

# Welcome to LightCon Preview Week!

Towards smart Production: Sensors, Information Flow,  
Architecture and Analysis

Dr.-Ing. Nico Liebers  
Project Manager, Institute of Composite Structures  
and Adaptive Systems  
German Aerospace Center (DLR)

[WWW.LIGHTCON.INFO](http://WWW.LIGHTCON.INFO)



Deutsche Messe



Founding  
Partner

LIGHT  
CON

# Towards smart production: Sensors, information flow, architecture and analysis

Dr.-Ing. Nico Liebers, Dominic Bertling and Mark Opitz

LightCon Preview Week

26 June 2020



Gefördert durch:

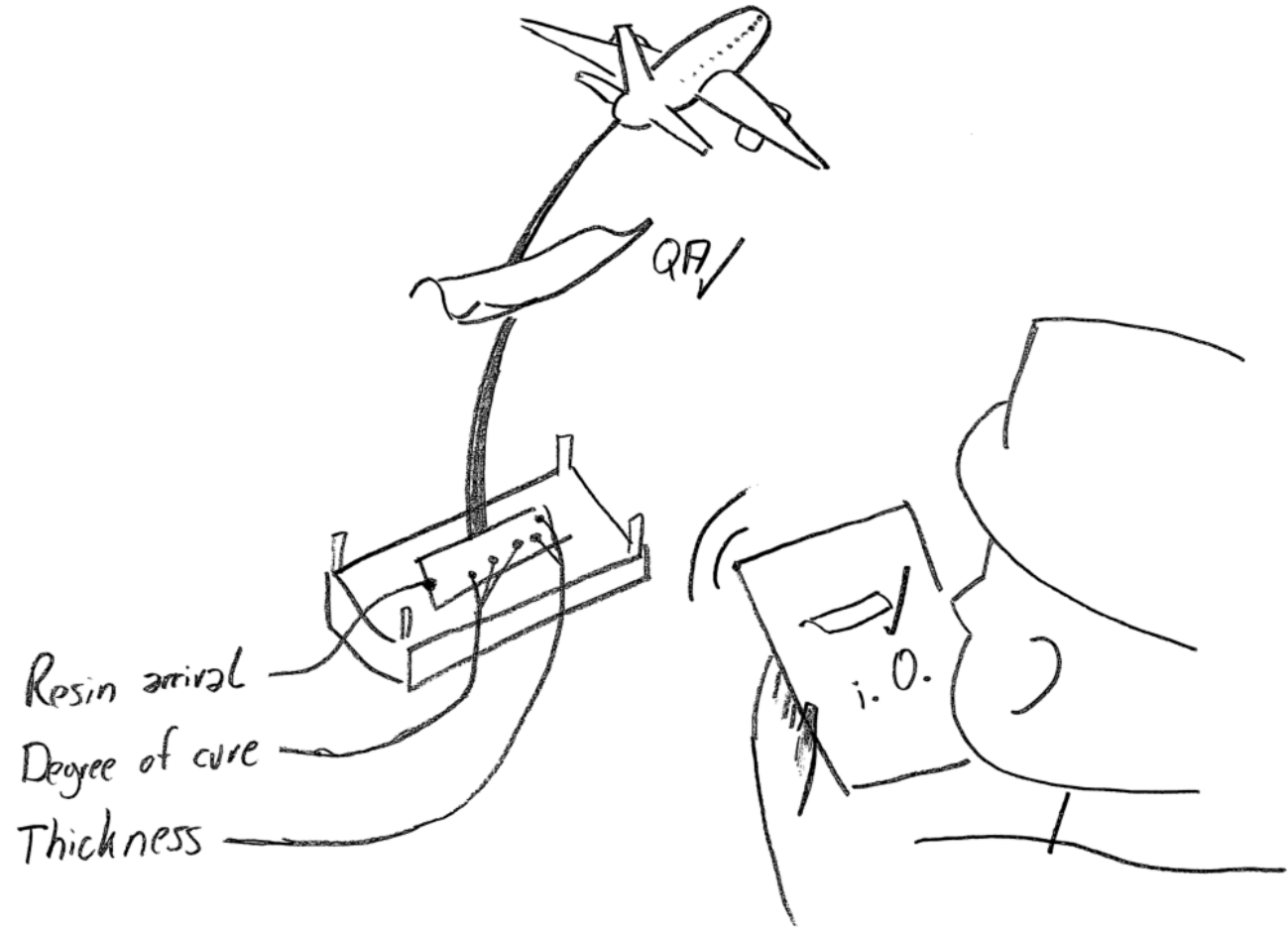


aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Smart Production- What is that? Why do we want to collect so much data?

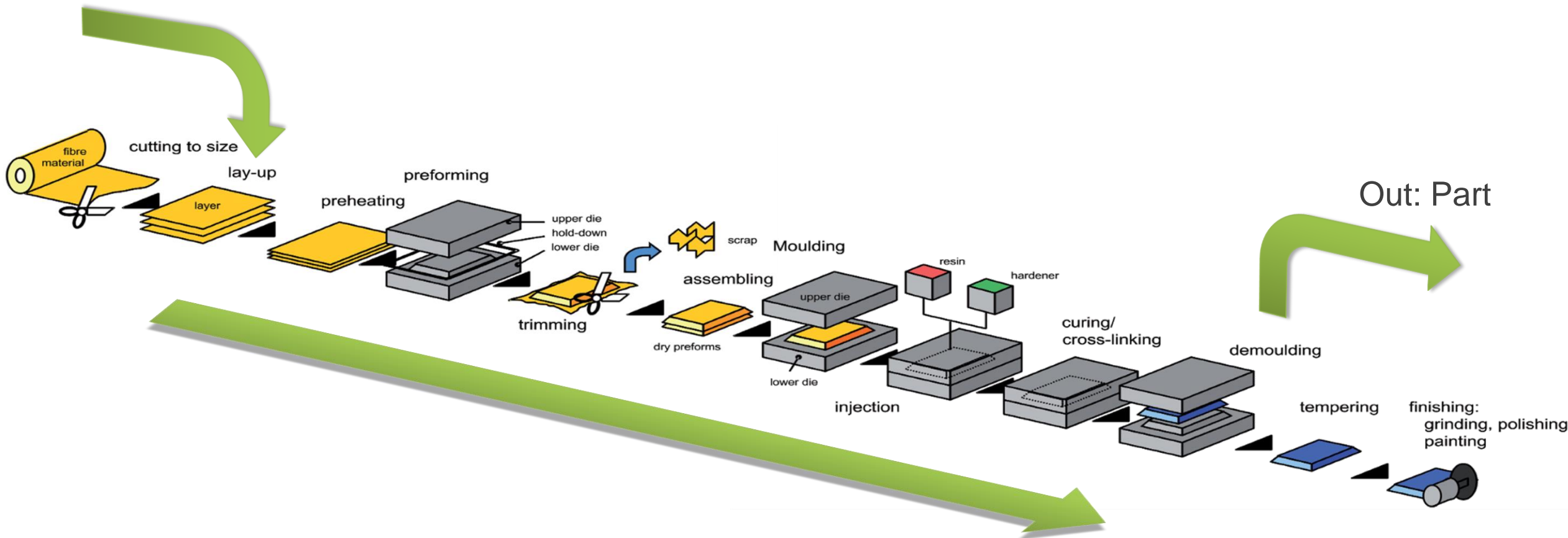
Vision: From the mold into the aircraft

- Increased efficiency and productivity (e.g. virtual quality assurance)
- Scrap part prevention due to per part process optimization



