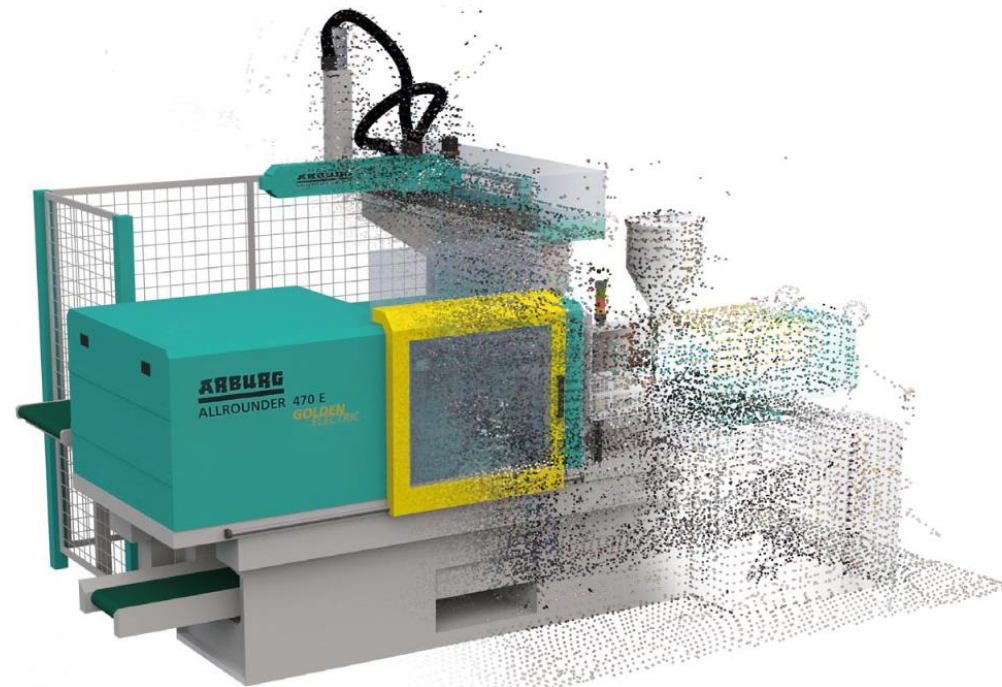


# Lenkungskreistreffen 3

## Digital Twin of Injection Molding (DIM)

02.11.2021



[Quelle: HMQ AG]

■ Entwicklung- und Implementierung    ■ Transfer    ■ Meilenstein

	PM			2020			2021												2022											
	IfW-W	IfW-T	MRT-W	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AP 0	4	0	4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 1	7	7	0	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 2	8	7	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 3	3	2	8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 4	2	2	9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 5	3	0	3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Σ	27	18	25																											

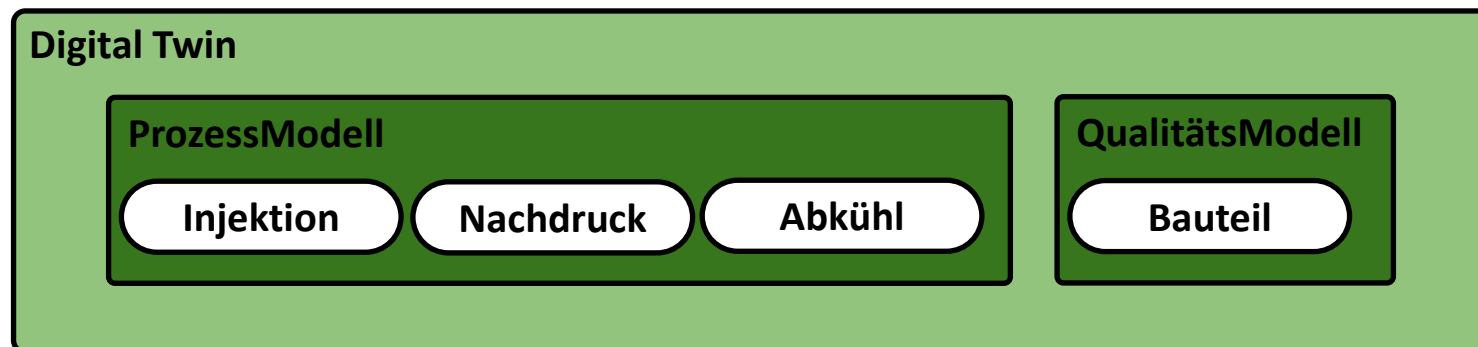
15.07.2021

- AP0: Projektlenkungsreis
- AP1: Aufbau der Qualitätsmesszelle
- AP2: Datenaufzeichnung
- AP3: Modellbildung Digitaler Zwilling
- AP4: Prozessoptimierung
- AP5: Verbreitung der Projektergebnisse

