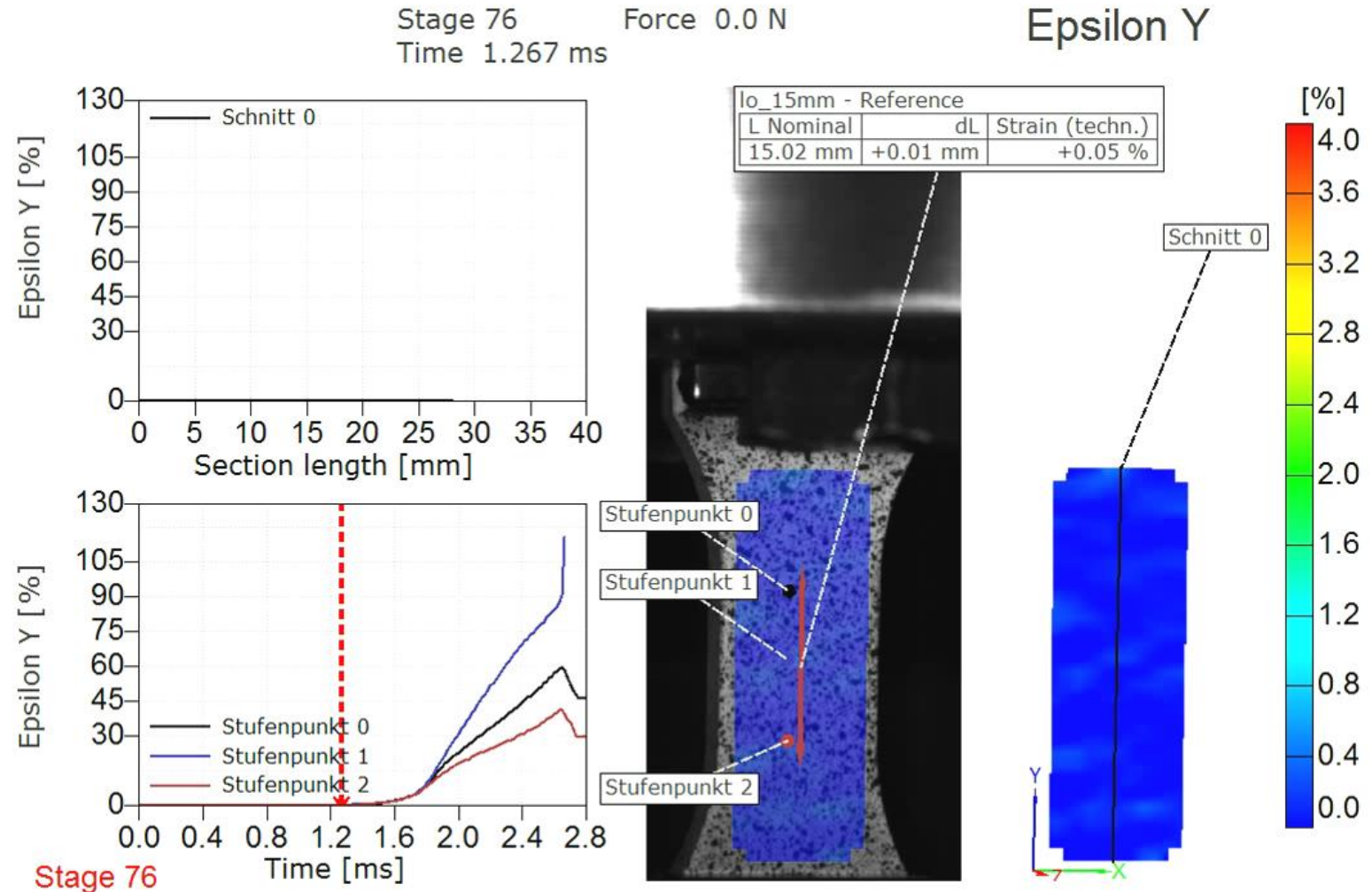


# Hochgeschwindigkeitszugversuch

## Überblick

Prüfgeschwindigkeit:  
10 m/s

Frame rate:  
**60.000 Hz**



# Hochgeschwindigkeitszugversuch

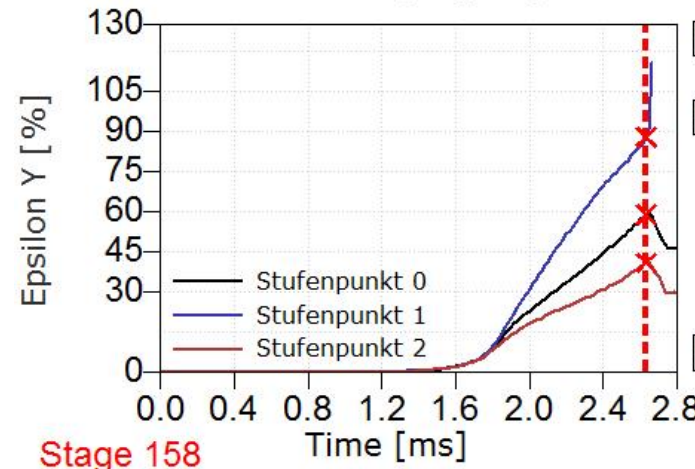
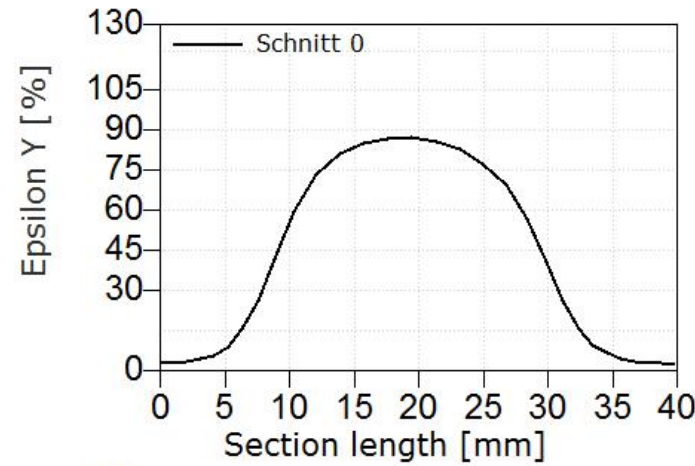
## Dehnung

Prüfgeschwindigkeit:  
10 m/s

Frame rate:  
**60.000 Hz**

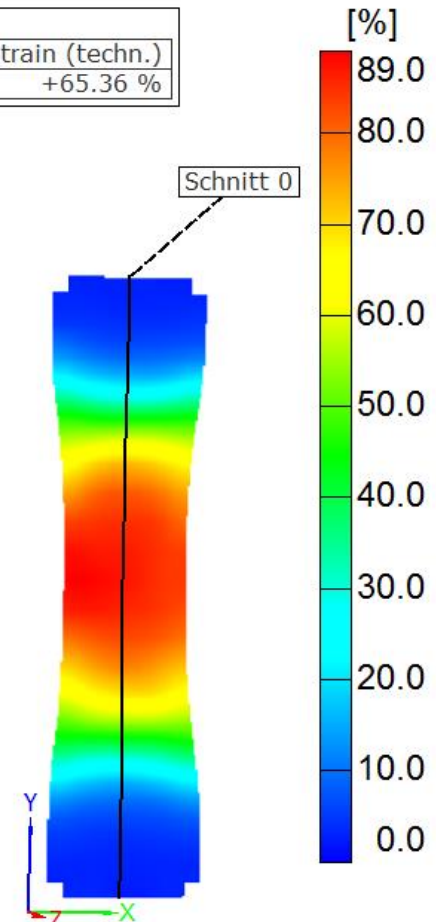
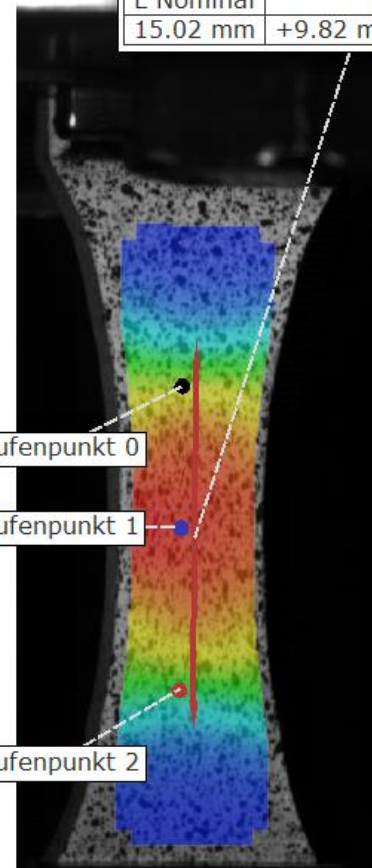
Stage 158  
Time 2.633 ms  
Force 2954.1 N

### Epsilon Y



Stage 158

Io_15mm - Reference		
L Nominal	dL	Strain (techn.)
15.02 mm	+9.82 mm	+65.36 %

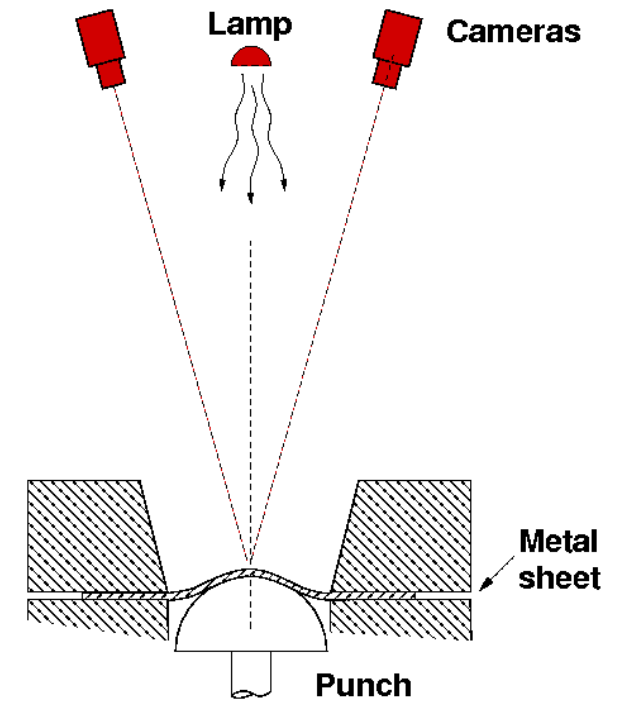
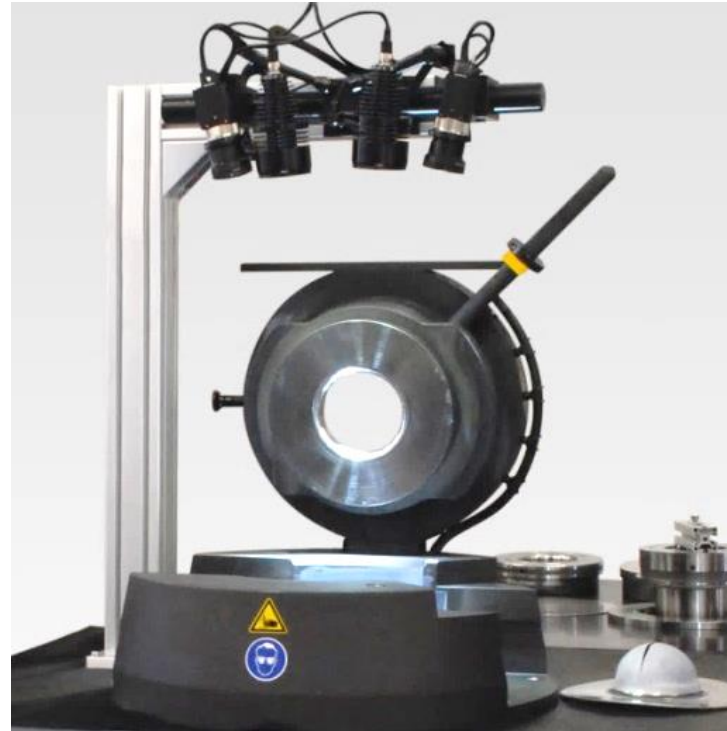


# ARAMIS für die Prüfung der Umformbarkeit von Blechwerkstoffen



# ARAMIS Nakajimatest – FLC Bestimmung

Bestimmung von Grenzform-  
änderungskurven (FLC)



# ARAMIS Nakajimatest – FLC Bestimmung

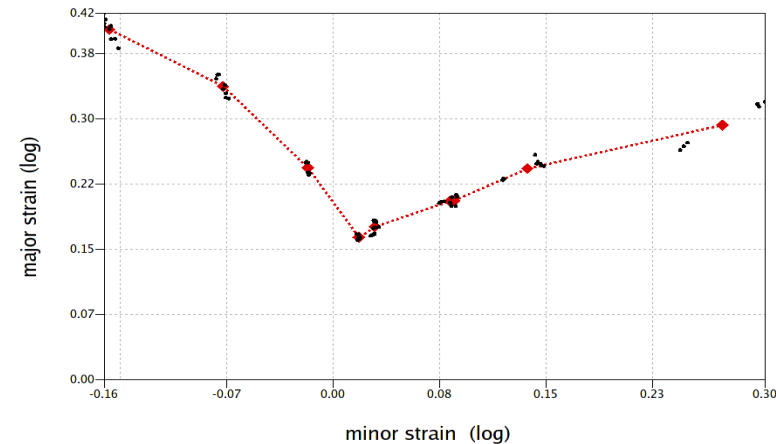
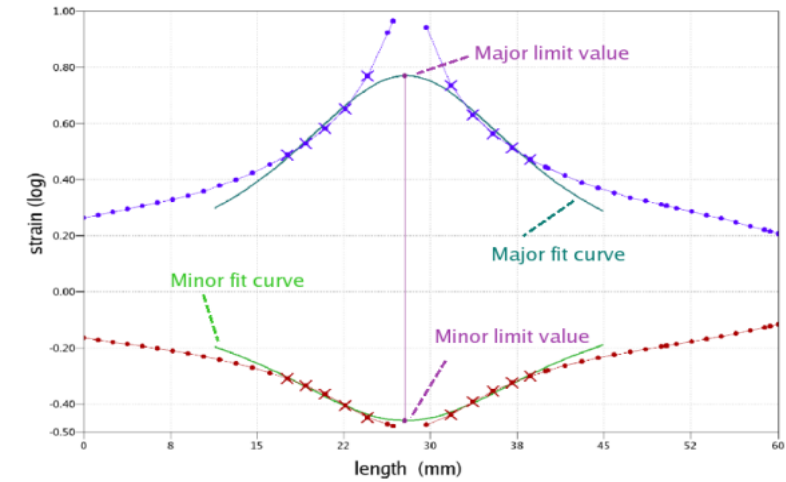
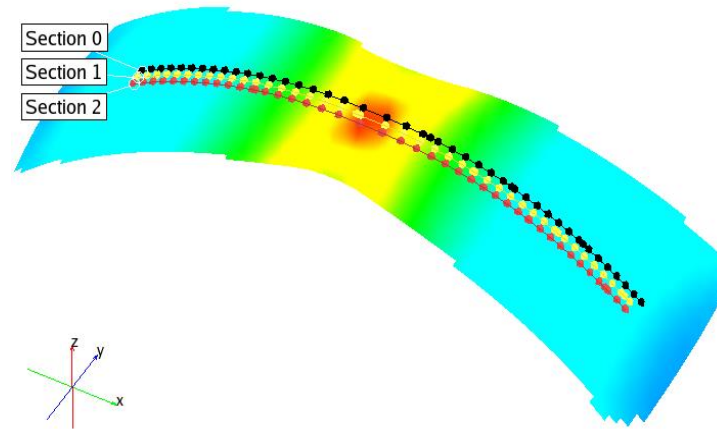