# Production process chain: Carbon fiber reinforced plastic (CFRP)

In: Raw material

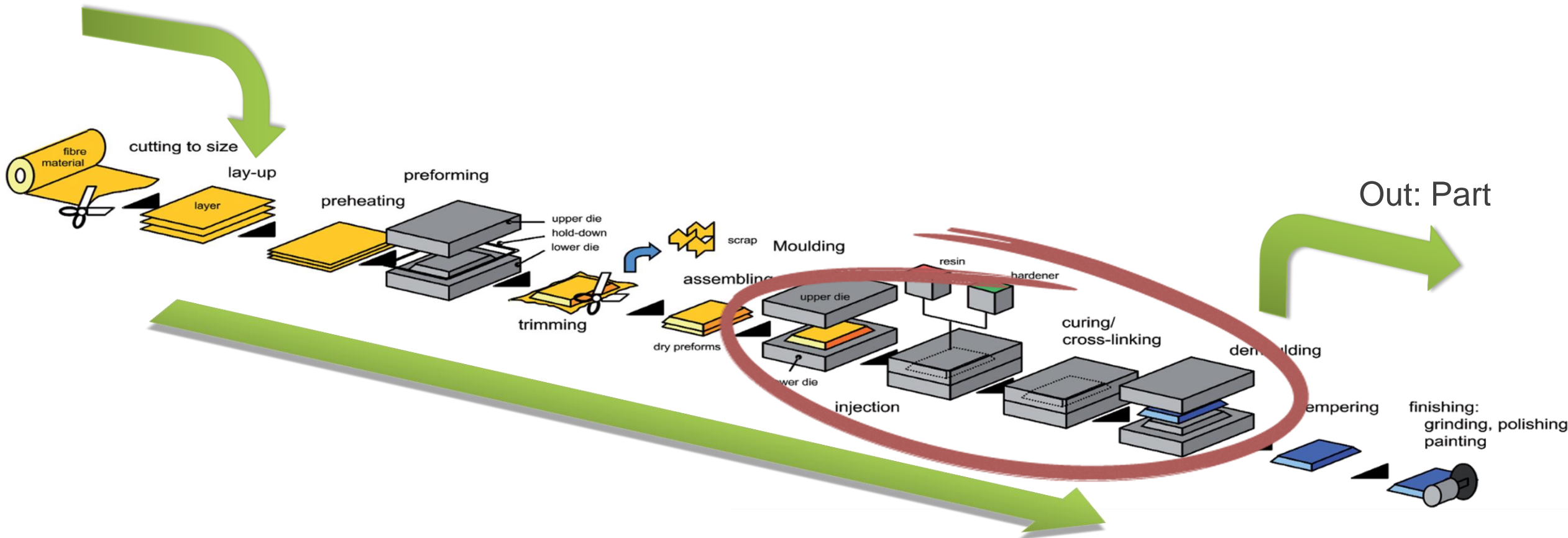


source: myRTM, a new tool for RTM process design, jec composites magazine / No58 June - July 2010



# Production process chain: Carbon fiber reinforced plastic (CFRP)

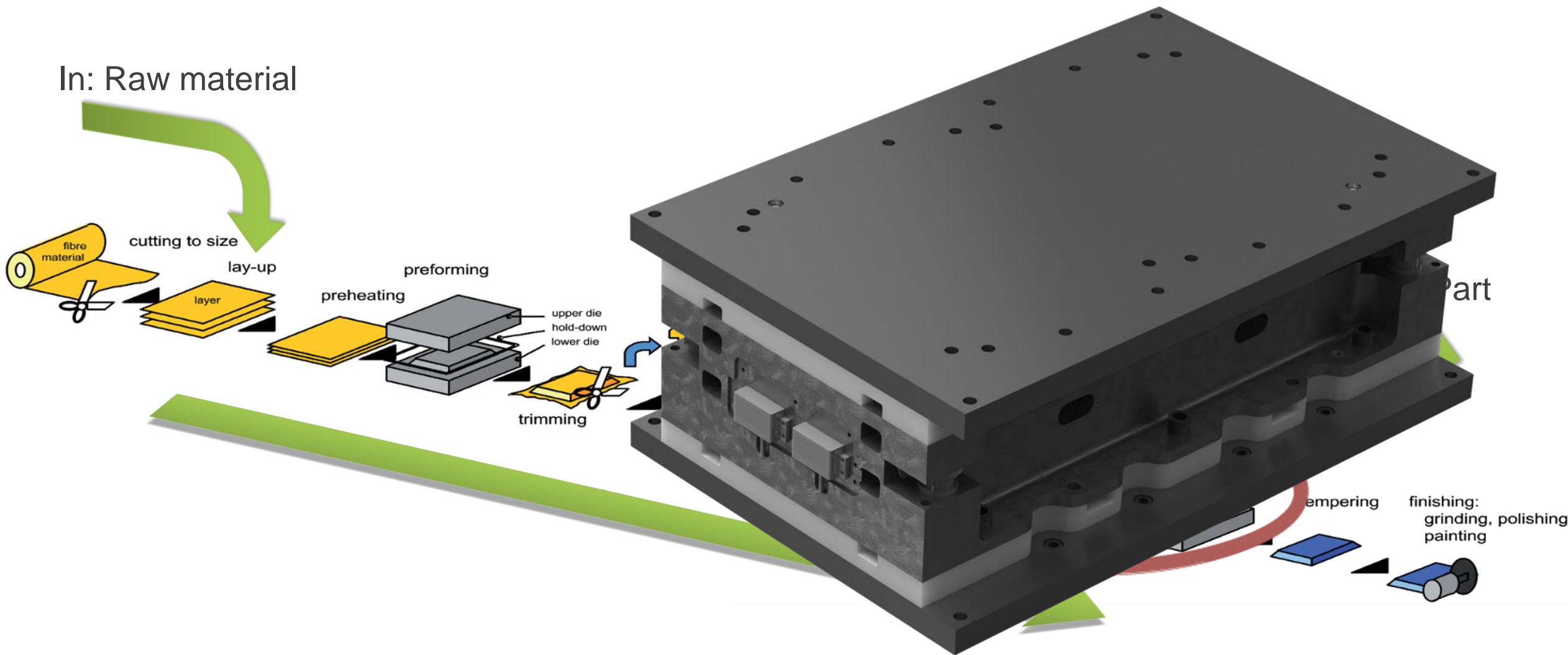
In: Raw material



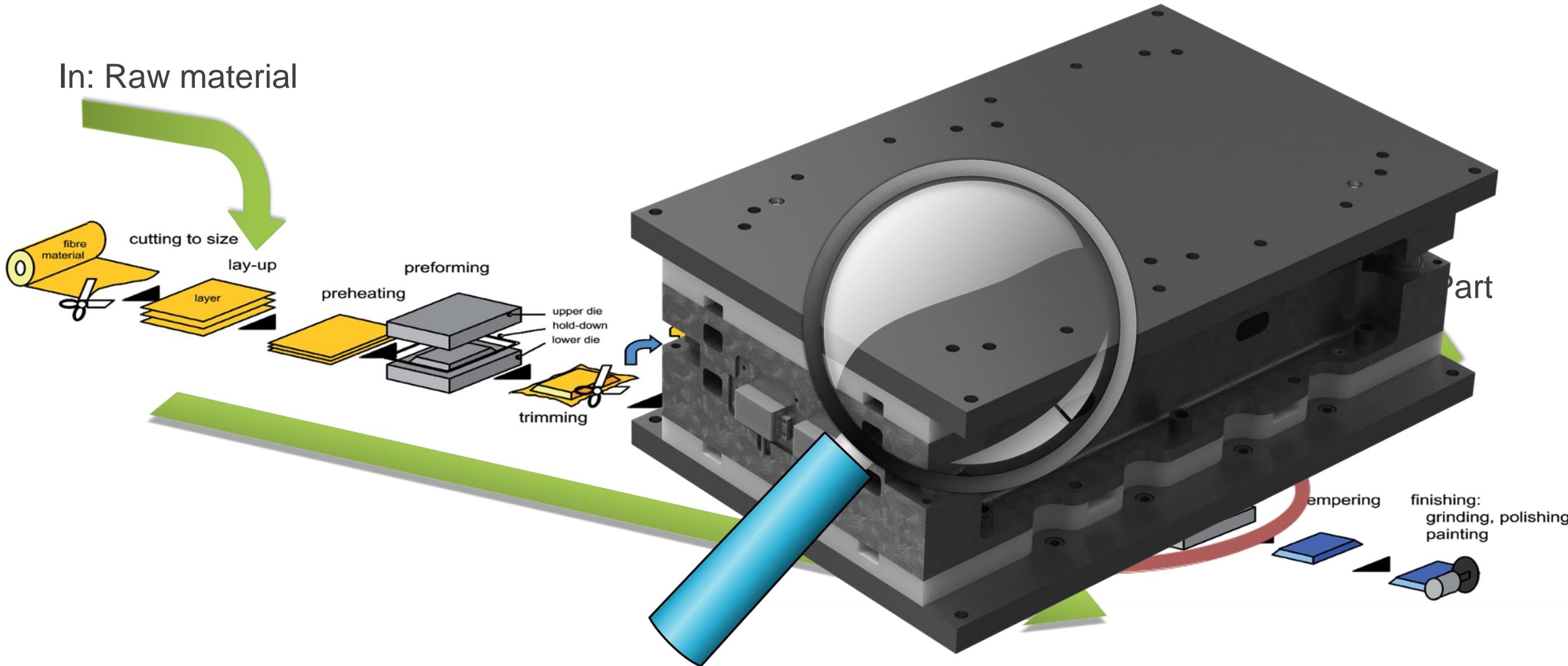
source: myRTM, a new tool for RTM process design, jec composites magazine / No58 June - July 2010