- MS1: Demonstratoranlage aufgebaut
- MS2: Softwareentwicklung abgeschlossen

## Rückblick auf letztes Projekttreffen:

- Vorstellung der Datenaufzeichnung
- Softwarestruktur Toolbox zur Modellbildung und Prozessoptimierung



■ Entwicklung- und Implementierung    ■ Transfer    ■ Meilenstein

	PM			2020			2021												2022											
	IfW-W	IfW-T	MRT-W	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AP 0	4	0	4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 1	7	7	0	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 2	8	7	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 3	3	2	8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 4	2	2	9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 5	3	0	3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Σ	27	18	25																											

02.11.2021

- AP0: Projektlenkungskreis
- AP1: Aufbau der Qualitätsmesszelle
- AP2: Datenaufzeichnung
- AP3: Modellbildung Digitaler Zwilling
- AP4: Prozessoptimierung
- AP5: Verbreitung der Projektergebnisse

- MS1: Demonstratoranlage aufgebaut
- MS2: Softwareentwicklung abgeschlossen

## Agenda:

- MS1, Vorstellung der Demonstratoranlage
- Versuchsplanung
- Vorstellung Datenauslesung
- Dynamisches Modellbildungskonzept
- Workshopreihe

- Übersicht Projektstand DIM
- **Vorstellung Demonstratoranlage**
  - Spritzgießmaschine + Bauteil
  - Qualitätsmesszelle
  - Versuchsplanung
  - Datenauslesung
- **Dynamisches Modellbildungskonzept**
- **Workshopreihe**
- **Abschlussdiskussion**

### Arburg Allrounder 470S:

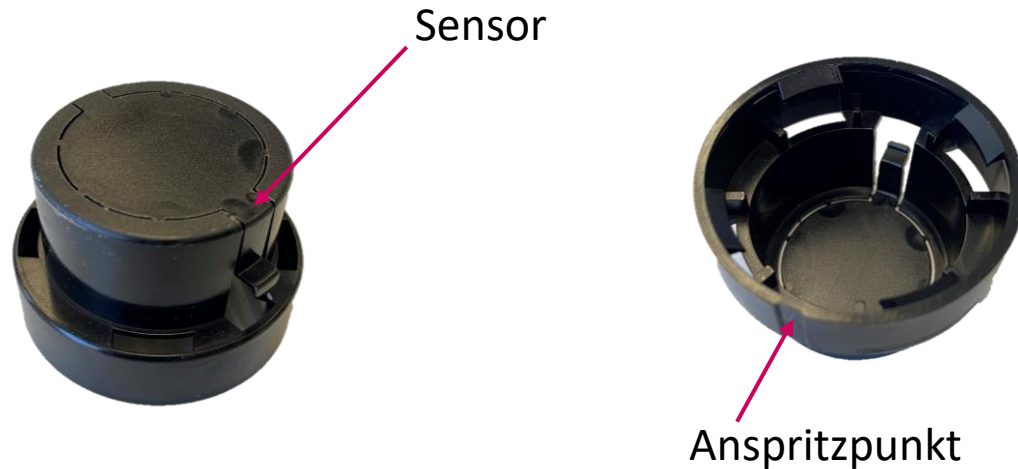
- Vollhydraulische 2K-Spritzgießmaschine in L-Stellung
- Zuhaltkraft: 1100 kN
- Schneckendurchmesser:  $\varnothing 25$  mm und  $\varnothing 35$  mm
- Zusätzlicher Messverstärker: Priamus Amplifier 5060
- Kombiniertes Forminnendruck- und Temperatursensor: Kistler Typ 6190C