Bestimmung von Grenzform-  
änderungskurven (FLC)

Schnittbasierte Auswertung nach  
ISO 12004

Verschiede zeitbasierte  
Auswerteverfahren

- BMW-Methode, LFT-Methode
- ISO12004-Entwurf



FLC Chart



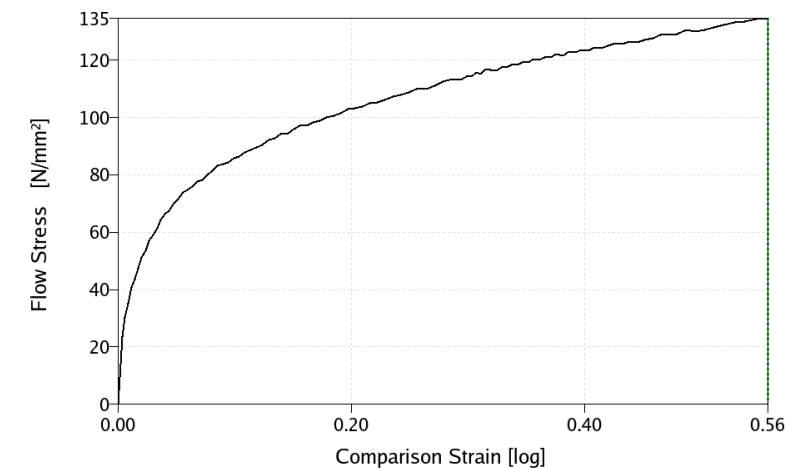
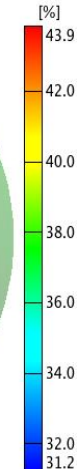
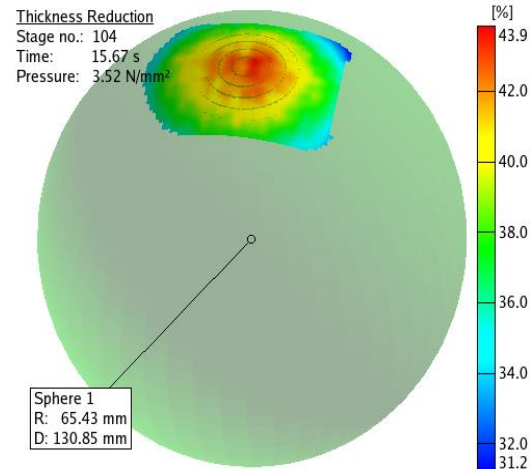
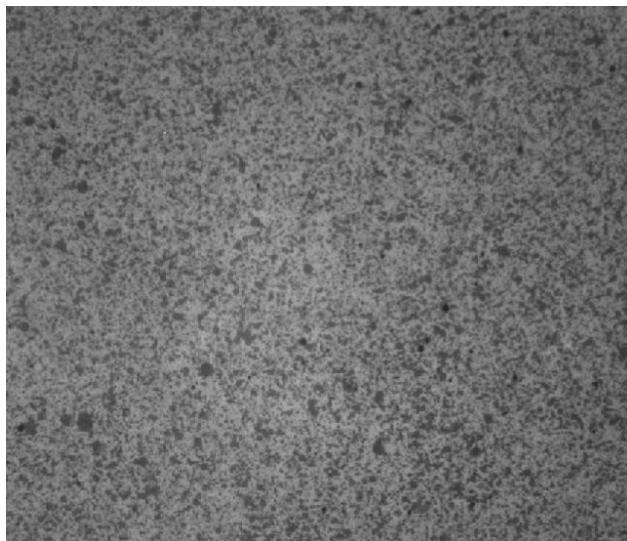
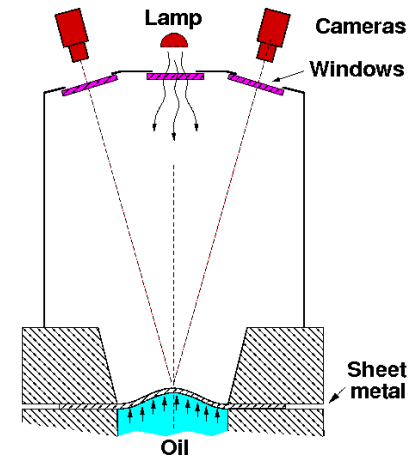
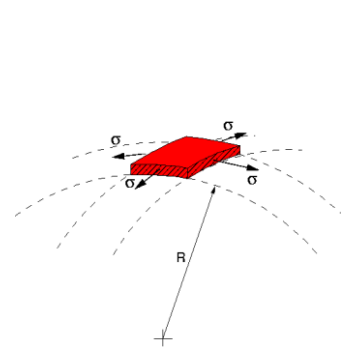


# ARAMIS Bulgetest zur Fließkurvenbestimmung

ISO 16808 - Fließkurve aus dem Bulgetest aus:

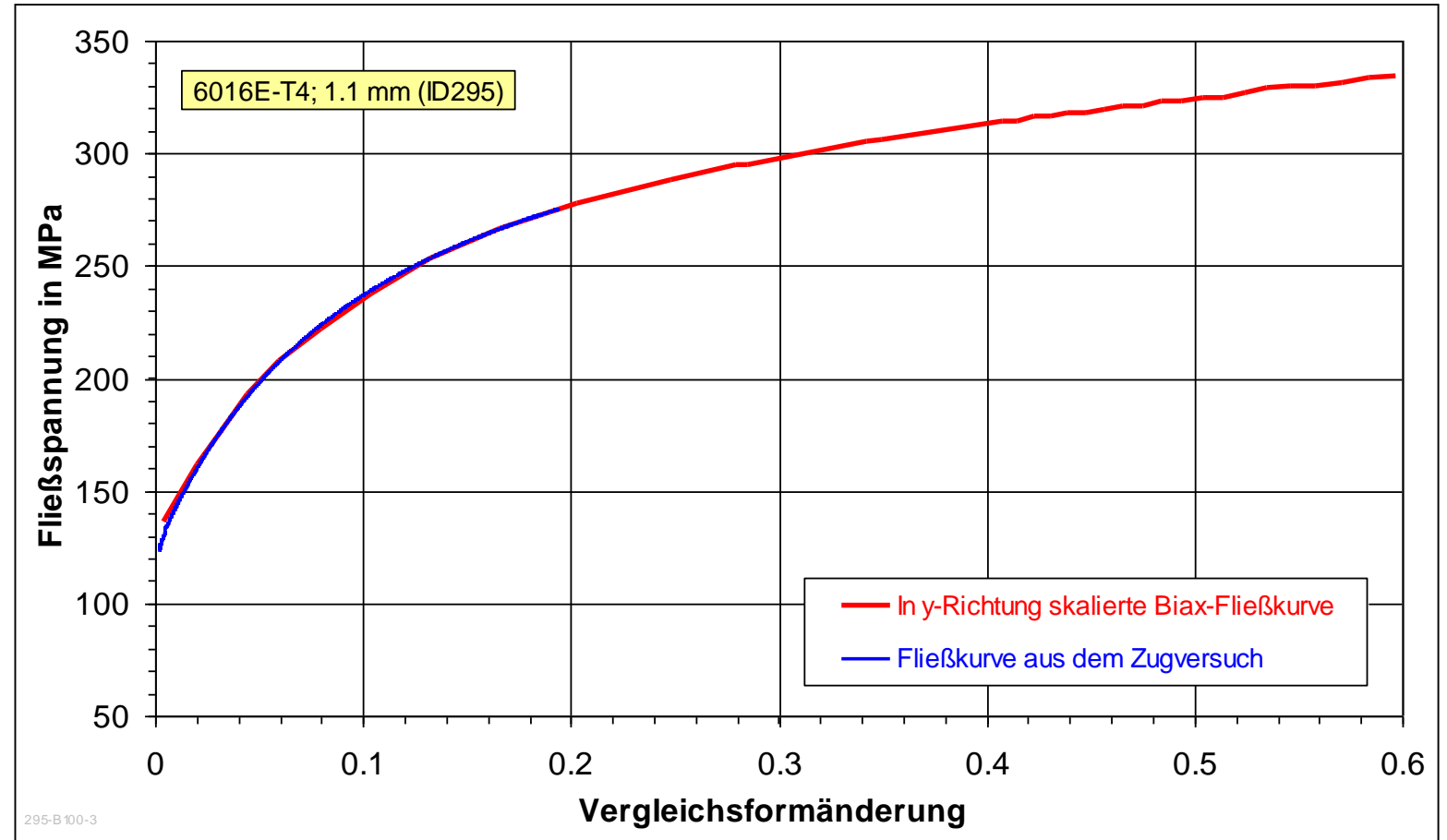
- Druck der Flüssigkeit
- Krümmungsradius\*
- Aktueller Dicke\*
- Vergleichsformänderung\*

(\*: mit ARAMIS bestimmt)



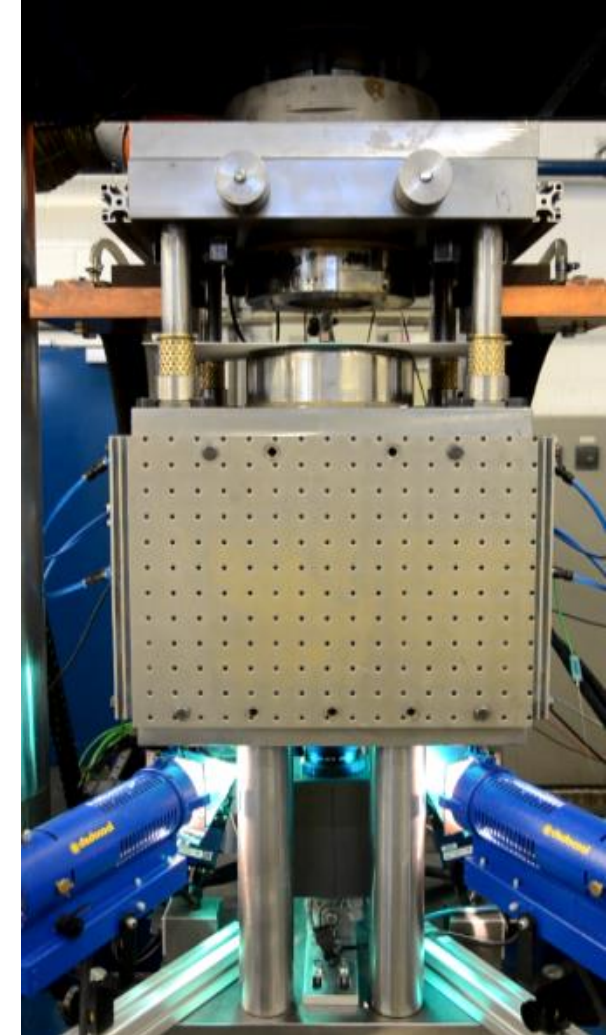
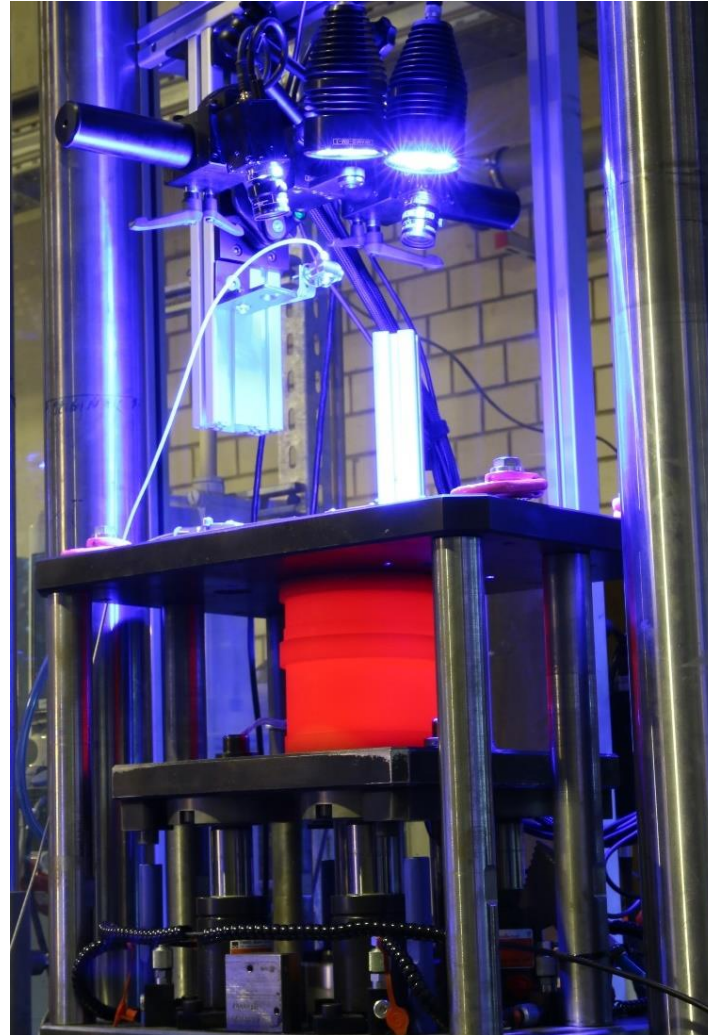
# ARAMIS Bulgetest zur Fließkurvenbestimmung