# Production process chain: Carbon fiber reinforced plastic (CFRP)



# Production process chain: Carbon fiber reinforced plastic (CFRP)



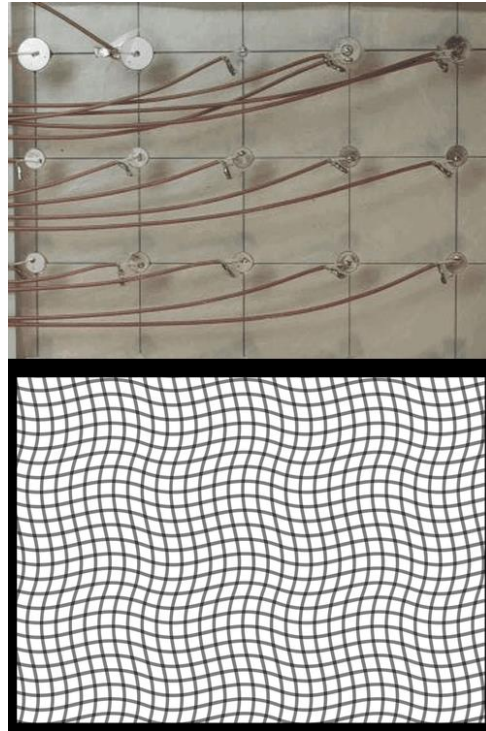
source: myRTM, a new tool for RTM process design, jec composites magazine / No58 June - July 2010



# Phenomenon in Detail

- Impregnation of dry fiber material by resin due to pressure gradient
- Variability in raw materials can lead to different flow pattern that end in scrap parts

*Ideal*

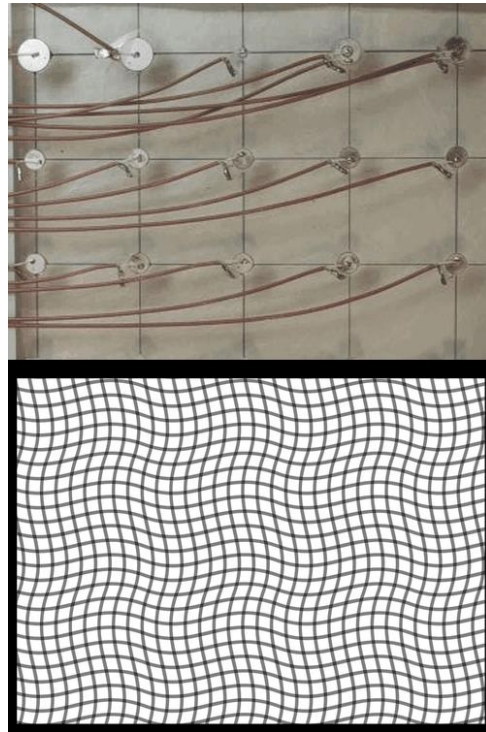




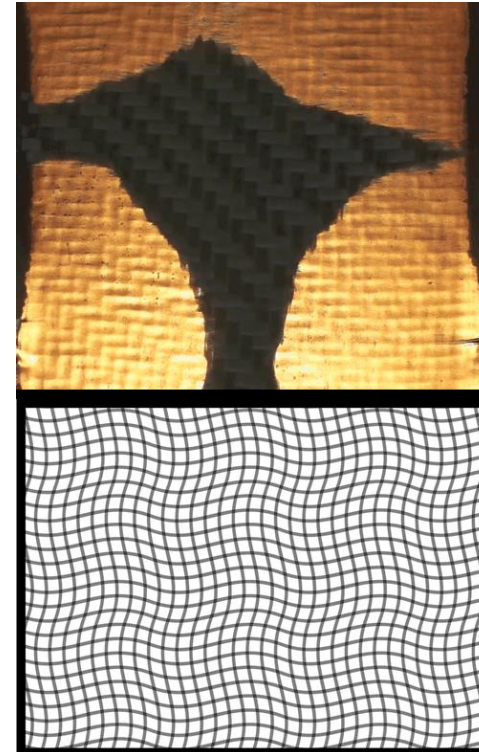
# Phenomenon in Detail

- Impregnation of dry fiber material by resin due to pressure gradient
- Variability in raw materials can lead to different flow pattern that end in scrap parts

*Ideal*



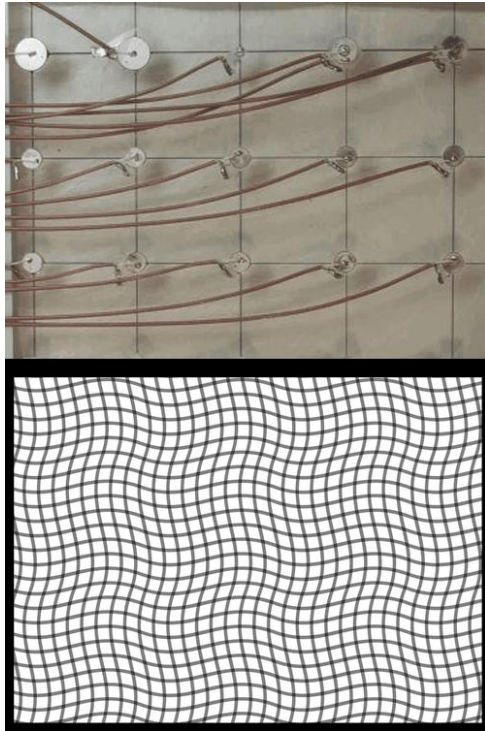
*Reality*



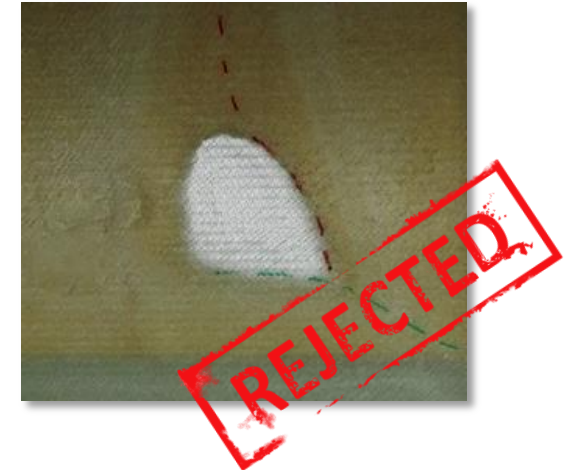
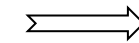
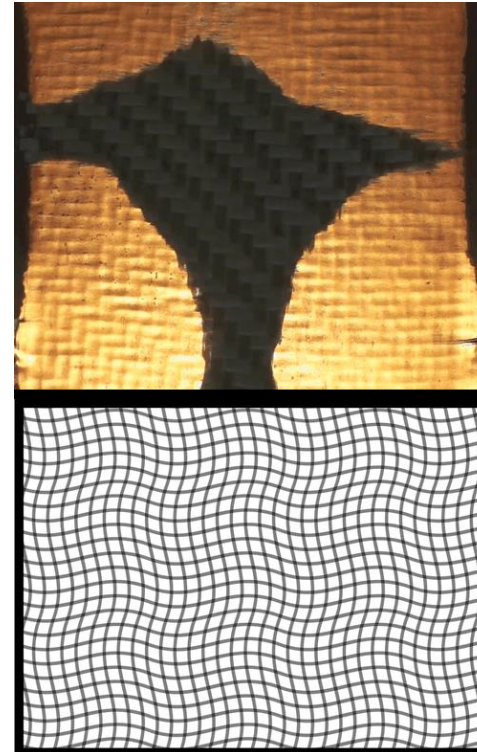
# Phenomenon in Detail

- Impregnation of dry fiber material by resin due to pressure gradient
- Variability in raw materials can lead to different flow pattern that end in scrap parts