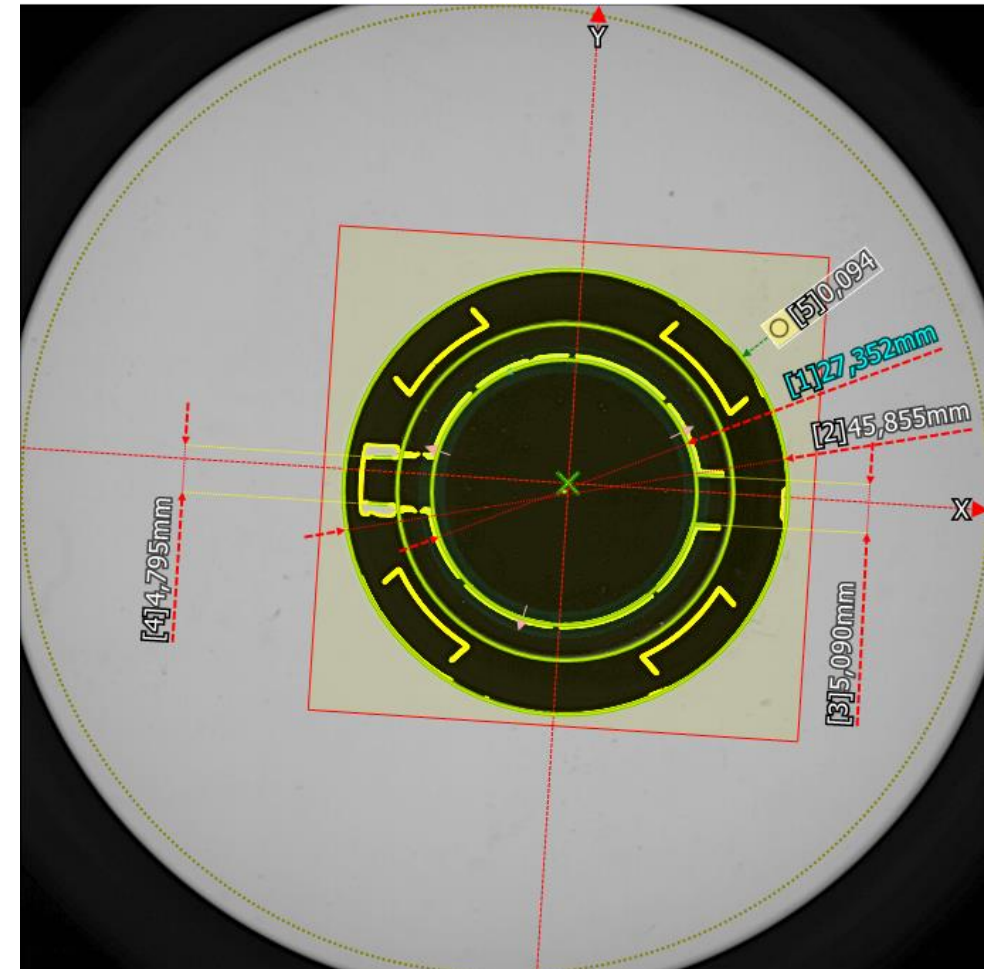
[Quelle: Arburg GmbH + Co KG]

## Originalitätsverschluss:

- Spritzgießwerkzeug wurde durch Partnerunternehmen bereitgestellt
- Eine Kavität mit direkt messendem Sensor
- Automatische Angusstrennung durch Abstreiferplatte



- [1] Durchmesser\_innen
- [2] Durchmesser\_außen
- [3] Stegbreite\_Gelenk
- [4] Breite\_Lasche
- [5] Rundheit\_außen