Beispiel: Aluminium AA6016-T4  
(Vergleich Fließkurve aus  
Zugversuch und Bulgetest)

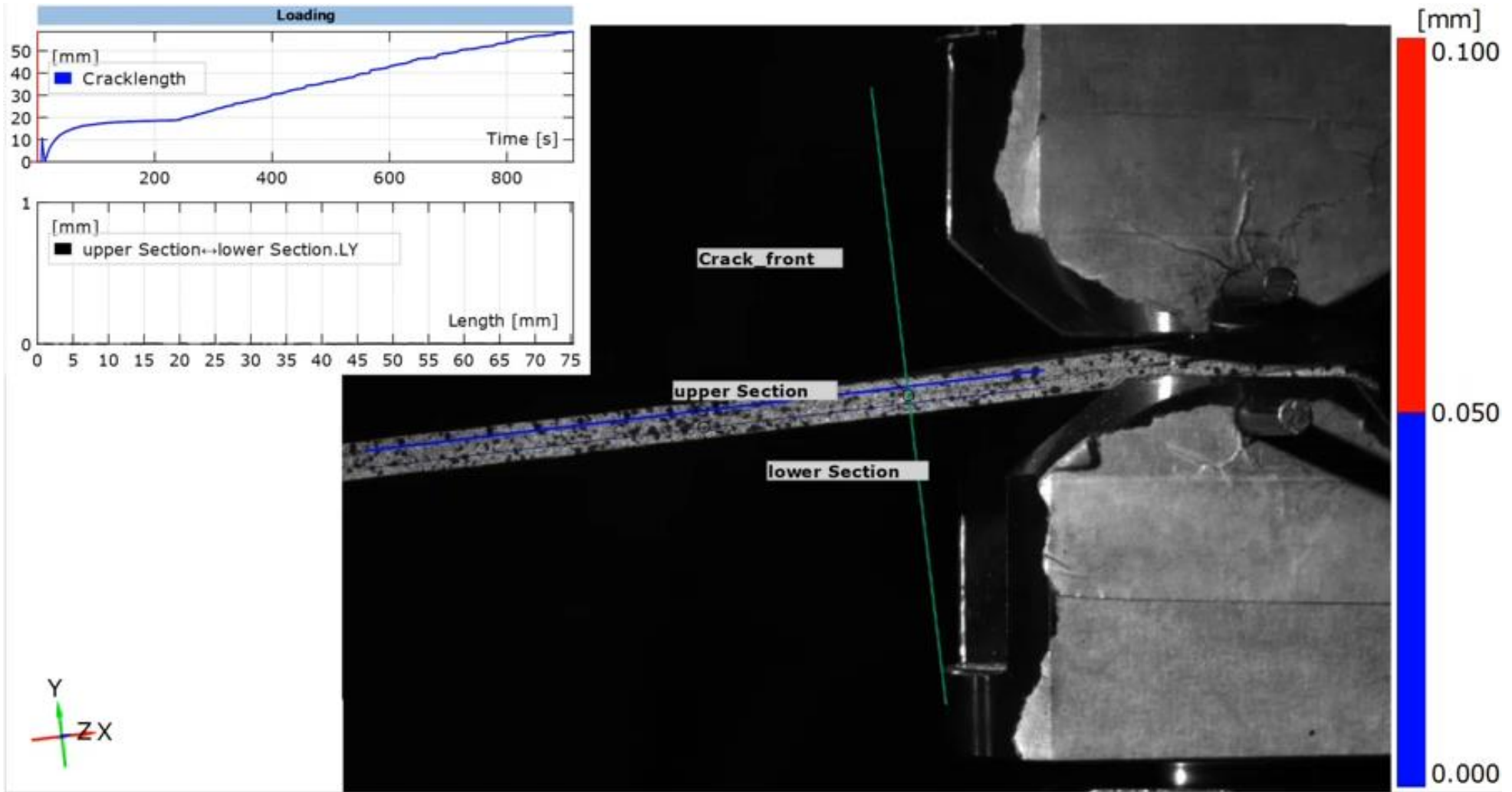


# Umformbarkeit im Hochtemperaturbereich

FLC und Spannungs-Dehungs-Diagramm  
Für pressgehärtetet Stähle

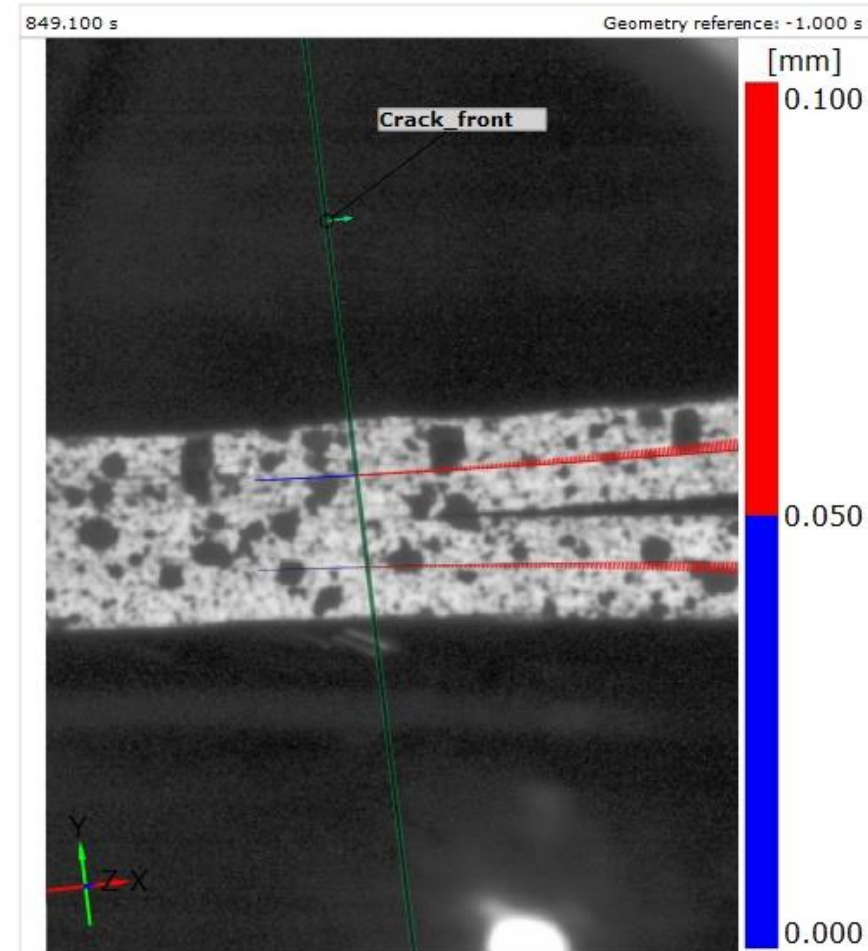
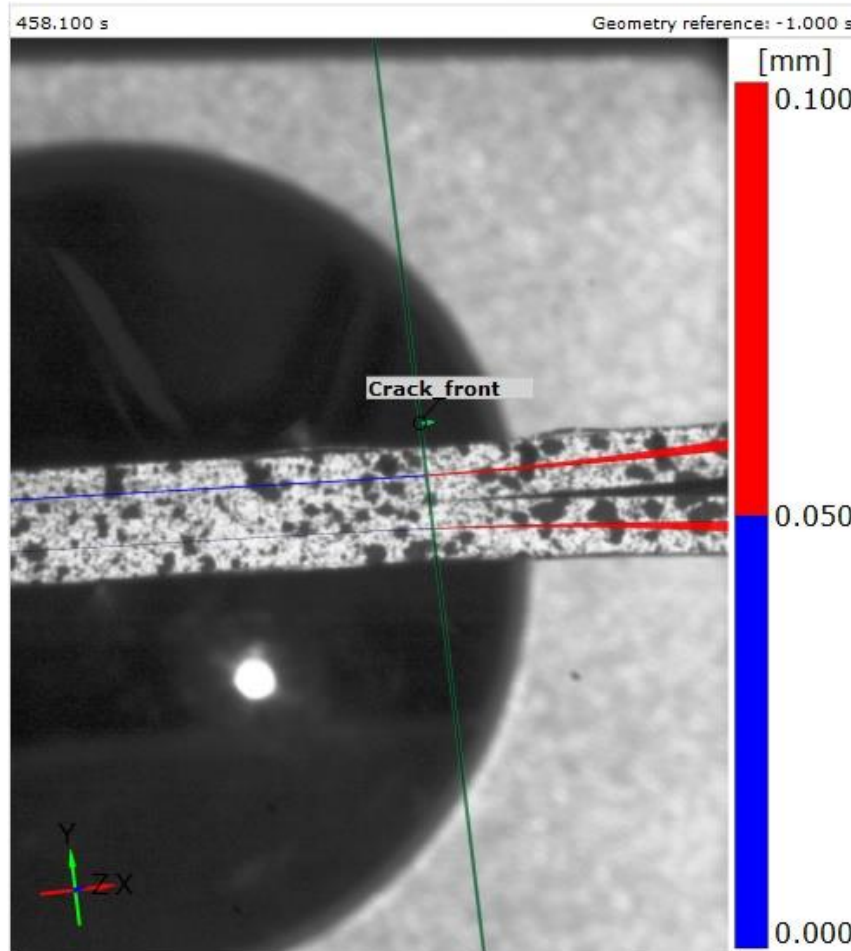


# Rissvorschrittsanalyse



# Rissvorschrittsanalyse

Close Up on calculated Crackfront position



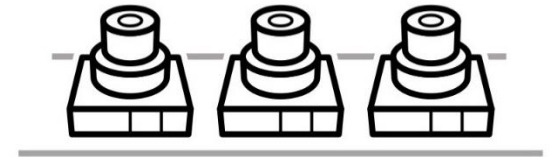
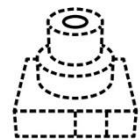
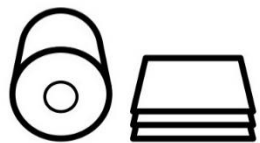
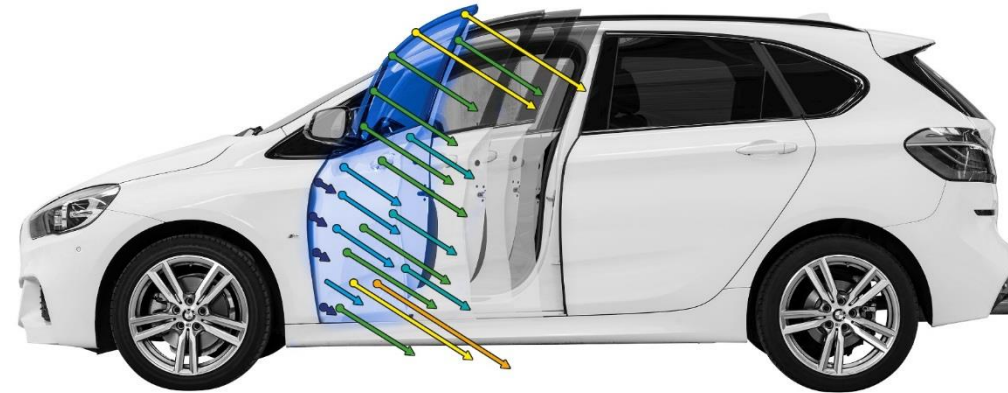
# ARAMIS in Product Development