*Ideal*



*Reality*

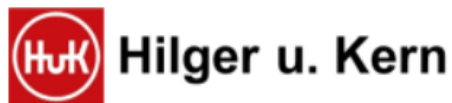
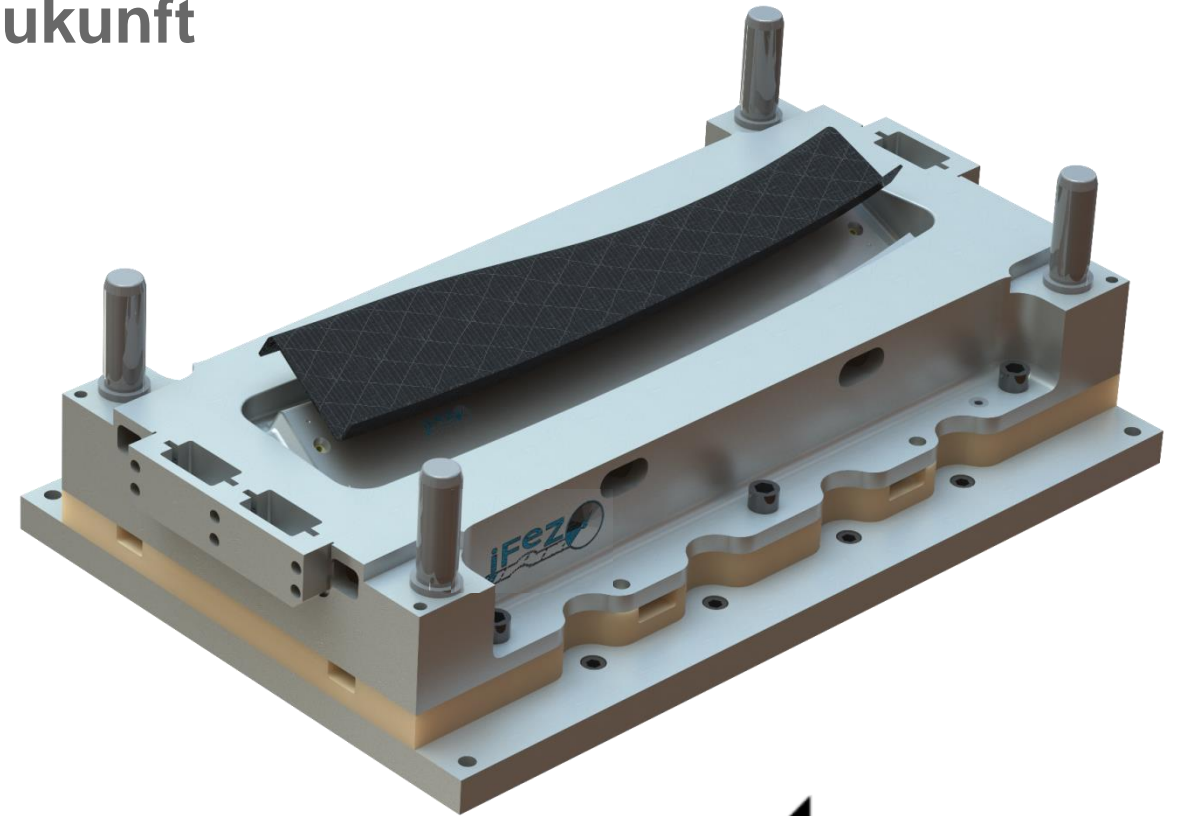


# iFeZ – intelligentes Formwerkzeug der Zukunft

## iFeZ – intelligent mould of the future

Technologies for improved manufacturing processes in aviation:

- Implementation of a sensor-integrated and multifunctional mould within an intelligently networked production environment
- Active process design with the goal of sustainable part production



# Component quality criteria

## Field of application: Aviation and CFRP

1. Component property?
2. Property is objective describable?
3. Magnitude?
4. Time of detection?
5. Used auxiliaries / tools?
6. Influencing factors and effect?



Fragebogen zur Identifizierung von FVK-Bauteilqualitätskriterien

1. Bitte im pdf-Reader online ausfüllen und Bogen speichern unter:  
 Fragebogen\_QS-Kriterien\_„MeinKriterium\_„MeinName.pdf  
 2. Anschließend zurücksenden an: [Mark.Opitz@dlr.de](mailto:Mark.Opitz@dlr.de)  
 3. Vielen Dank für die Mithilfe!

Angaben zum Bearbeiter  
 Name: \_\_\_\_\_  
 Telefon: \_\_\_\_\_  
 Jahre FVK-Erfahrung: \_\_\_\_\_

Jetzt Speichern und Senden, bitte hier drücken

Als Ausfüllhilfe findest Du Beispiele zu jedem Feld beim Überfahren mit der Maus!

1. Welche Bauteileigenschaft (Qualität) ist für Dich besonders relevant?  
 (bei Nennung mehrerer bitte jeweils einen gesonderten Fragebogen verwenden)
2. Ist eine objektive, also quantifizierte Beschreibung dieser Eigenschaft aktuell möglich?  
 (z.B. physikalische Größe, durch eine Zahl mit Maßeinheit)  
 ja  
 nein (wenn "nein", entfallen die folgenden Fragen, ggf. rechts Erläuterungen anfügen)
3. Wie wird diese Eigenschaft objektiv und quantifiziert beschrieben?  
 Bitte nenne 3 Beispiele zugehöriger Größenordnungen der unter 1.) genannten Eigenschaft im Anwendungsbereich CFK und Luftfahrt für:  
 • „guter Wert“:  
 • „mittlerer Wert“:  
 • „schlechter Wert“:
4. Ab wann ist eine objektive, quantifizierte Beschreibung dieser Eigenschaften bei einem Bauteil möglich?  
 bereits während der Herstellung, wenn noch nicht alle Komponenten gefügt sind  
 bereits während der Herstellung, wenn noch nicht alle chemischen Prozesse (u.a. Aushärtung) abgelaufen sind  
 direkt nach der Herstellung im Rohzustand des Bauteils  
 nach der (Nach-)bearbeitung des Bauteils  
 beim Einbau des Bauteils  
 nach einer gewissen Zeit im Betrieb / Einsatz des Bauteils
5. Welche Hilfsmittel / Gerätschaften werden für die objektive quantifizierte Beschreibung der Bauteileigenschaft typischerweise verwendet?
6. Welche Prozess-, Material- oder sonstige Parameter bei der Herstellung des Bauteils beeinflussen die Größe/Höhe der Eigenschaft?  
 Bitte benenne den Parameter und den Zusammenhang um einen „guten Wert“ der Qualitäts-Eigenschaft zu erreichen (vgl. Punkt 3).

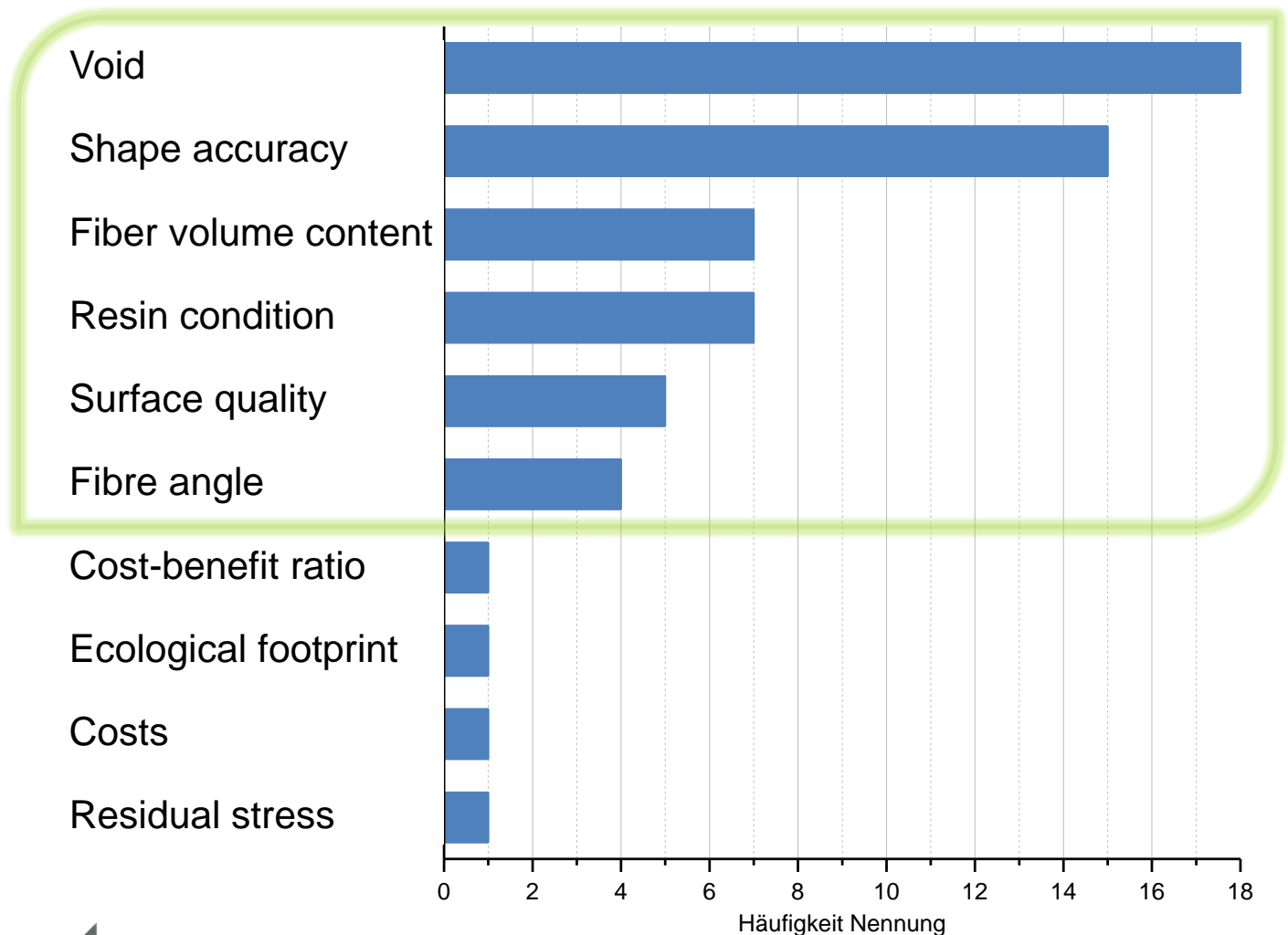
Einfluss-Parameter [ggf. Maßeinheit]	Für „gute“ Qualitäts-Werte erforderlich

Bei Fragen gibt Auskunft: Dipl.-Ing. Mark Opitz | Telefon: +49 (531) 295-2856 | Mail: [Mark.Opitz@dlr.de](mailto:Mark.Opitz@dlr.de)



# Component quality criteria

## Field of application: Aviation and CFRP



Fragebogen zur Identifizierung von FVK-Bauteilqualitätskriterien

Bitte im pdf-Reader online ausfüllen und Bogen speichern unter: [Fragebogen\\_QS-Kriterien\\_„MeinKriterium\\_„MeinName.pdf](#)

Anschließend zurücksenden an: [Mark.Opitz@dlr.de](mailto:Mark.Opitz@dlr.de)

Vielen Dank für die Mithilfe!