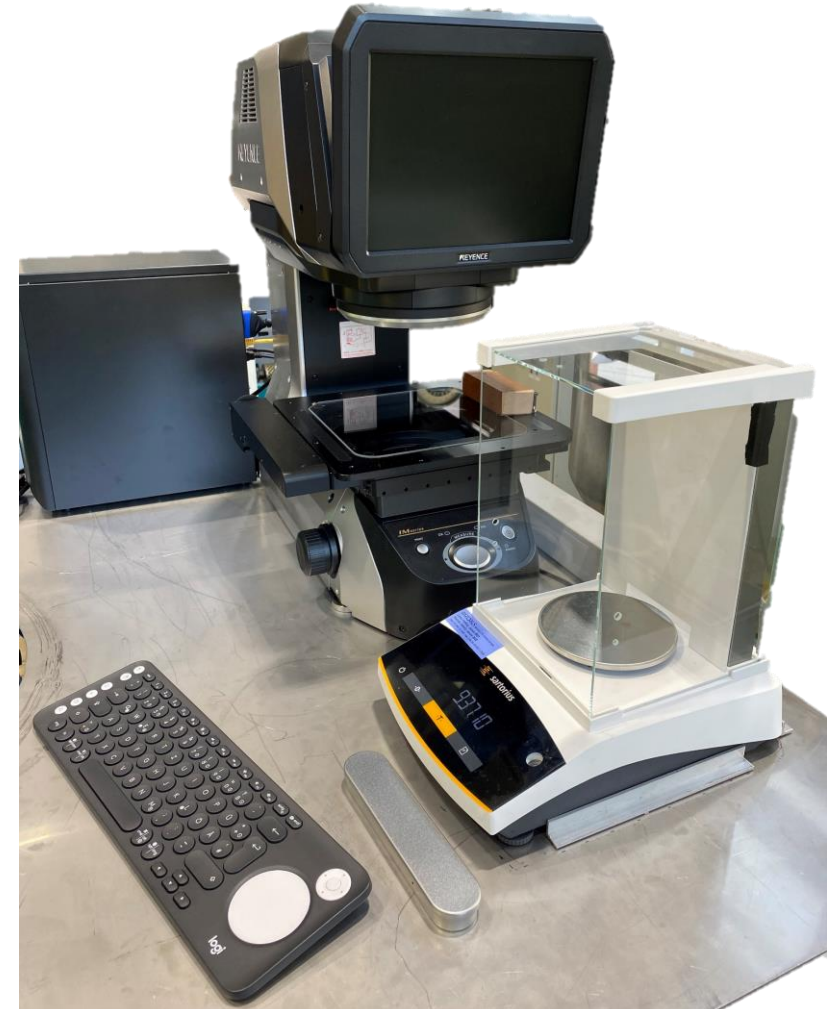


### Digitaler Messprojektor:

- Keyence IM-7020
- Messfeldgröße: 200 mm x 200 mm
- Automatische Geometrieerkennung
- Simultane Erfassung von bis zu 300 vorgegebenen Maßen
- Mehrere Bauteile können gleichzeitig vermessen werden
- Messzeit ca. 2-3 Sekunden
- LAN und USB Schnittstelle zur Datenübertragung

### Laborwaage:

- Sartorius Entris II
- Maximale Wiegekapazität: 320 g
- Reproduzierbarkeit: 1 mg
- Typische Stabilisierungszeit:  $\leq 1$  s
- Interne Kalibrierung und Justierung (isoCAL)
- USB-C Schnittstelle zur Datenübertragung



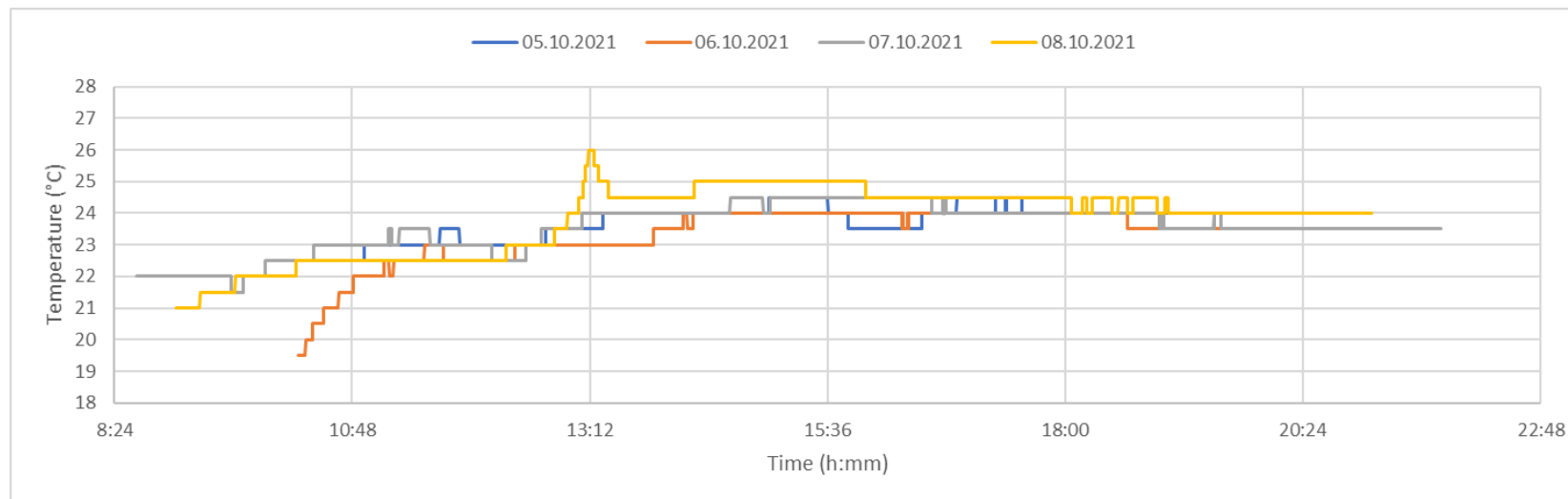
## Temperatur und Luftfeuchtigkeit:

- Aufzeichnung durch Datenlogger

Datum	Temperatur (°C)	Rel. Luftfeuchtigkeit (%)
05.10.2021	23,73 ± 0,53	45,29 ± 1,12
06.10.2021	23,34 ± 0,85	41,37 ± 1,94
07.10.2021	23,52 ± 0,75	43,19 ± 2,53
08.10.2021	23,79 ± 1,10	40,65 ± 1,29

## Granulat Restfeuchtigkeit:

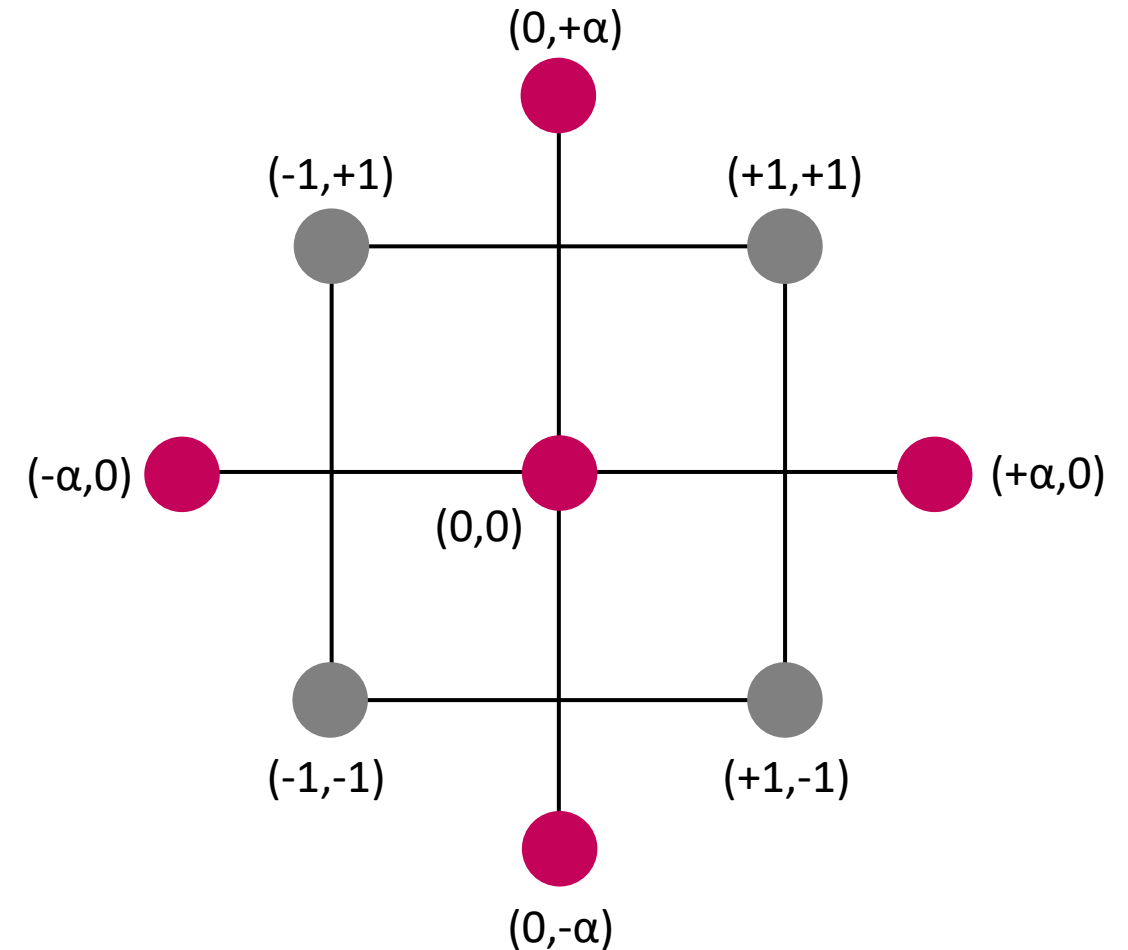
- Trocknung in mobilen Granulattrockner
- 80 °C für 5 Stunden, danach 30 °C
- Nachfüllen einer definierten Granulatmenge nach 20 Zyklen





## Wirkungsflächenversuchsplan:

- Zentral zusammengesetzter Versuchsplan (Central Composite Design – CCD)
- Erweiterung eines vollfaktoriellen Versuchsplan durch einen mittigen Stern
- Orthogonale Versuchsanordnung mit zweistufigen Aufbau
- Durch Stern können quadratische und/oder kubische Modelle abgebildet werden
- Für  $\alpha=1$  liegen die Sternpunkte auf den Flächen (Central Composite Face – CCF)