## Prototyp Inspektion / Testing

Geometriebasierte Prüfung

Bewegungs – und Verformungsanalyse



Material-  
eigenschaften

Product  
Design/CAD/  
Simulation

Prototypen-  
fertigung

Prototyp  
Inspektion /  
Testing

Simulation  
Validierung

Produktion /  
Serienprüfung

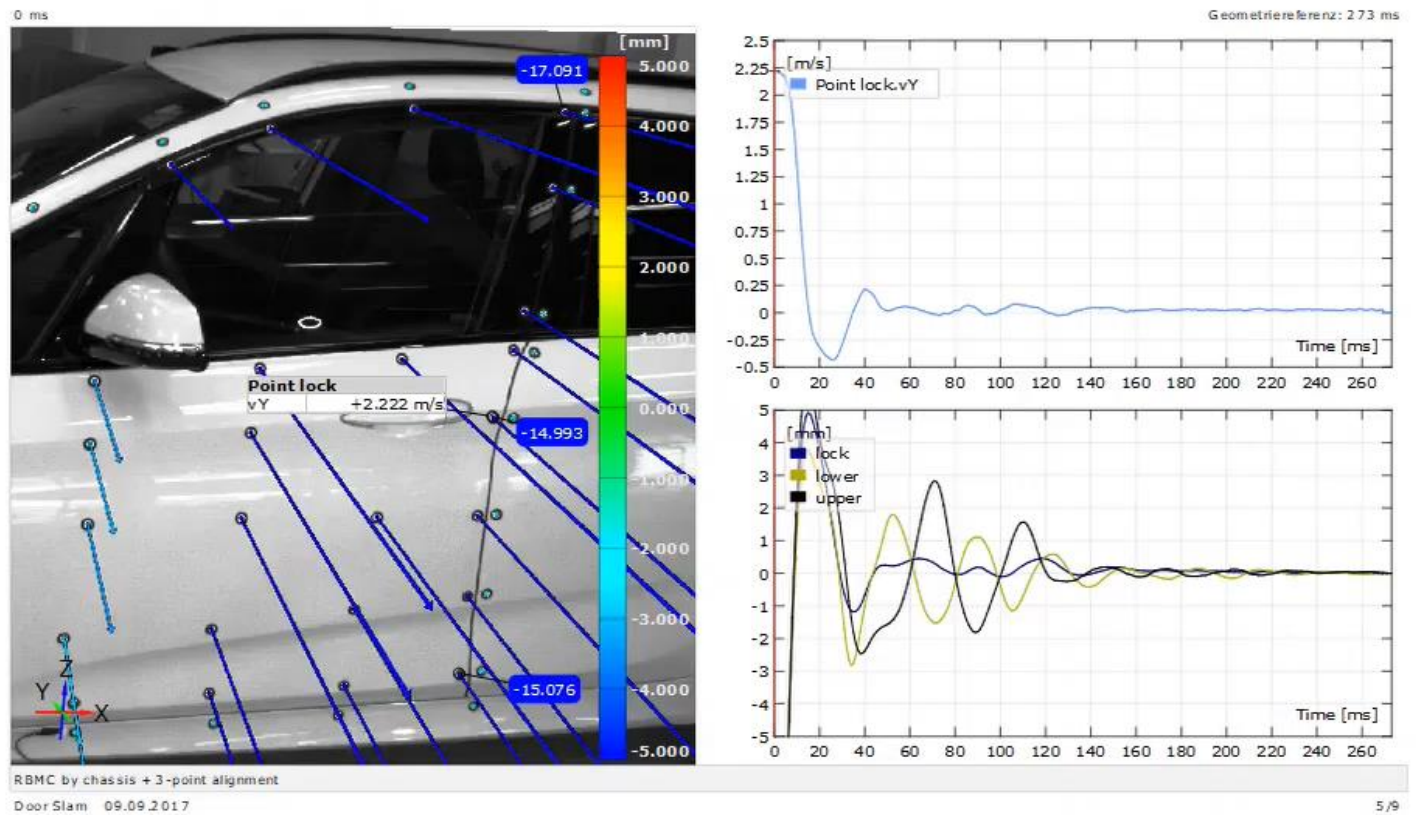
# Anwendung Automotive: Türzuschlag

Messzeit 1ms/Stufe → 1000 Hz

Auswertung ca. 10 Minuten

Generated with ARAMIS Professional 2018

Displacement Y-Direction and velocity



# Anwendung Automotive: Türzuschlag

Türschwingung nach dem Schließvorgang

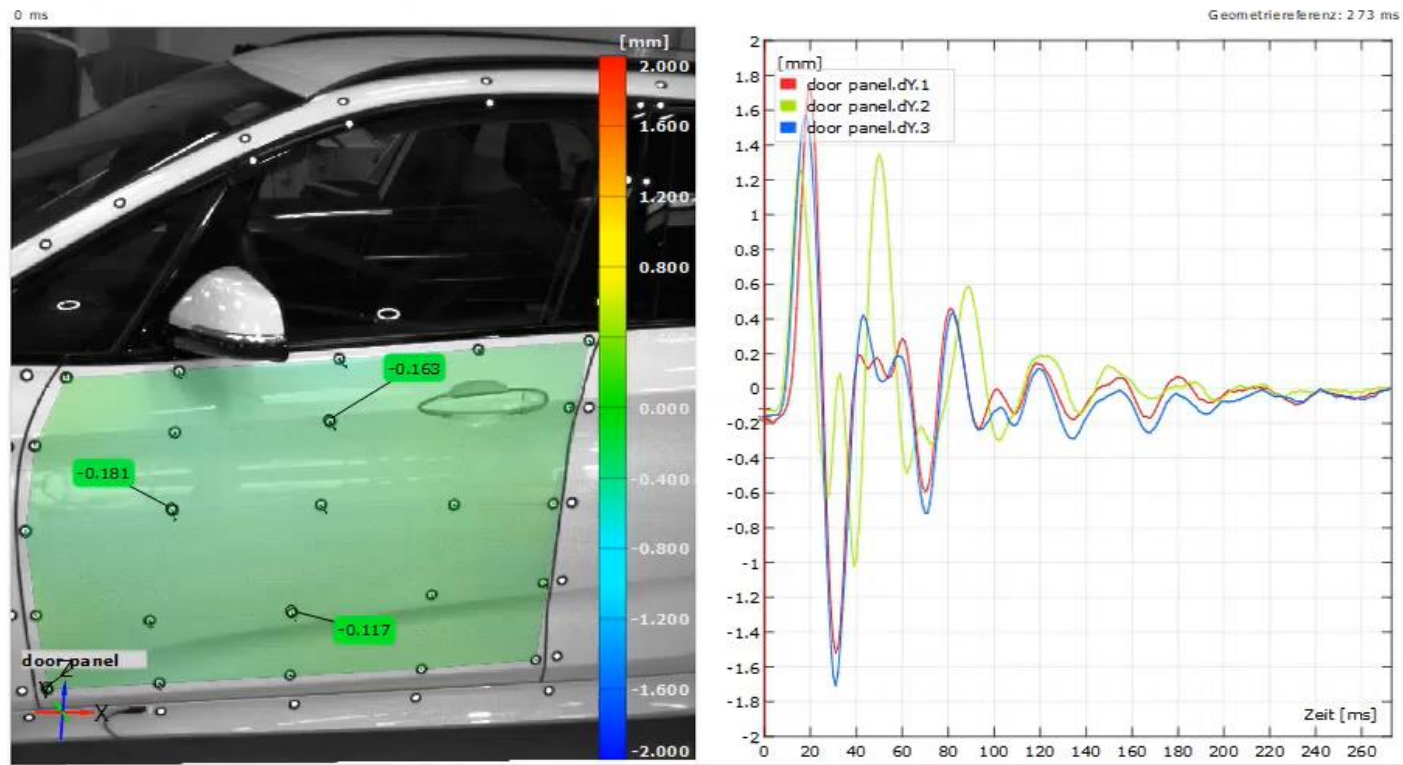
Türblech schwingt deutlich in Höhe der Analysepunkte

Punktvernetzung zur flächenhaften Darstellung

Messdaten zwischen den Punkten interpoliert

Generated with ARAMIS Professional 2018

Displacement Y-Direction - vibration of the door panel



SKBK über door\_RMBC\_Points + 3-point alignment

Door Slam 09.09.2017

7/9



# Anwendung Automotive: Türzuschlag

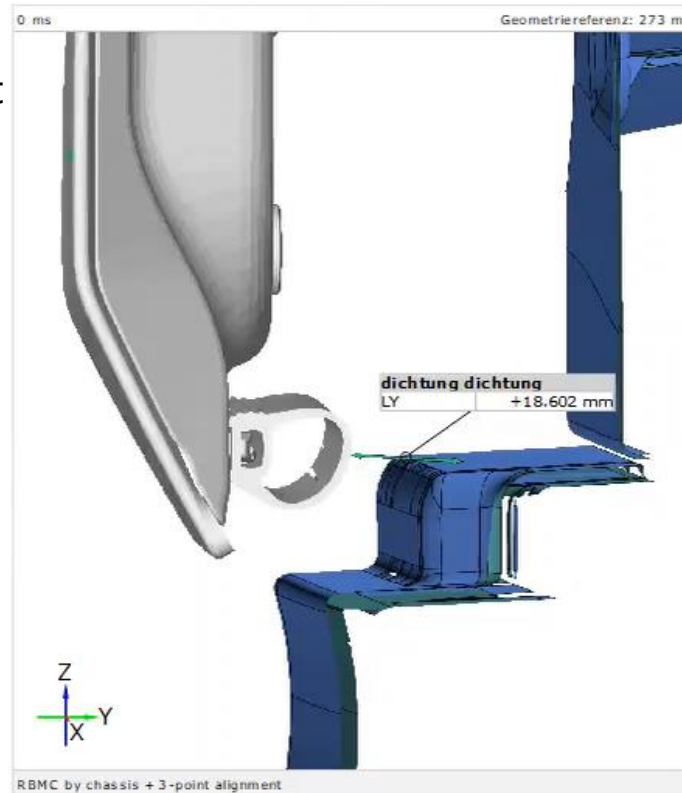
Animiertes Netz

Messung an verdeckten Stellen

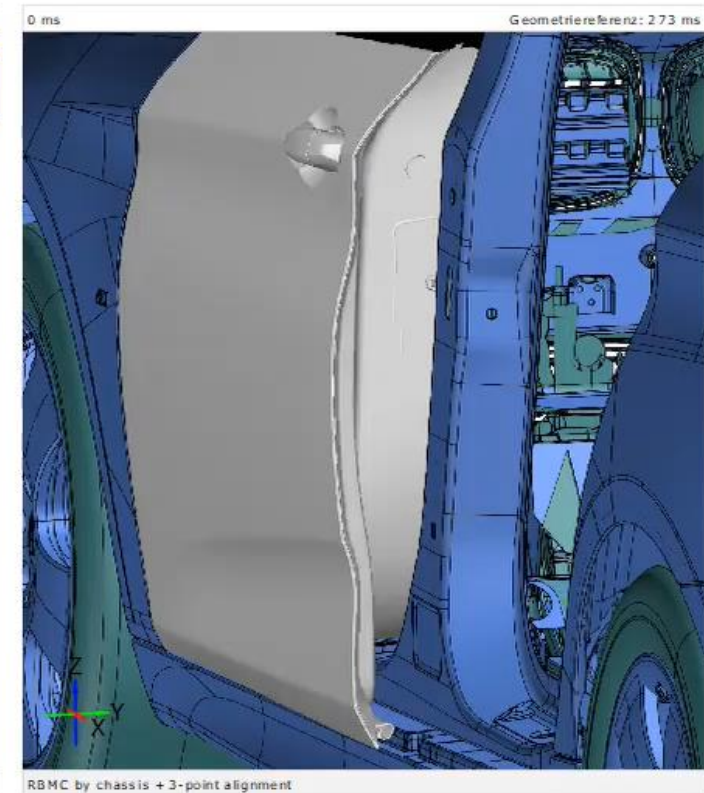
Netz an Punktkomponente geheftet

Generated with ARAMIS Professional 2018

Dynamic distance seal - chassis - animated mesh



Door Slam 09.09.2017



9/9

# ARAMIS Bauteiltest – Verbundlenkerhinterachse am Resonanzprüfstand



Versuch:

- Verbundlenker-Hinterachse auf Resonanzprüfstand
- Torsionsanregung mit ca. 10Hz

Messfrequenz: 300Hz

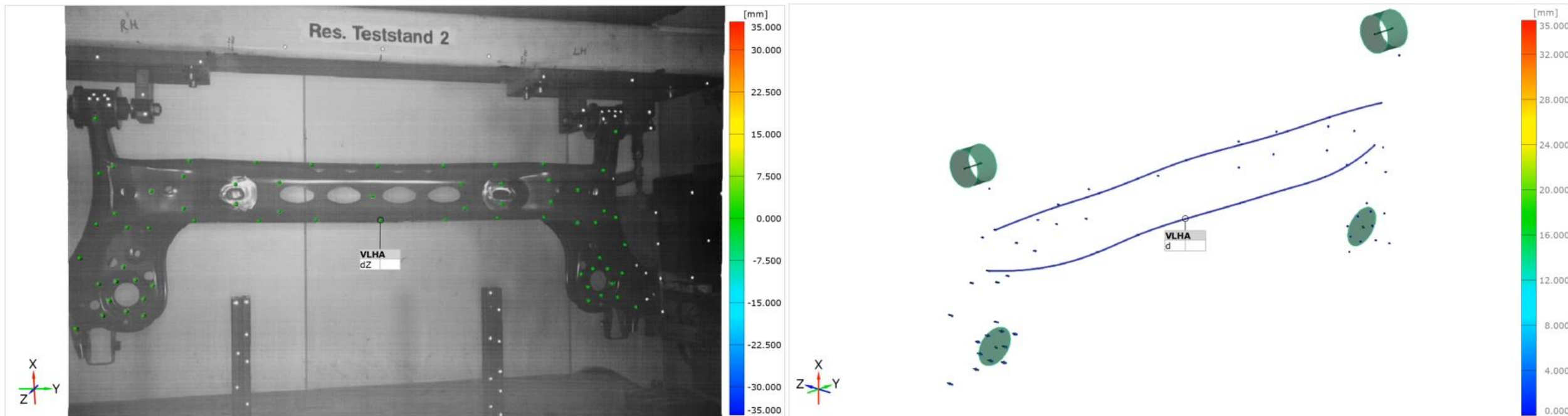


# ARAMIS Bauteiltest – Verbundlenkerhinterachse am Resonanzprüfstand



ARAMIS erfasst dynamisch die 3D-Koordinaten jeder Punktmarke.

Alle Punkte stehen für komplexe Auswerterroutinen (Erzeugung von Geometrieelementen, Inspektion von Ergebnisgrößen, ...) zur Verfügung.