Angaben zum Bearbeiter:  
 Name: \_\_\_\_\_  
 Telefon: \_\_\_\_\_  
 Jahre FVK-Erfahrung: \_\_\_\_\_

Jetzt Speichern und Senden, bitte hier drücken

Als Ausfüllhilfe findest Du Beispiele zu jedem Feld beim Überfahren mit der Maus!

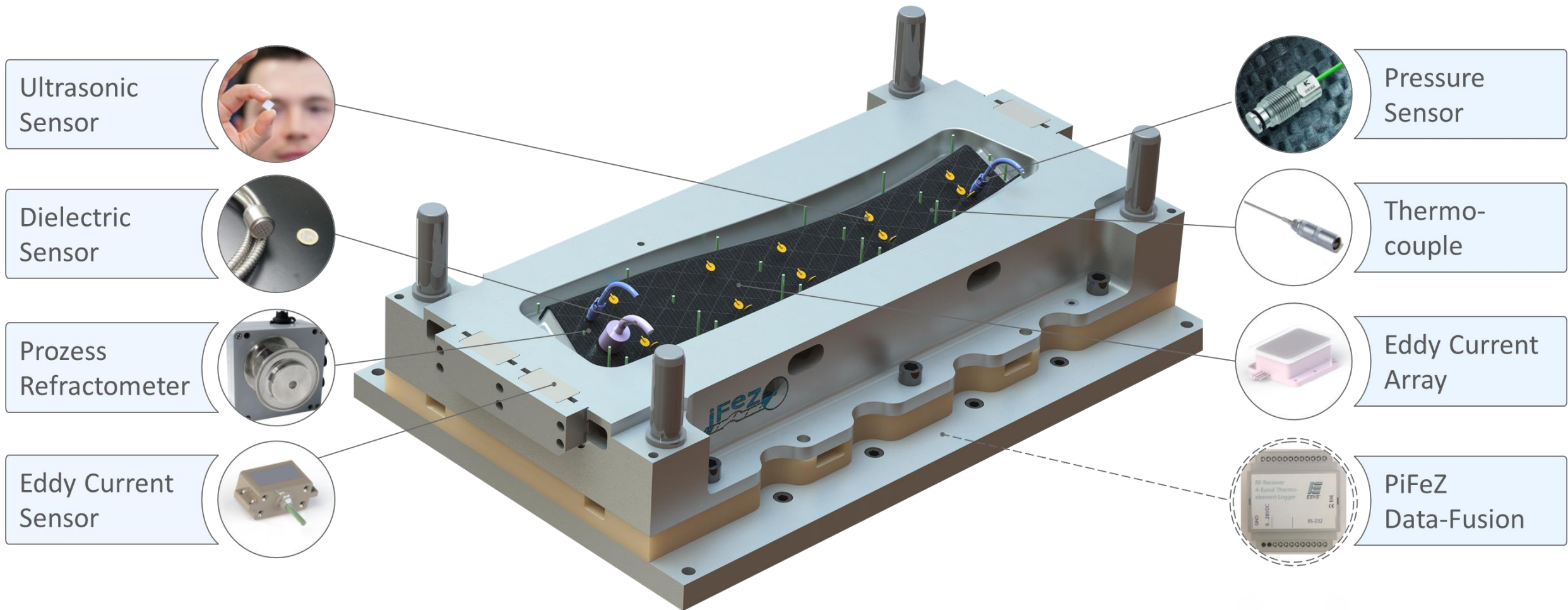
1. Welche Bauteileigenschaft (Qualität) ist für Dich besonders relevant?  
(bei Nennung mehrerer bitte jeweils einen gesonderten Fragebogen verwenden)
2. Ist eine objektive, also quantifizierte Beschreibung dieser Eigenschaft aktuell möglich?  
(z.B. physikalische Größe, durch eine Zahl mit Maßeinheit)  
 ja  
 nein (wenn "nein", entfallen die folgenden Fragen, ggf. rechts Erläuterungen anfügen)
3. Wie wird diese Eigenschaft objektiv und quantifiziert beschrieben?  
Bitte nenne 3 Beispiele zugehöriger Größenordnungen der unter 1.) genannten Eigenschaft im Anwendungsbereich CFK und Luftfahrt für:  
  - „guter Wert“: \_\_\_\_\_
  - „mittlerer Wert“: \_\_\_\_\_
  - „schlechter Wert“: \_\_\_\_\_
4. Ab wann ist eine objektive, quantifizierte Beschreibung dieser Eigenschaften bei einem Bauteil möglich?  
 bereits während der Herstellung, wenn noch nicht alle Komponenten gefügt sind  
 bereits während der Herstellung, wenn noch nicht alle chemischen Prozesse (u.a. Aushärtung) abgelaufen sind  
 direkt nach der Herstellung im Rohzustand des Bauteils  
 nach der (Nach-)bearbeitung des Bauteils  
 beim Einbau des Bauteils  
 nach einer gewissen Zeit im Betrieb / Einsatz des Bauteils
5. Welche Hilfsmittel / Gerätschaften werden für die objektive quantifizierte Beschreibung der Bauteileigenschaft typischerweise verwendet?
6. Welche Prozess-, Material- oder sonstige Parameter bei der Herstellung des Bauteils beeinflussen die Größe/Höhe der Eigenschaft?  
Bitte benenne den Parameter und den Zusammenhang um einen „guten Wert“ der Qualitäts-Eigenschaft zu erreichen (vgl. Punkt 3).

Einfluss-Parameter [ggf. Maßeinheit]	Für „gute“ Qualitäts-Werte“ erforderlich

Bei Fragen gibt Auskunft: Dipl.-Ing. Mark Opitz | Telefon: +49 (531) 295-2856 | Mail: [Mark.Opitz@dlr.de](mailto:Mark.Opitz@dlr.de)