## Wirkungsflächenversuchsplan:

- Zentral zusammengesetzter Versuchsplan (Central Composite Design – CCD)
- Erweiterung eines vollfaktoriellen Versuchsplan durch einen mittigen Stern
- Orthogonale Versuchsanordnung mit zweistufigen Aufbau
- Durch Stern können quadratische und/oder kubische Modelle abgebildet werden
- Für  $\alpha=1$  liegen die Sternpunkte auf den Flächen (Central Composite Face – CCF)

$$2 \text{ Faktorstufen}^8 \text{ Parameter} = 256 \text{ Eckpunkte}$$

+

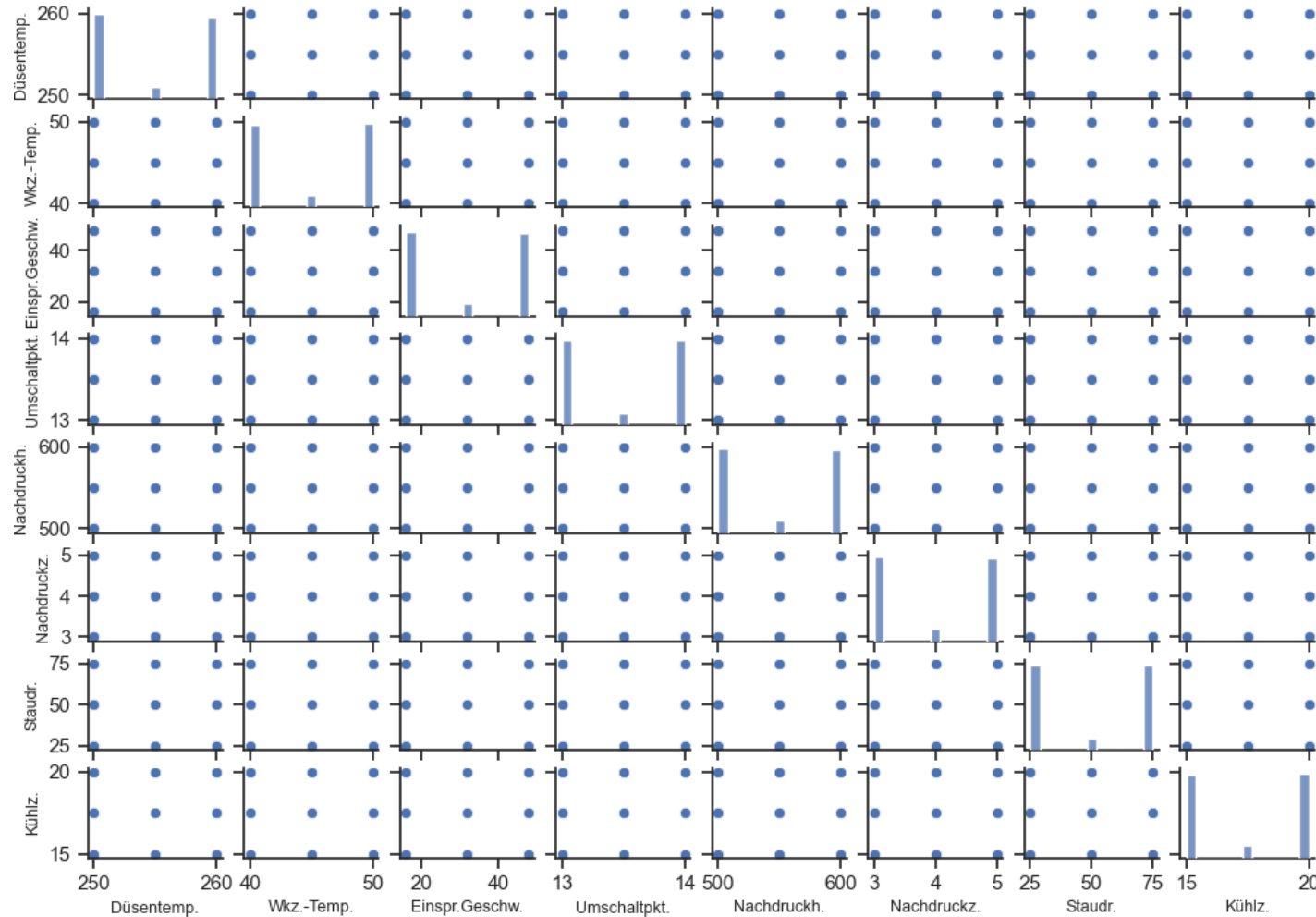
$$2 \text{ Faktorstufen} * 8 \text{ Parameter} = 16 \text{ Eckpunkte}$$