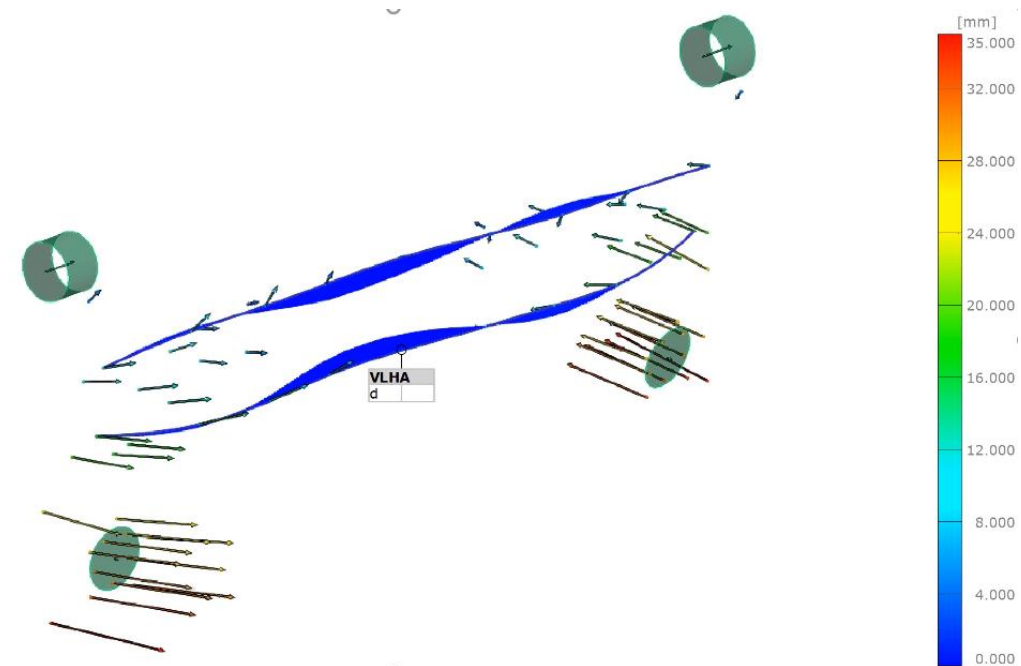
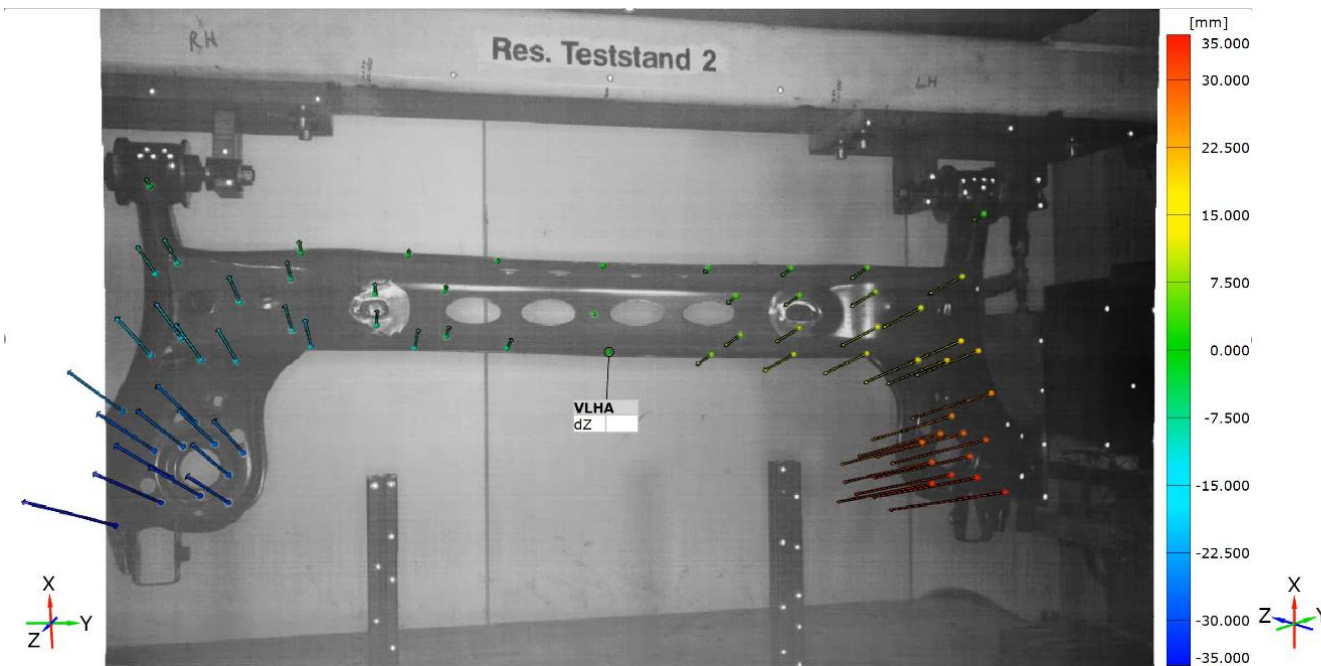


# ARAMIS Bauteiltest – Verbundlenkerhinterachse am Resonanzprüfstand



ARAMIS erfasst dynamisch die 3D-Koordinaten jeder Punktmarke.

Alle Punkte stehen für komplexe Auswerterroutinen (Erzeugung von Geometrieelementen, Inspektion von Ergebnisgrößen, ...) zur Verfügung.



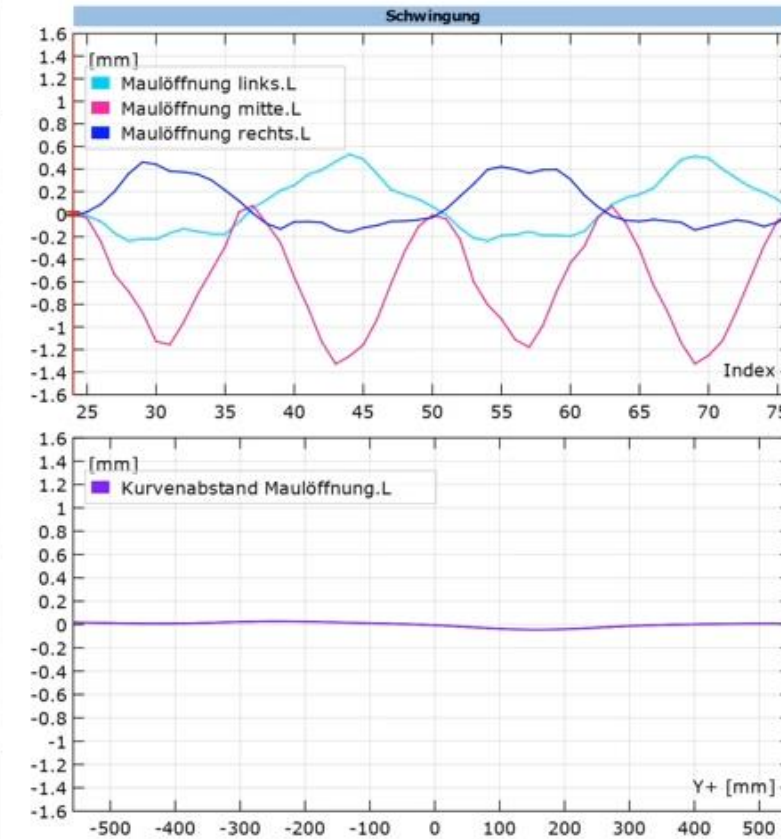
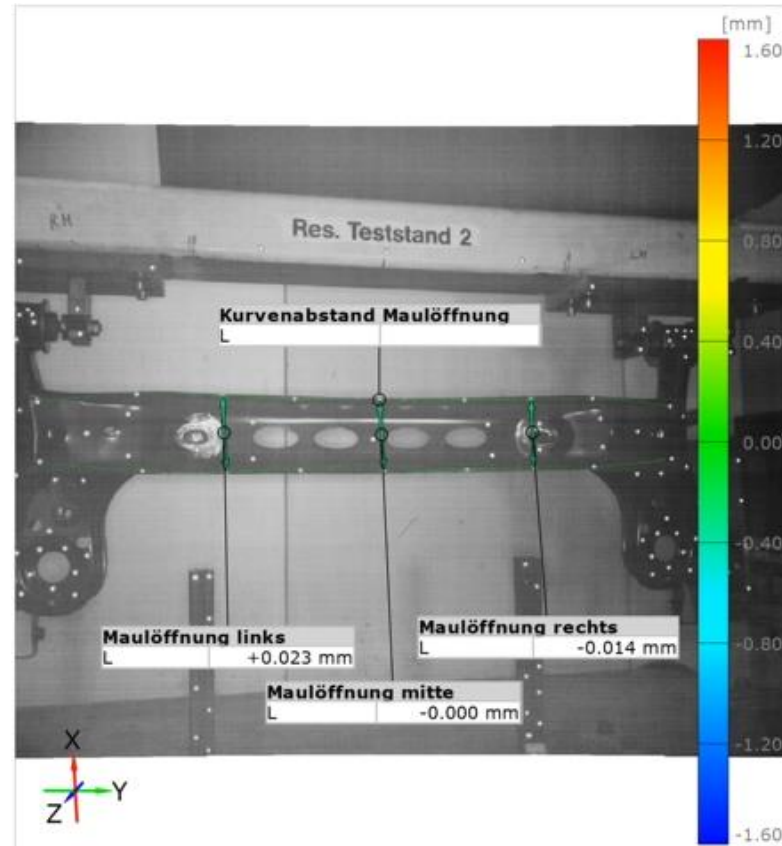
# ARAMIS Bauteiltest – Verbundlenkerhinterachse am Resonanzprüfstand



Die Verformung des mittleren U-Profils, konkret die Abstandsänderung der Blechkanten (Maulöffnung), kann direkt aus den gemessenen Punktverschiebungen abgeleitet werden:

Es kann die Abstandsänderung von Einzelpunkten ausgewertet werden.

Es können Kurven durch Messpunkte gelegt werden und deren Abstandsänderung ausgewertet werden.



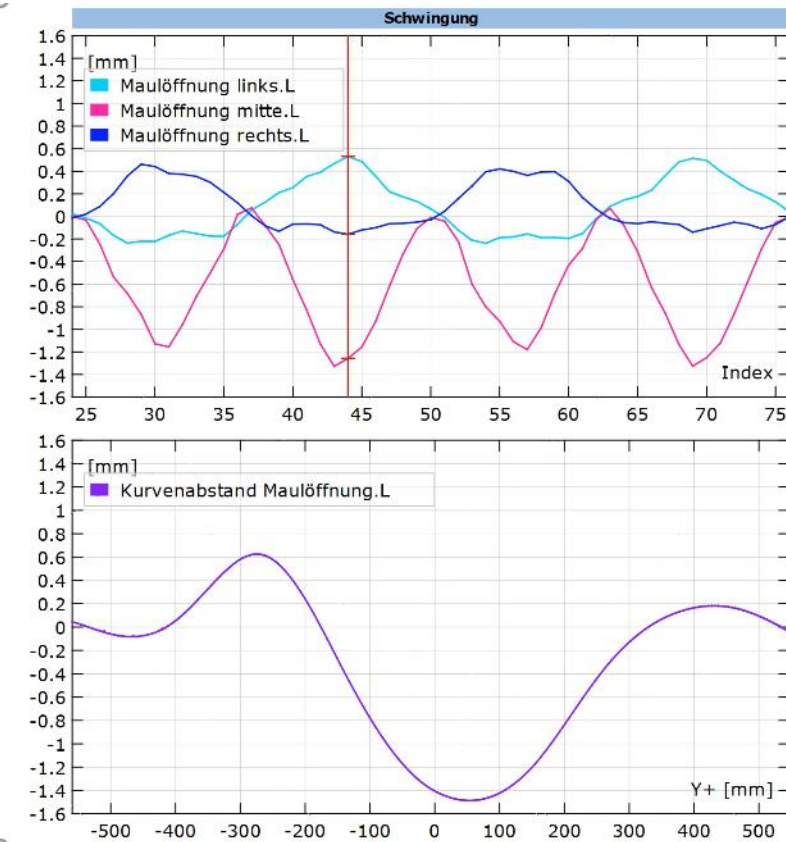
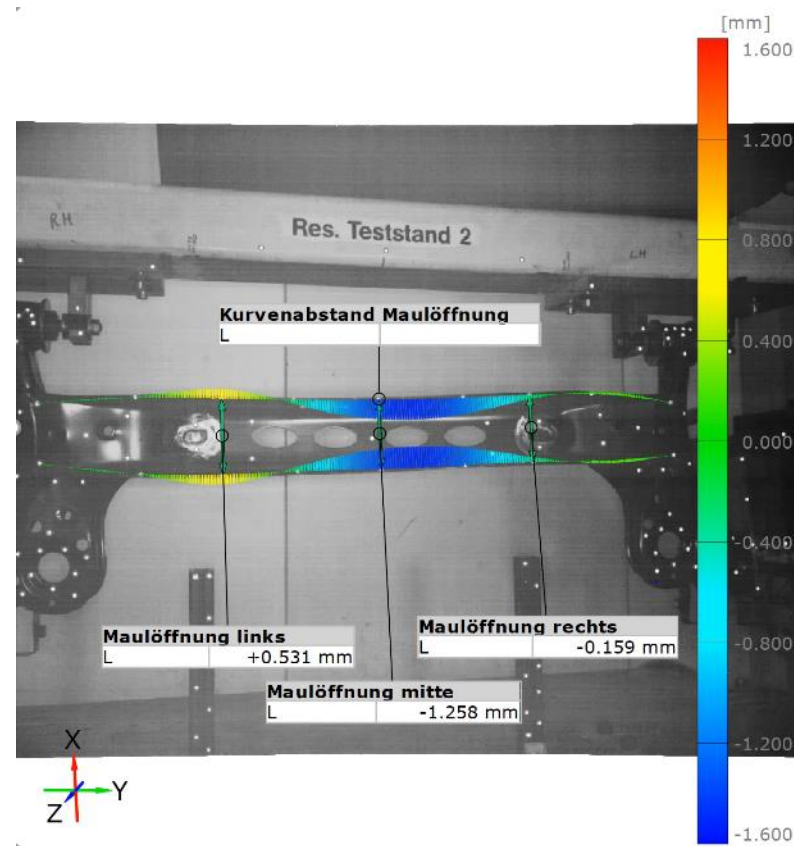
Die Verformung des mittleren U-Profiles, konkret die Abstandsänderung der Blechkanten (Maulöffnung), kann direkt aus den gemessenen Punktverschiebungen abgeleitet werden:

Es kann die Abstandsänderung von Einzelpunkten ausgewertet werden.

Es können Kurven durch Messpunkte gelegt werden und deren Abstandsänderung ausgewertet werden.

FEM-Vergleich:

Diese Ergebnisse können in ARAMIS äquivalent auch auf eingeladenen FEM-Daten erzeugt und direkt mit den Messergebnissen verglichen werden.