# Digital Mock Up for retrofit an existing mold with sensor technology

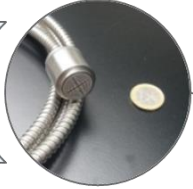


# Result: Sensor-integrated mould

Ultrasonic Sensor



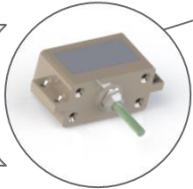
Dielectric Sensor



Prozess Refractometer



Eddy Current Sensor



Pressure Sensor



Thermo-couple



Eddy Current Array



PiFeZ Data-Fusion

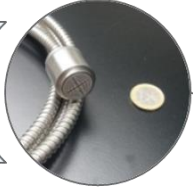


# Result: Sensor-integrated mould

Ultrasonic Sensor



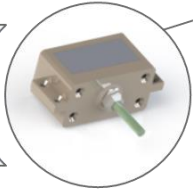
Dielectric Sensor



Prozess Refractometer



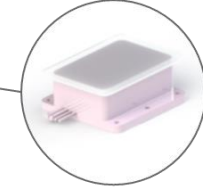
Eddy Current Sensor



Pressure Sensor



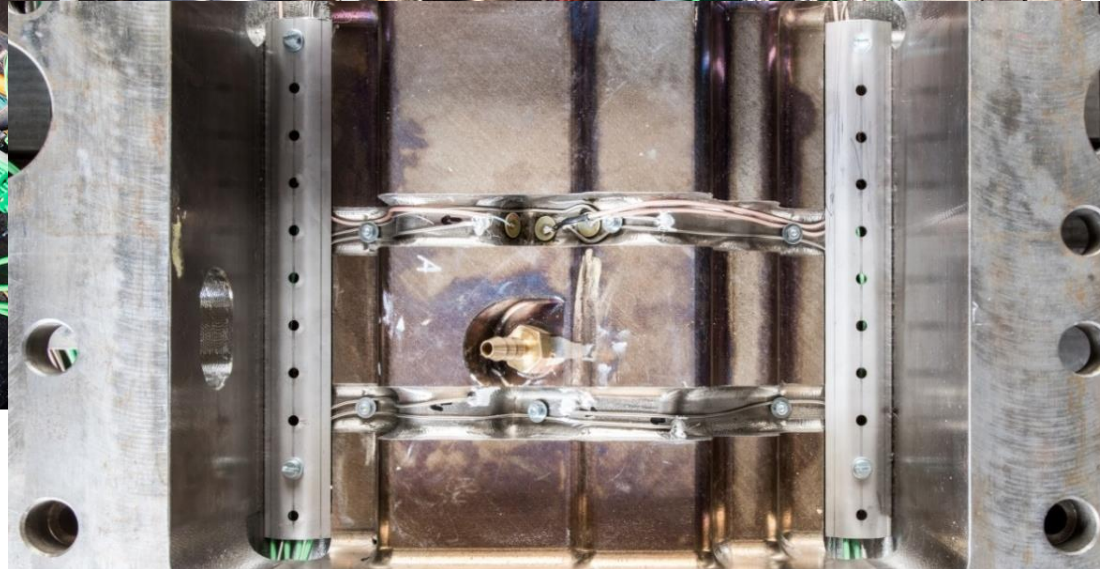
Thermo-couple



Eddy Current Array

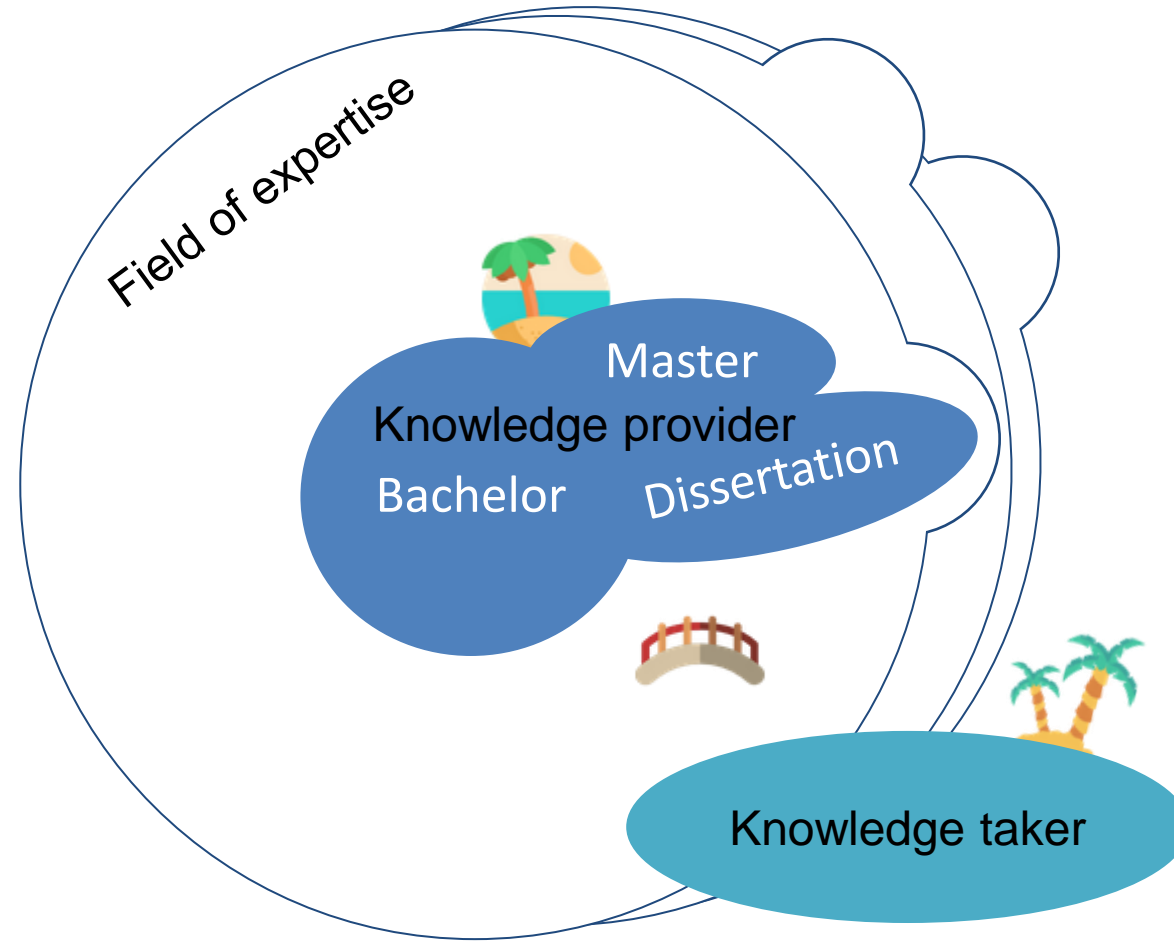


PiFeZ Data-Fusion

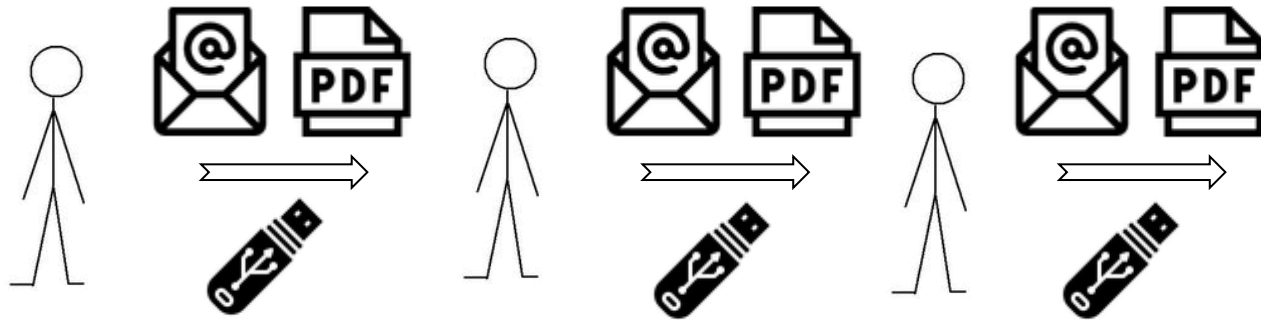




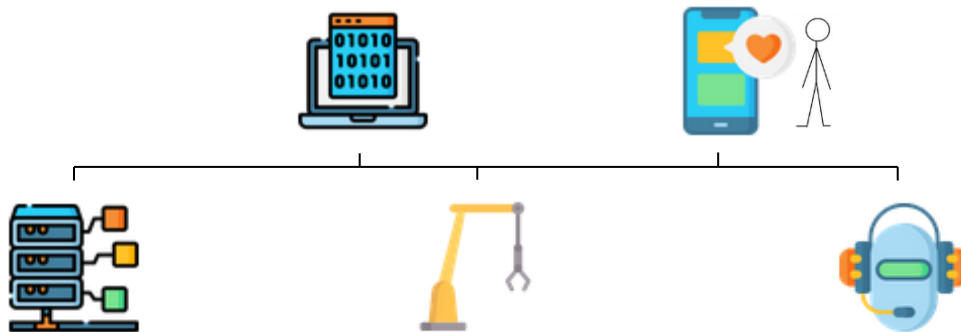
# Towards smart Production fusing Expert Systems