+

$$2 \text{ Wiederholungen des Zentralpunktes}$$

=

$$274 \text{ Chargen (à 10 Bauteile)}$$



## Prozessparameter für Versuchsplan:

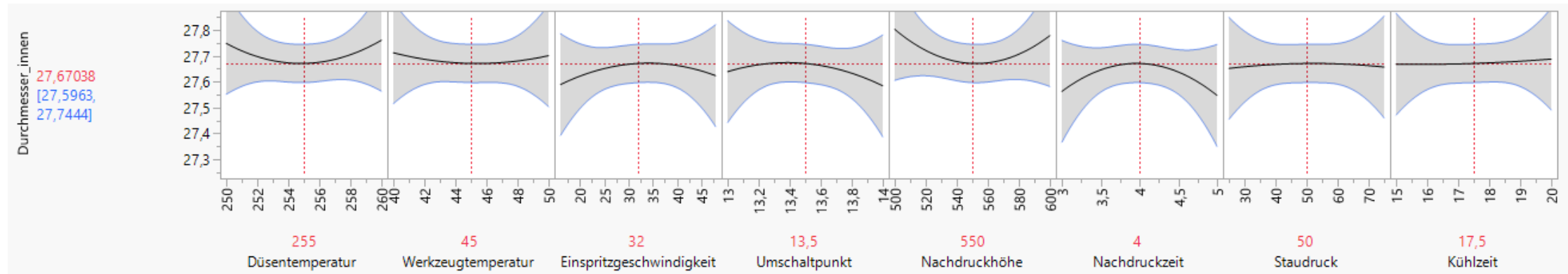
Parameter	-1	0	1
Düsentemperatur	250 °C	255 °C	260 °C
Werkzeugtemperatur	40 °C	45 °C	50 °C
Einspritzgeschwindigkeit	16 cm <sup>3</sup> /s	32 cm <sup>3</sup> /s	48 cm <sup>3</sup> /s
Umschaltpunkt	13 cm <sup>3</sup>	13,5 cm <sup>3</sup>	14 cm <sup>3</sup>
Nachdruckhöhe	500 bar	550 bar	600 bar
Nachdruckzeit	3 s	4 s	5 s
Staudruck	25 bar	50 bar	75 bar
Restkühlzeit	15 s	17,5 s	20 s

## Auswertung durch JMP:

1. Erstellen des Versuchsplans
2. Eingabe der gemittelten Qualitätsgrößen
3. Analyse der Haupteffekte und Wechselwirkungen
4. Erstellen der Vorhersageformeln der einzelnen Qualitätsgrößen

Quelle	Log-Wertigkeit	P-Wert
Umschaltpunkt(13,14)	2,655	0,00221
Einspritzgeschwindigkeit(16,48)	1,277	0,05282
Einspritzgeschwindigkeit*Nachdruckhöhe	1,234	0,05830
Düsentemperatur*Nachdruckzeit	1,205	0,06238
Werkzeugtemperatur*Staudruck	1,100	0,07951
Düsentemperatur*Kühlzeit	0,836	0,14596
Werkzeugtemperatur*Nachdruckhöhe	0,818	0,15204
Nachdruckhöhe*Kühlzeit	0,813	0,15377
Werkzeugtemperatur*Kühlzeit	0,774	0,16810
Nachdruckhöhe(500,600)	0,759	0,17401 ^
Nachdruckhöhe*Nachdruckhöhe	0,689	0,20485
Umschaltpunkt*Kühlzeit	0,661	0,21823