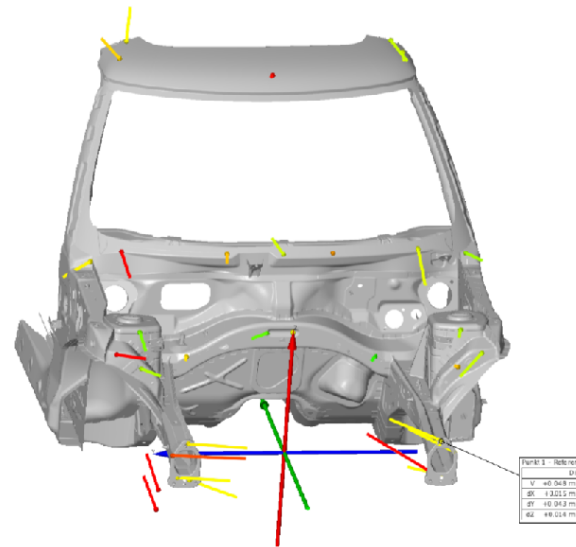


# Vibrationsanalyse: Fahrzeug

Modalanalyse der Fahrzeugfront

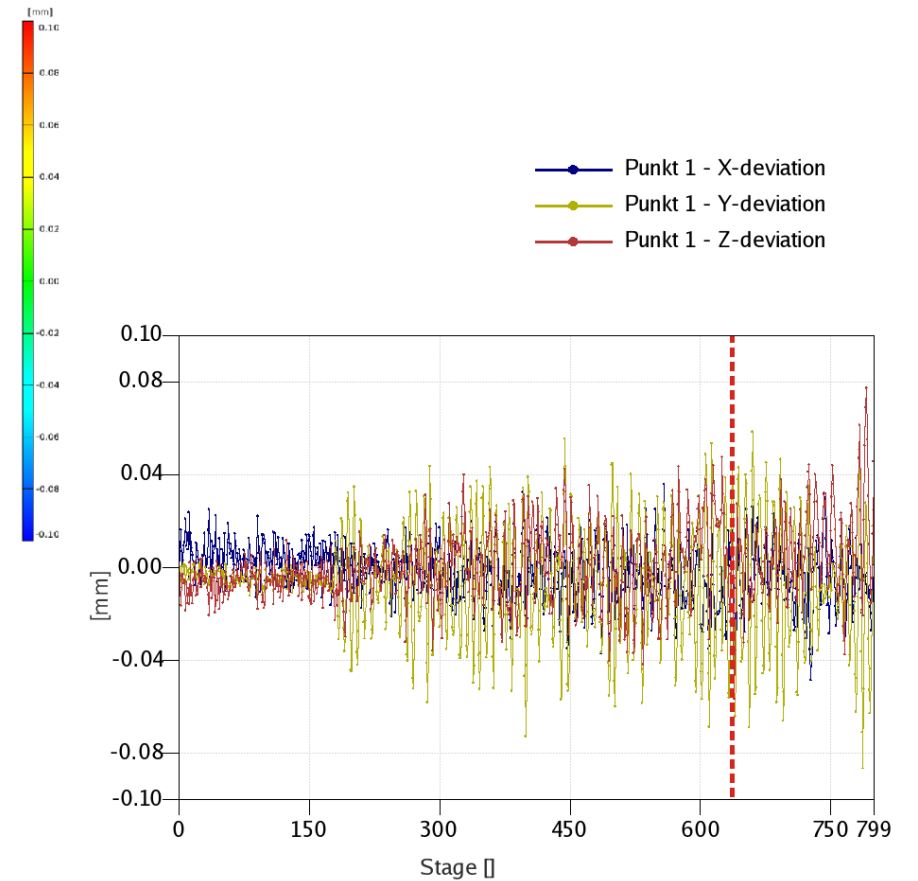
Vergleich mit konventionellen  
Beschleunigungsaufnehmern

Visualisierung der Messergebnisse



Deformation (Vector)

Vibro1\_mov\_cor.dyn  
Date: 9/29/09  
Stufe 636  
Modalanalyse

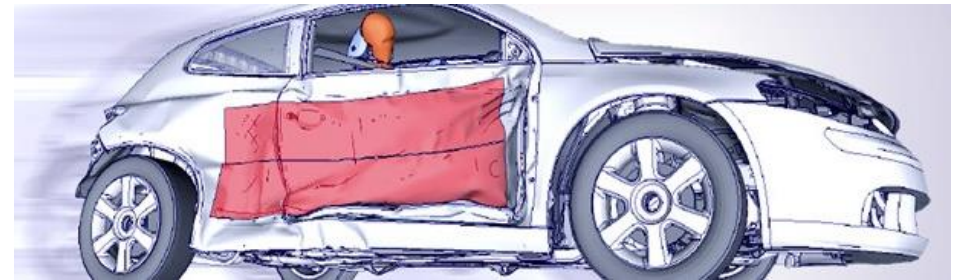


# Austauschformate: Exports



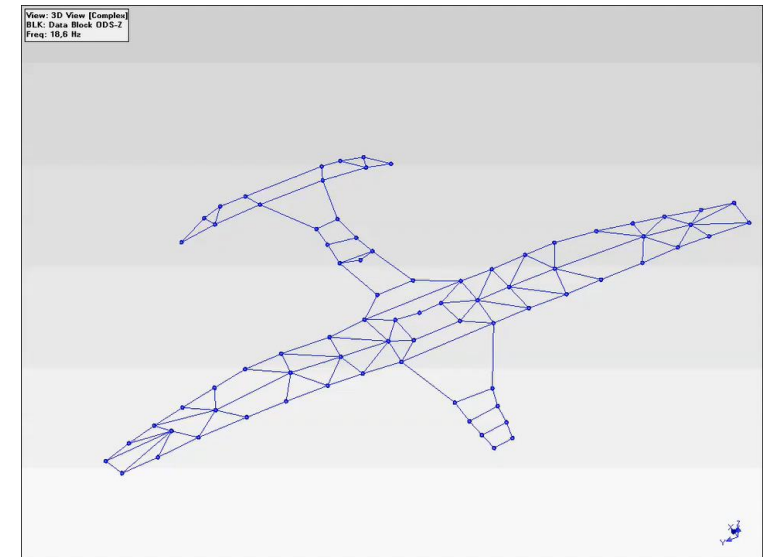
Animator (GNS, <http://gns-mbh.com/animator.html>)

- Post-processing tool viele FEA Anwendungen
- spezielle XML- Formate inklusive ASCII Werten



## UFF (**U**niversal **F**ile **F**ormat)

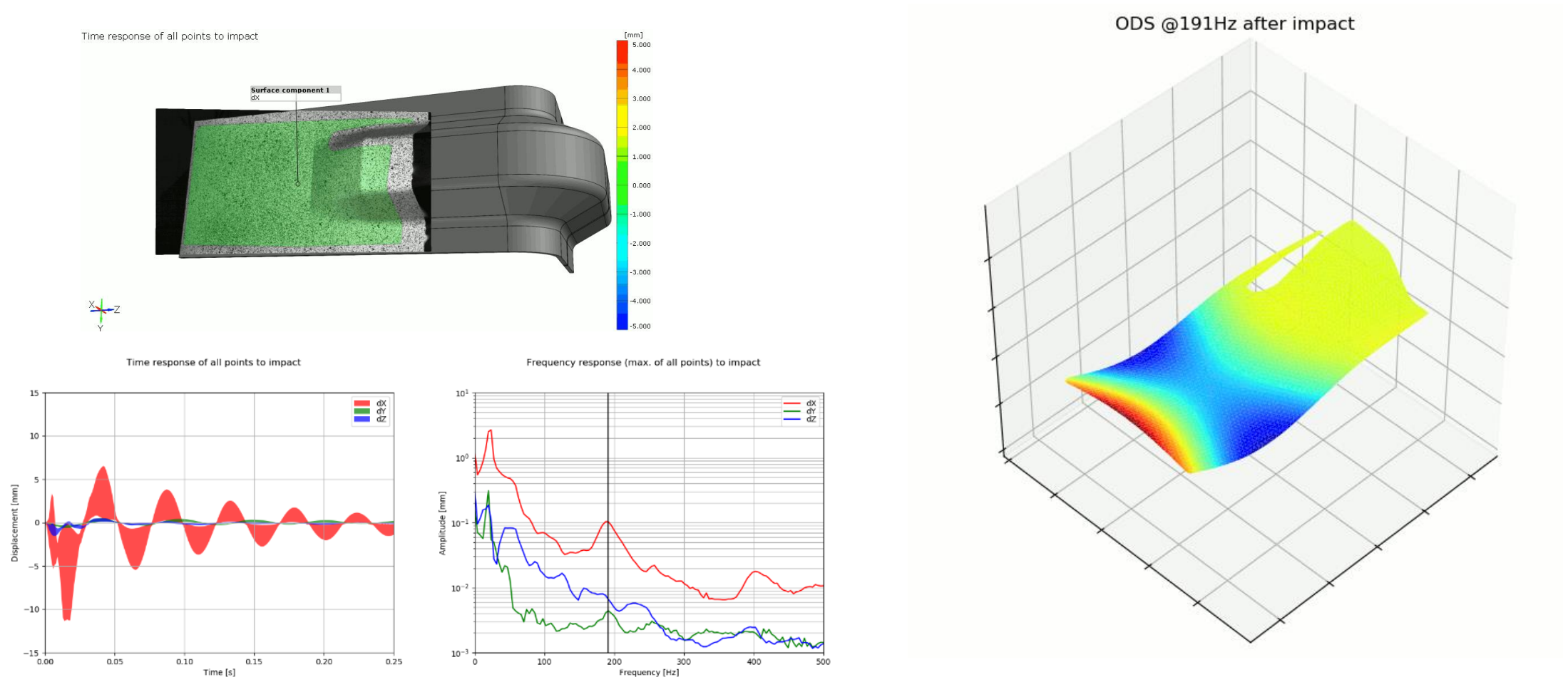
- Standard- Format für Vibrationsanalyse
- Nutzung für typische Modalanalyse Software Pakete
  - ME'scope (Vibrant Technology)
  - PAK (Müller-BBM)
  - LMS Test.Lab (Siemens)
  - PULSE (Brüel & Kjær)





# ARAMIS zur Analyse von Schwingungsformen

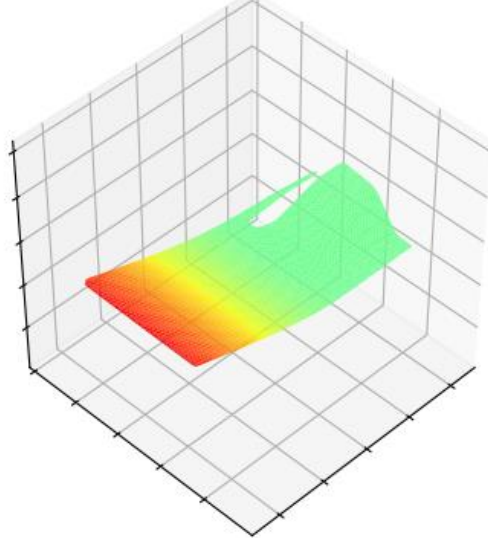
## Auswertung direkt in ARAMIS mit Schwingungstool



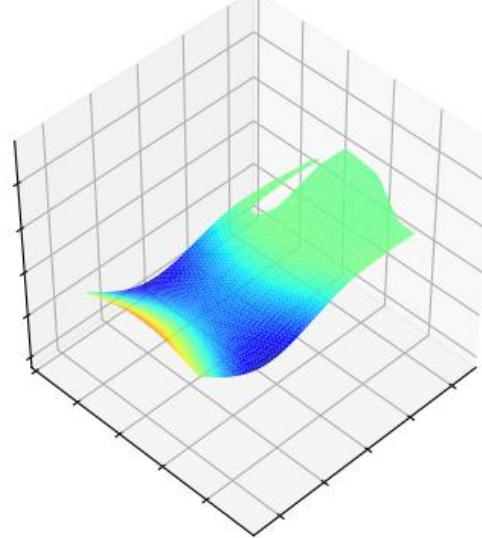
# ARAMIS zur Analyse von Schwingungsformen



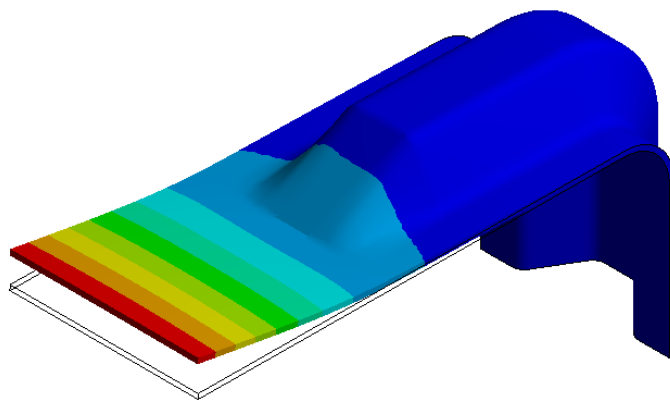
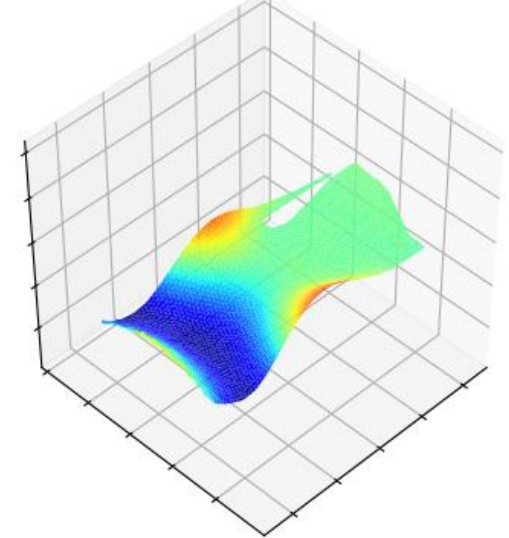
ODS @23Hz



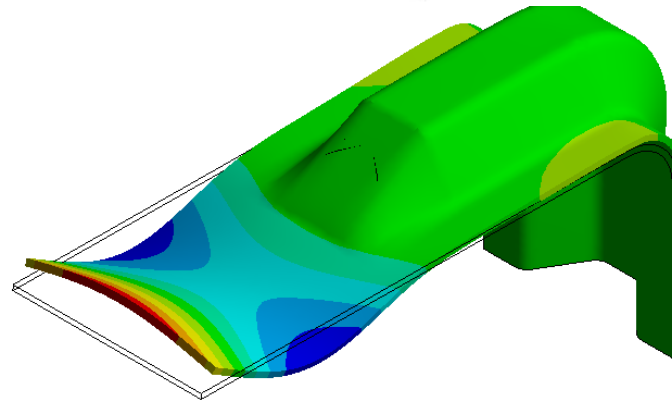
ODS @187Hz



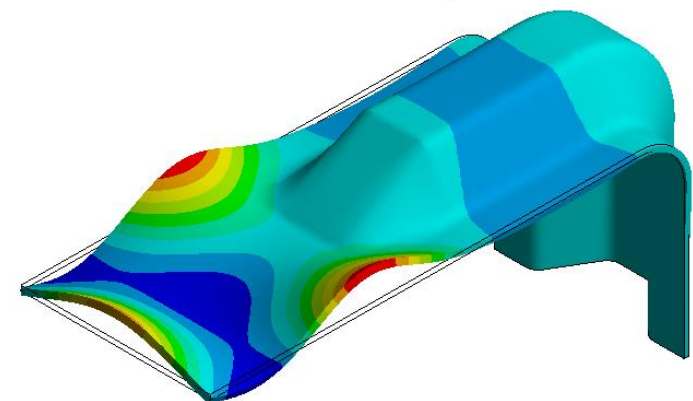
ODS @402Hz



1<sup>st</sup> Mode



5<sup>th</sup> Mode



11<sup>th</sup> Mode

# ARAMIS zur Analyse von Schwingungsformen



## Auswertung mit externer Software

Messung mit ARAMIS  
Auswertung der 3D Daten

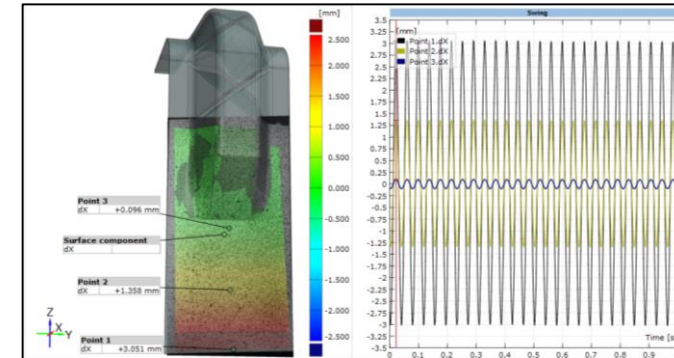
### Export in UFF - Format

- UFF block 58 – Zeitsignale
- UFF block 15 – Geometrien
- UFF block 82 – Netze / Schnitte
- UFF block 2412 – Flächen