# Information Flow



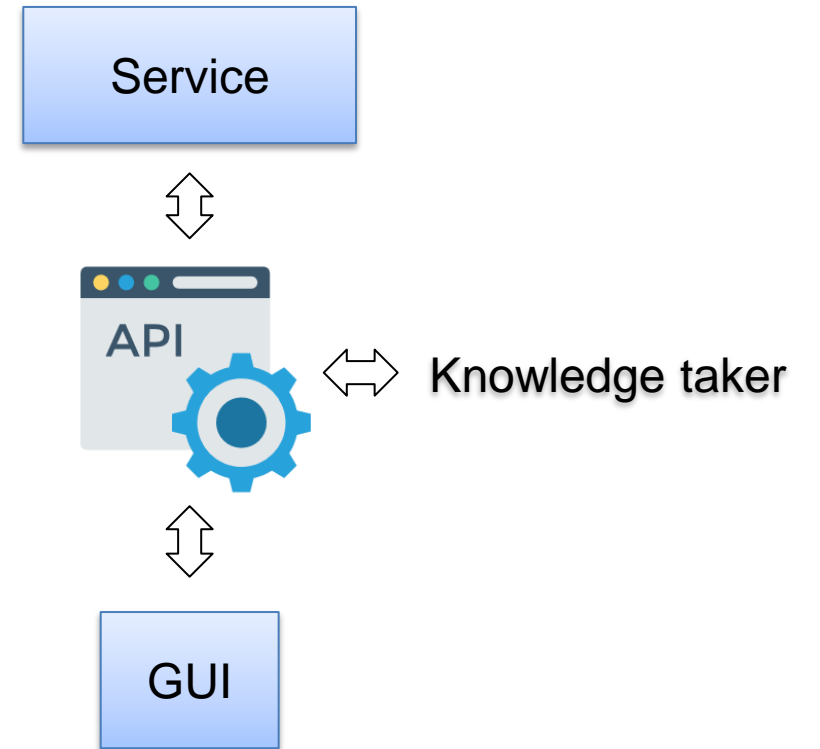
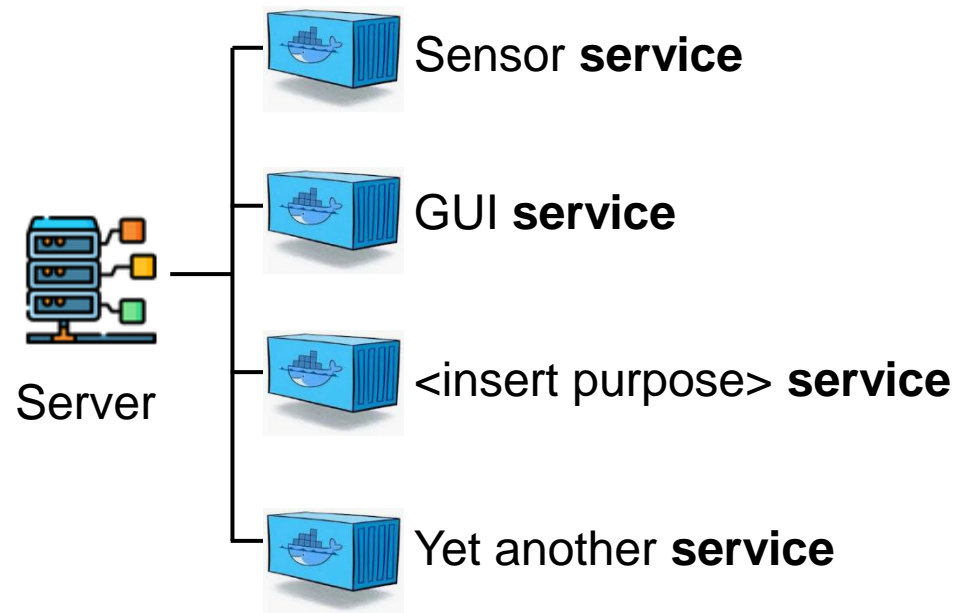
Pseudo digitalization



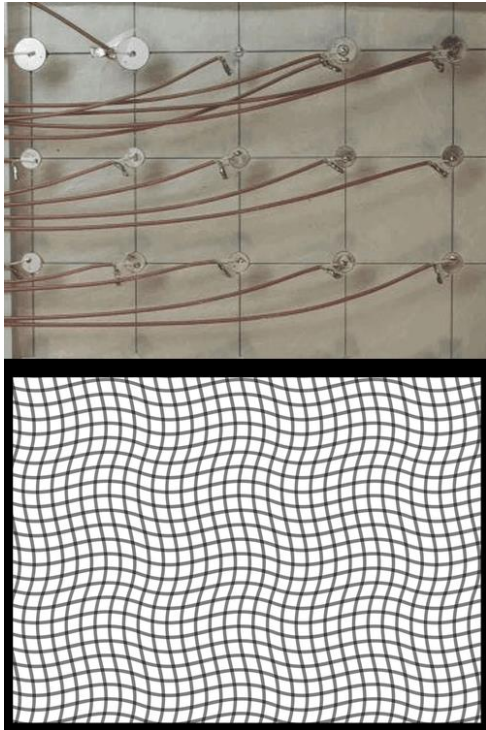
True digitalization



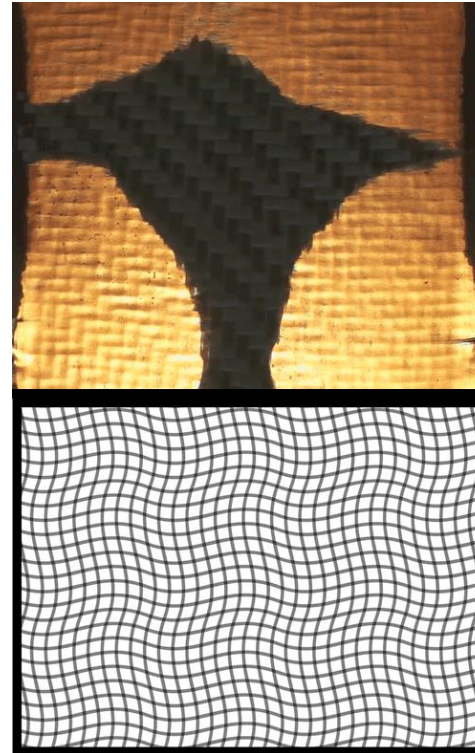
# Architecture: Virtualization with containers and APIs



# Reminder: Detecting Defects during Production



or

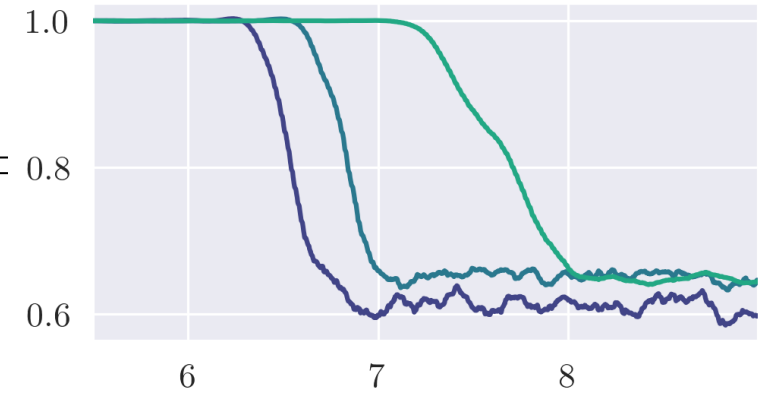
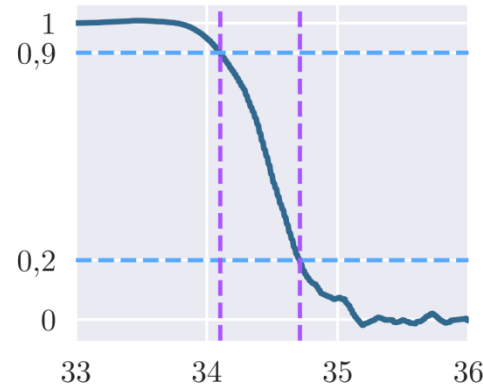
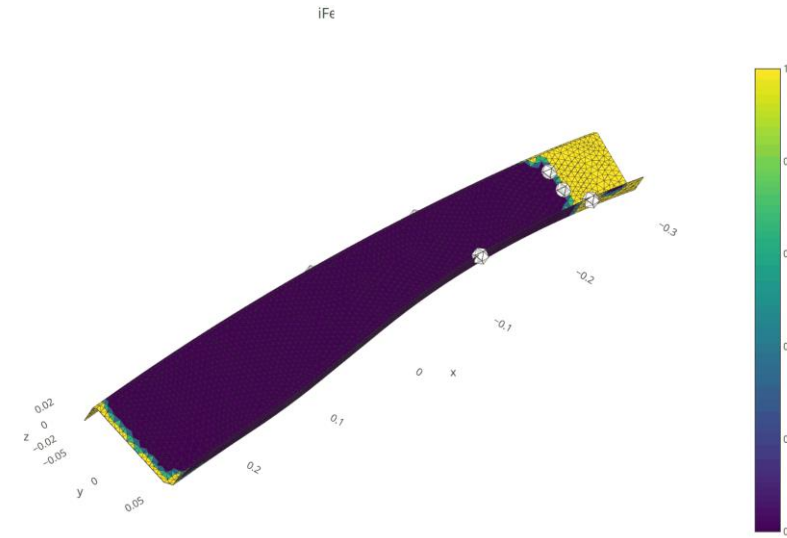
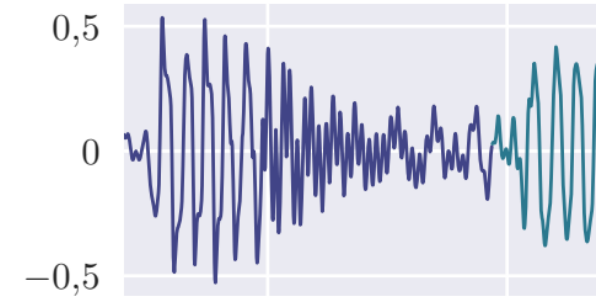
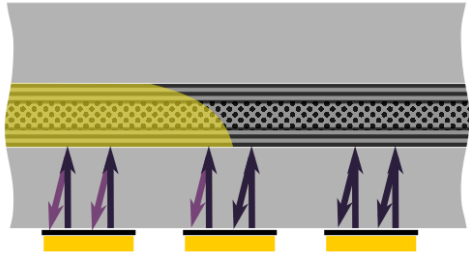