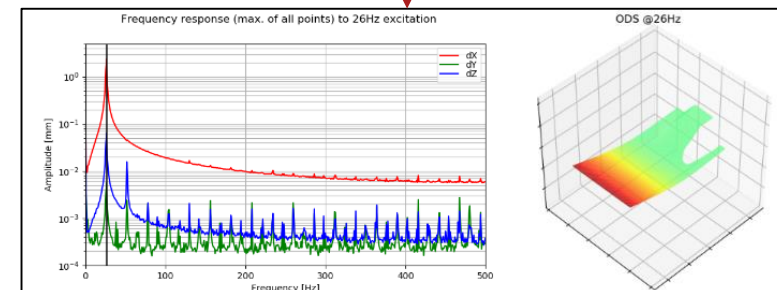
## Importieren und Berechnen der Daten in externer Schwingungsanalyse Software

### ME'Scope

- PAK
- PULSE, BK-Connect
- LMS
- ...



```
-1
15
125 0 0 1 1.66187E+02 7.79425E+01 -3.75691E+02
3352 0 0 1 1.62199E+02 7.34729E+01 -2.38911E+02
3381 0 0 1 1.63884E+02 7.44421E+01 -3.09537E+02
-1
-1
50
Time 125:+X
GOM ARAMIS Professional
10-Apr-2018 14:52:22
Subset.dX
NONE
1 2 0 0 0 NONE 125 1 NONE 1 1
17 0 0 0 Time s
8 0 0 0 Displacement X mm
0 0 0 0 NONE NONE
0 0 0 0 NONE NONE
-2.75140E+00 -2.90815E+00 -2.99896E+00 -3.00310E+00 -2.92796E+00 -2.77736E+00
2.54545E+00 2.24037E+00 1.09512E+00 1.40075E+00 1.04038E+00 5.66008E-03
```



# Zusammenfassung



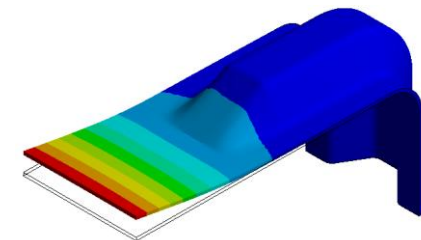
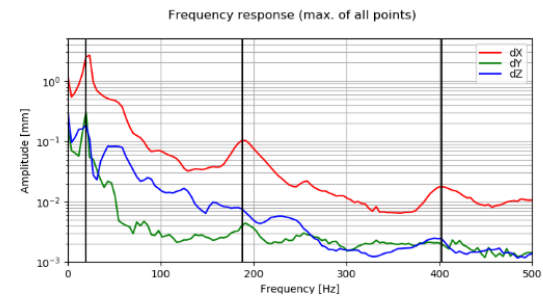
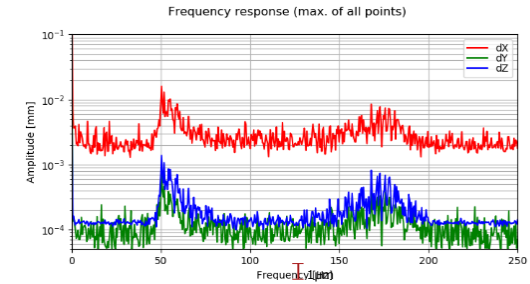
Auswertung direkt in ARAMIS mit internem Schwingungstool

Nutzung der ARAMIS Messdaten zur Analyse in externer Software

Amplituden im Sub – Mikrometerbereich können im Frequenzgang bestimmt werden

Es können unabhängig von der Anregung alle spezifischen Moden bei unterschiedlichen Frequenzen ausgewertet werden

Auch FEM – Vergleiche sind möglich



# ARAMIS in Product Development

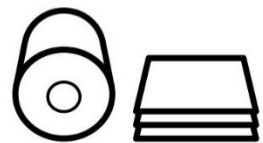
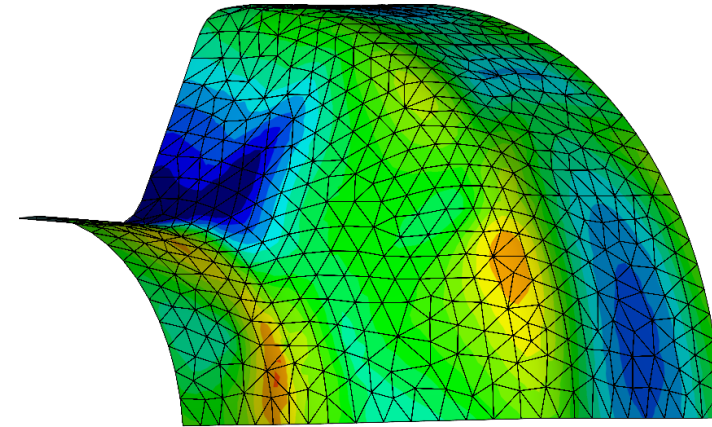


## Simulationsabgleich

Validierung numerischer Simulationen

Verbesserung der Simulationsrandbedingungen

Genauere Simulationsdaten für zukünftige Prüfungen



Material-  
eigenschaften



Product  
Design/CAD/  
Simulation



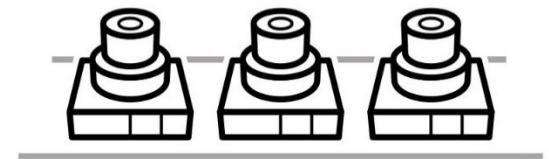
Prototypen-  
fertigung



Prototyp  
Inspektion /  
Testing



Simulation  
Validierung



Produktion /  
Serienprüfung

# Numerische Simulationen

## FEA Eingabeparameter

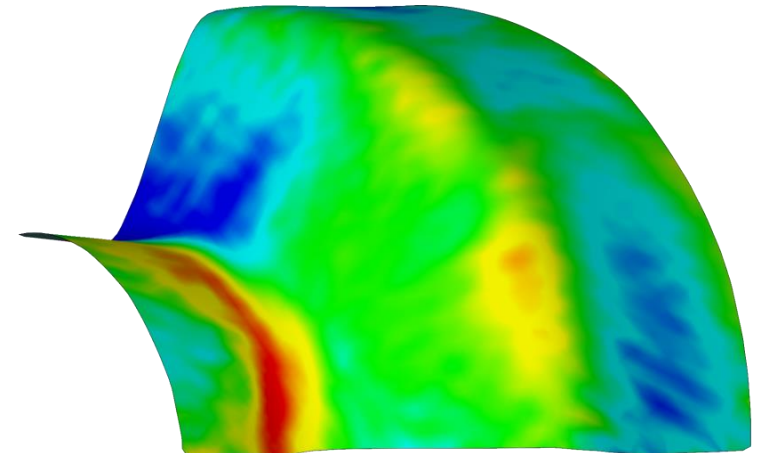
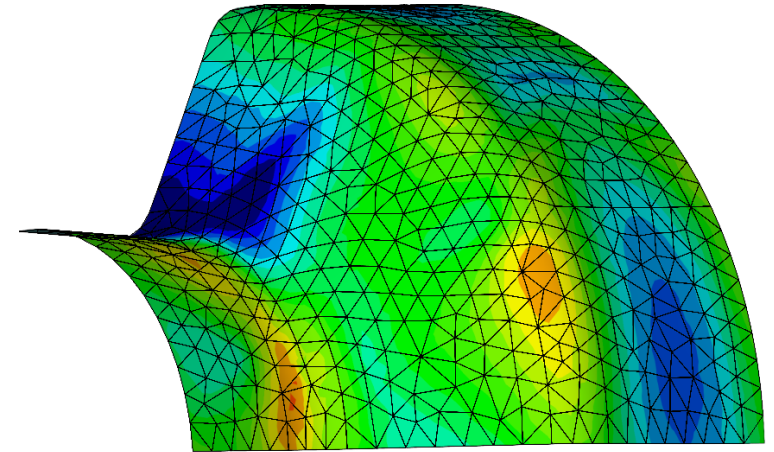
Geometrie

Materialmodell / Daten

Randbedingungen

Validierung der FEA Ergebnisse

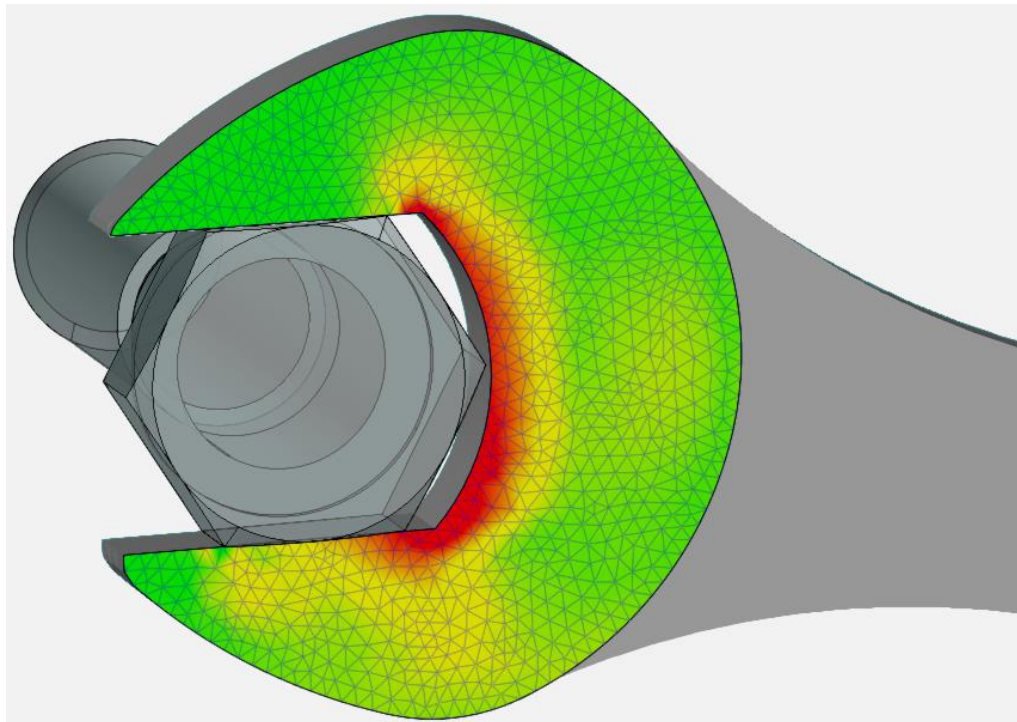
- Abweichungen der Form
- Abweichung der Verschiebung und Deformation
- Abweichung der Dehnung



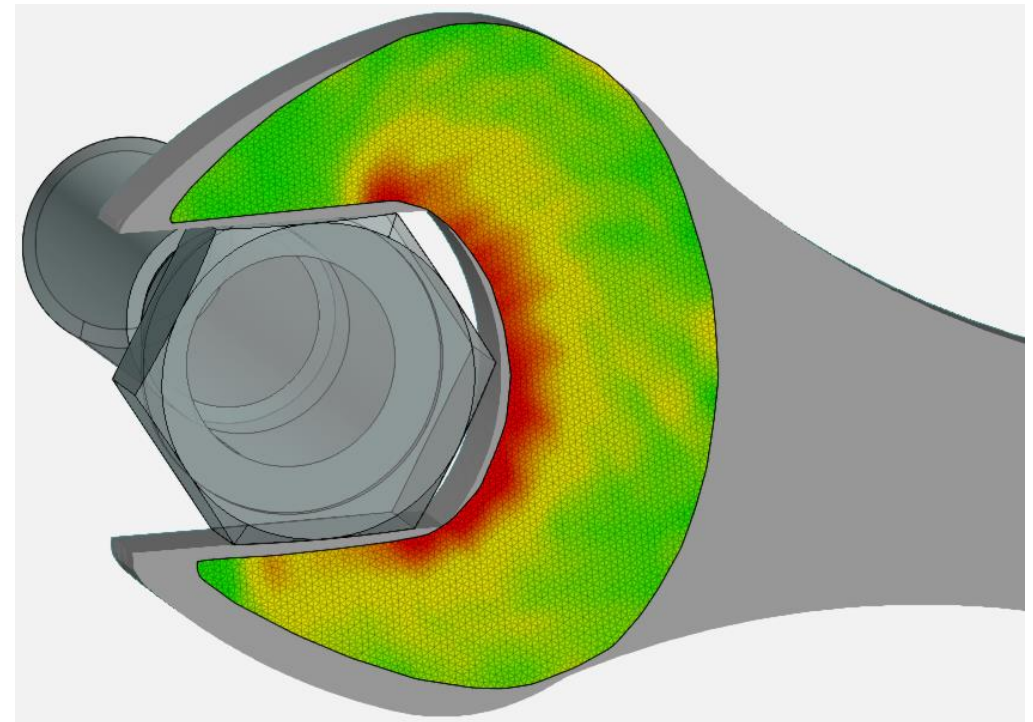
# FEM Datenabgleich

Vergleich von numerischen und gemessenen Daten in ARAMIS

**Simulation**



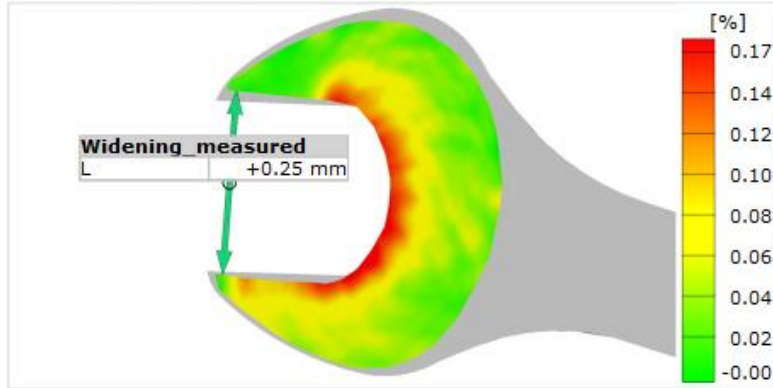
**Messung**



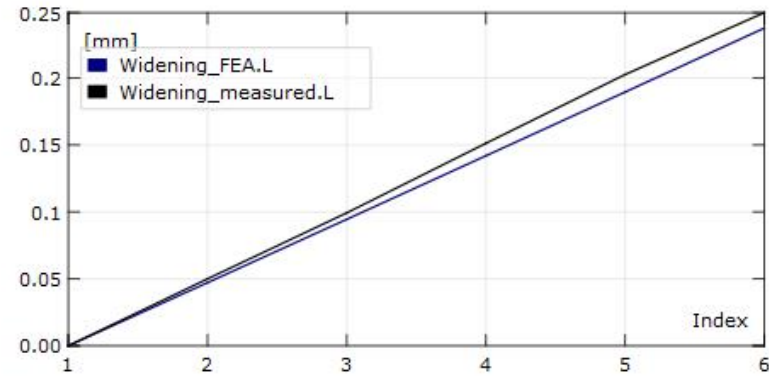
# FEM Datenabgleich

Comparison

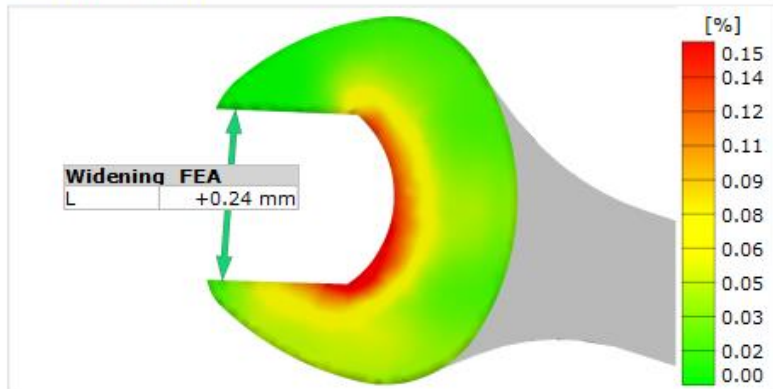
Measurement



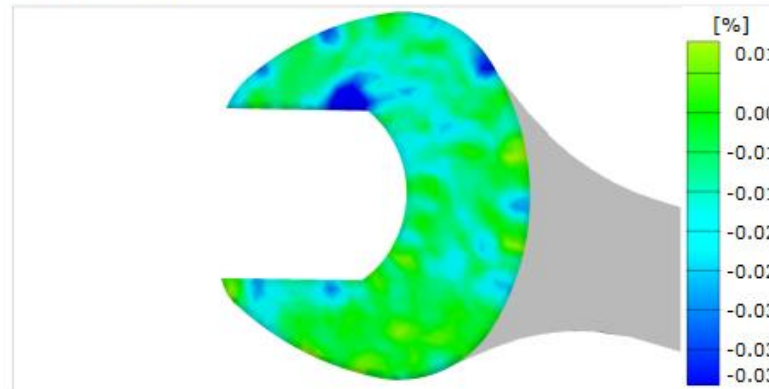
Widening



Simulation



Deviation



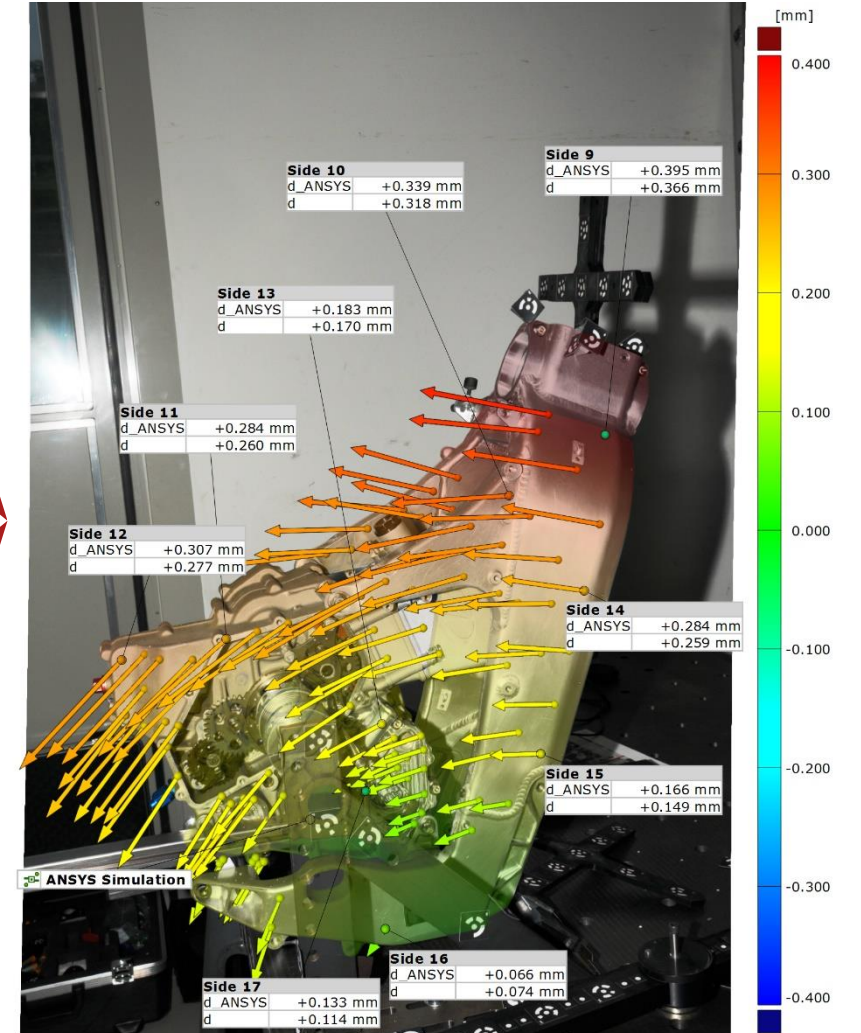
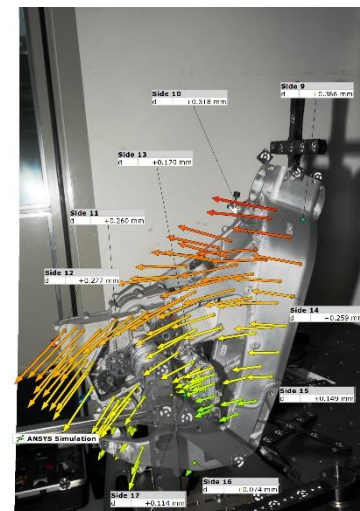
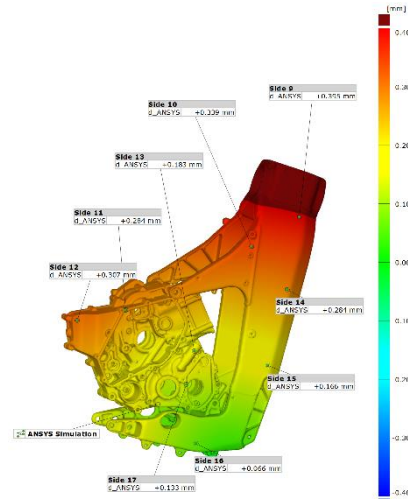


# Verbesserungen in ARAMIS 2019 - Simulationsabgleich



Punktkomponenten werden komplett unterstützt für:

- Strukturbauteile
- Alte PONTOS Anwendungen
- TRITOP Anwendungen



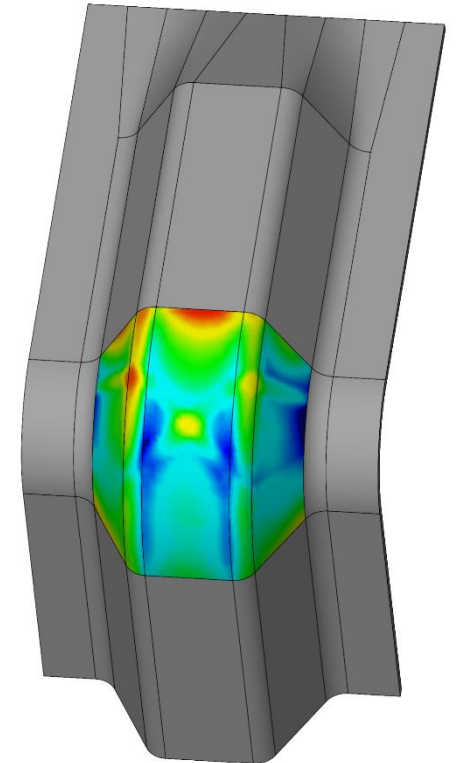
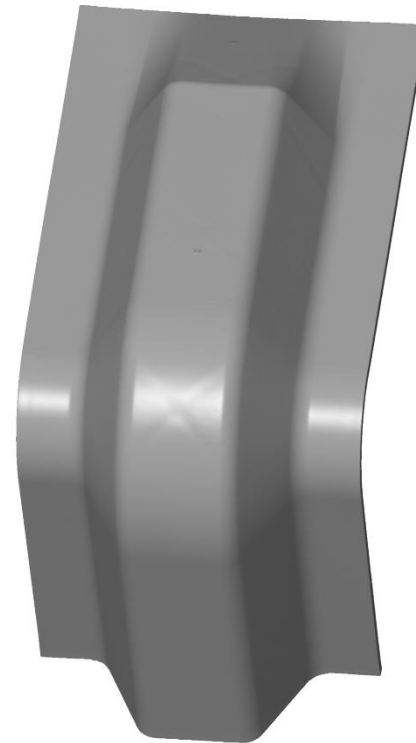
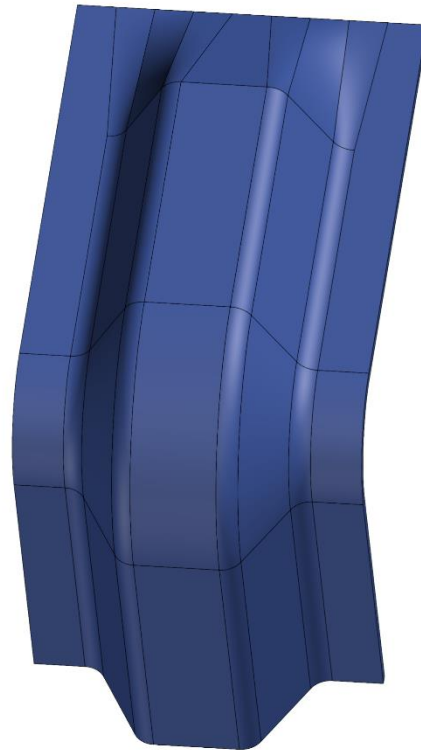
In cooperation with:



# Verbesserungen in ARAMIS 2019 - Simulationsabgleich

ATOS integriert

- Schrumpfverhalten
- Rückfederung
- Materialstärkenvergleich
- Materialeinzug beim Umformprozess

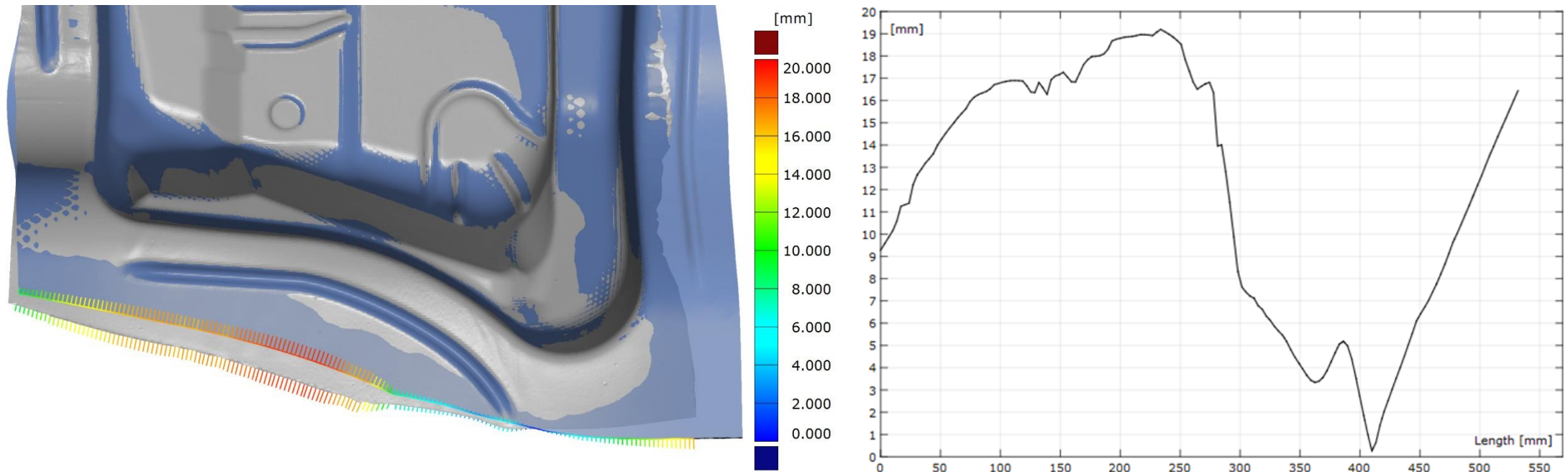


# Verbesserungen in ARAMIS 2019 - Simulationsabgleich



ATOS integriert

- Schrumpfverhalten
- Rückfederung
- Materialstärkenvergleich
- Materialeinzug beim Umformprozess



gom

[www.gom.com](http://www.gom.com)