*...or something completely else?*

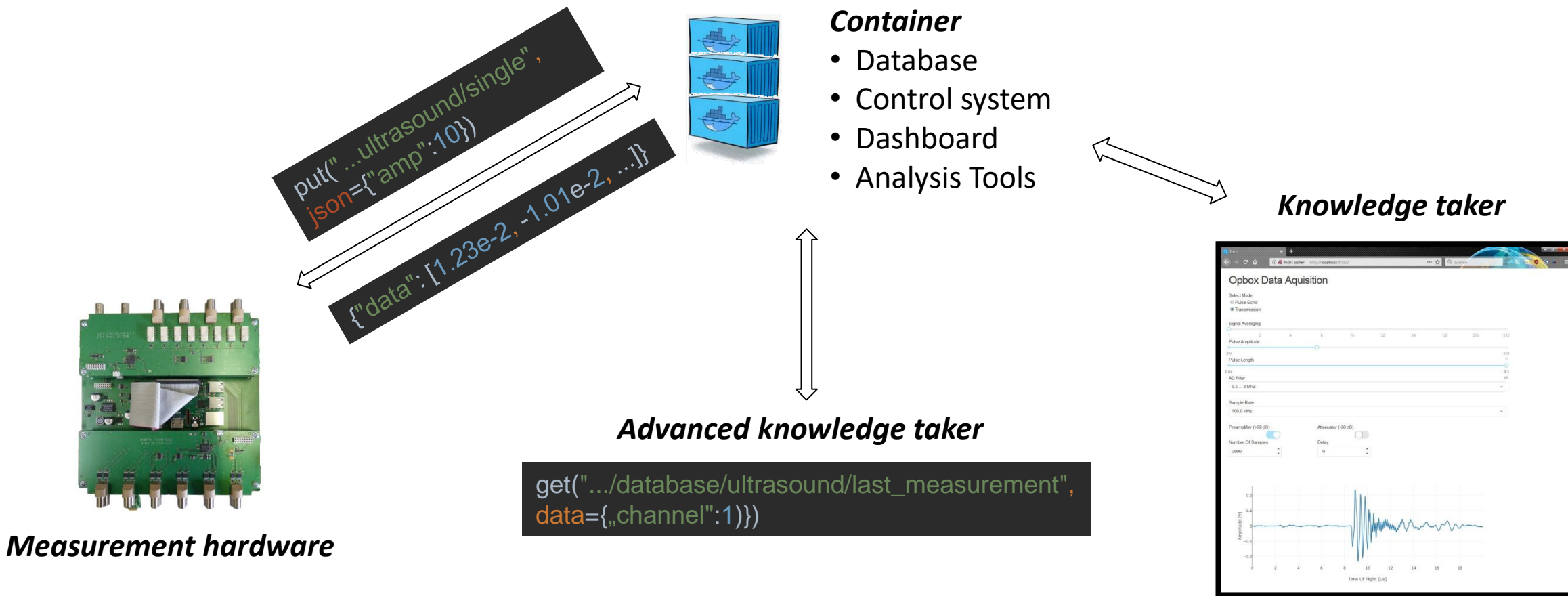
*...and what does that mean?*



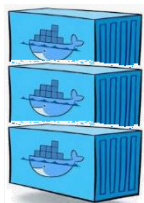
# Field of Expertise: Flowfront monitoring with ultrasound sensors



# 1<sup>st</sup> Service: Architecture for process monitoring with ultrasound

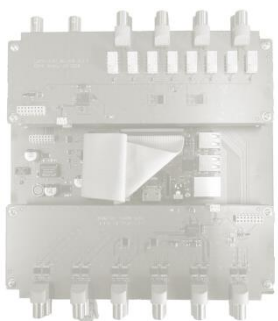


# 2<sup>nd</sup> Service: Architecture for advanced process monitoring of RTM-Processes

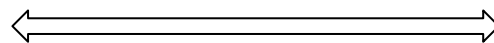


## Container

- Database
- Control system
- Dashboard
- Analysis Tools



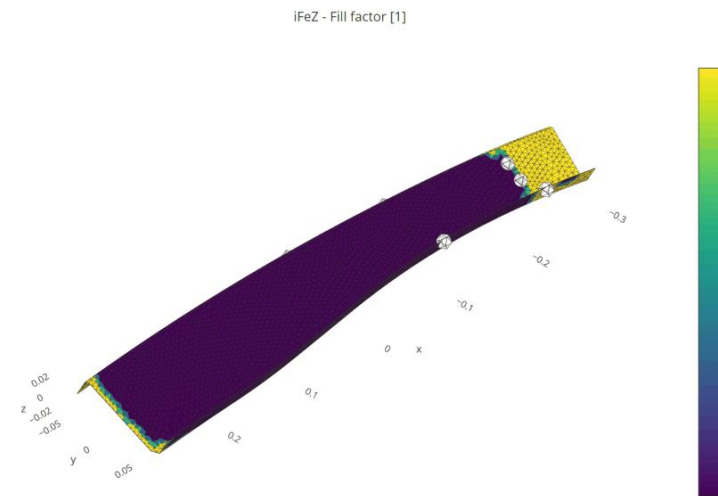
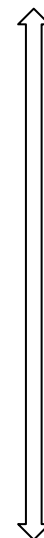
Measurement hardware



```
get("../database/...",  
data={„channel”:1})
```



## Analysis and evaluation using flow simulation



## System control

- Adjust parameter
- Modify process steps



# Benefits

Transparent and efficient processes

- Reduced process times
- Lower quality fluctuations
- Reduced number of scrap parts

Preserving knowledge and making use of existing knowledge

Reduction of non destructive inspection by shifting quality assurance into production

Virtual certification of each individual component based on measured quality data





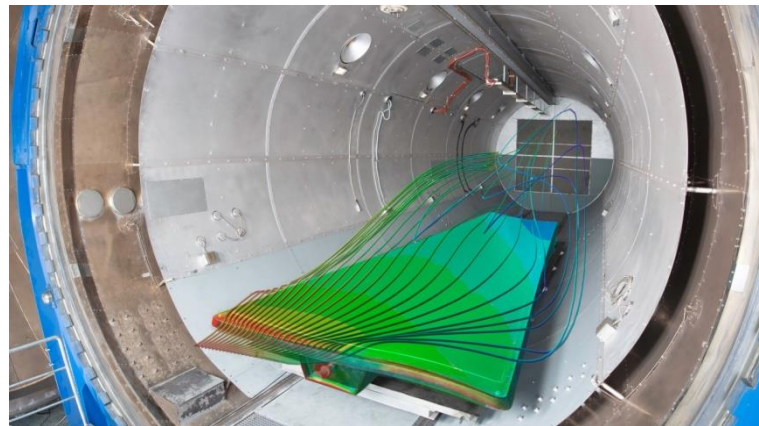
# Outlook

## Research platform „Evo“



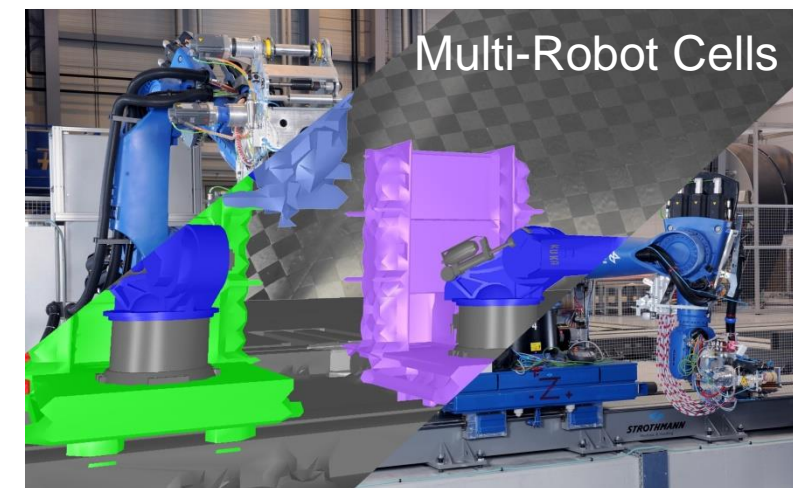
- Complete RTM-chain
- Online Data acquisition
- Relational Database (Ontology)
- Digital Twin

## Research platform „BALU“



- Large research autoclave
- Simulation and sensor-guided curing processes
- Virtual autoclave

## Research platform „GroFI“



- Automated Fibre Placement
- Online and Offline Simulation of Multi-Robot Cells
- Online Structural Evaluation of Deviations



# Want to get in touch? Our systems are also mobile!

## German Aerospace Center (DLR)

Institute of Composite Structures and Adaptive Systems

Composite Technology

Lilienthalplatz 7

38108 Braunschweig

Dr.-Ing. **Nico Liebers**

Phone +49 531 295 3294

Mail [nico.liebers@dlr.de](mailto:nico.liebers@dlr.de)