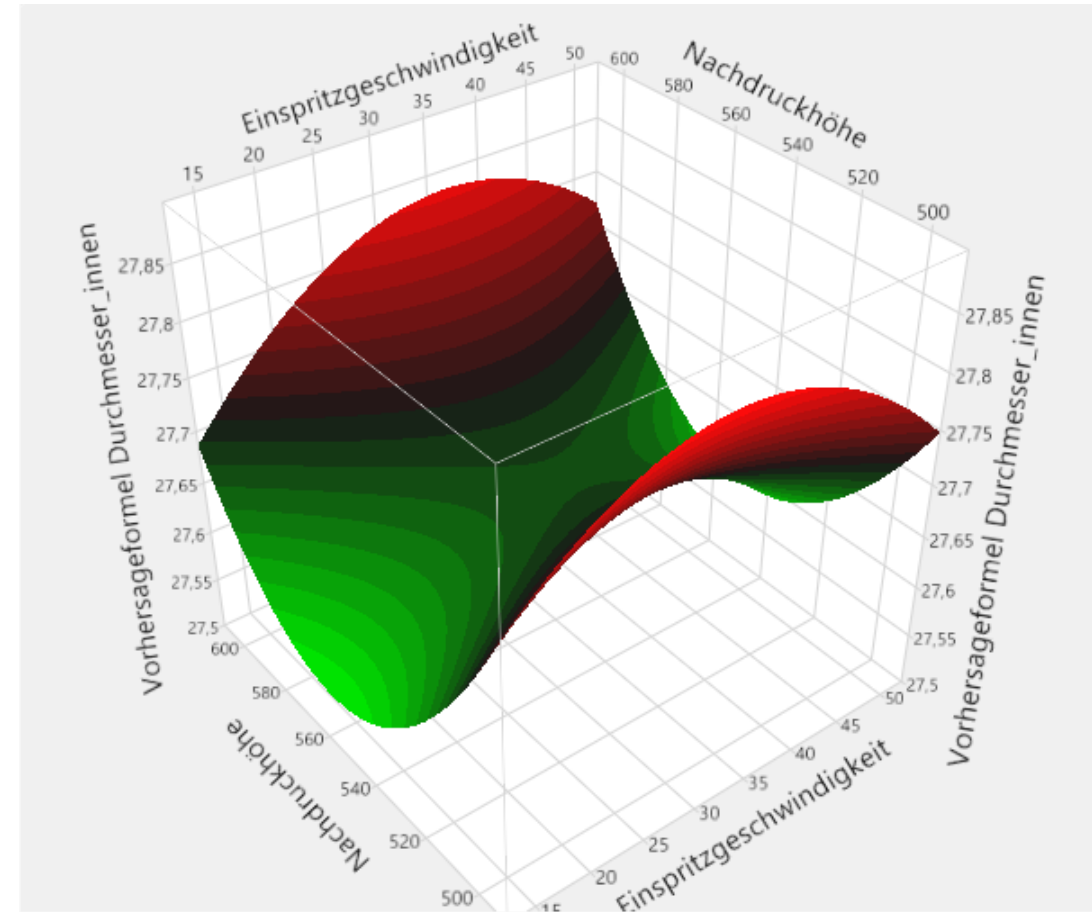
Gewichtung der Einflussgrößen nach Signifikanz



Darstellung der Haupteffekte auf die Zielgröße Durchmesser\_innen

## Auswertung durch JMP:

1. Erstellen des Versuchsplans
2. Eingabe der gemittelten Qualitätsgrößen
3. Analyse der Haupteffekte und Wechselwirkungen
4. Erstellen der Vorhersageformeln der einzelnen Qualitätsgrößen



Wirkungsflächendiagramm

## Auslesen über OPC UA:

1. OPC UA Server aktivieren  
(Status = running)
2. Username, Passwort und  
Endpoint URL übernehmen

The screenshot shows the ARBURG control interface with the following configuration for the OPC UA Server:

- OPC UA Server:**  ja
- aktive Sprache:** Deutsch
- Differenz zur Weltzeit UTC:** 00:00
- Schneckenweg:** Volumen V in [ cm<sup>3</sup> ]
- Schneckenumfangsgeschwindigkeit:** v in [ m/min ]
- Druckangaben:** als spezifischer Druck in [ bar ]
- Einheit Temperaturen:** [ °C ]
- US-Einheiten:** nein
- Authentifizierung Leitrechner:**
  - Anmeldeverfahren: Name / Passwort
  - Username: host\_computer
  - Passwort:
- Status:** running
- Endpoint URL:** 1

At the bottom, the server ID is shown as "OPC UA Server f99121 [ nein / ja ] = ja".

## Auslesen über OPC UA:

1. OPC UA Server aktivieren  
(Status = running)
2. Username, Passwort und  
Endpoint URL übernehmen
3. Für relevante Parameter die interne  
Kennnummer raussuchen

**ARBURG**

0.192 cm<sup>3</sup> 0.000 cm<sup>3</sup> 0 bar 0.00 s

**Einspritzen Spritzeinheit 1**

Verzögerungszeit  s Dosiervolumen  cm<sup>3</sup>

216.0 cm<sup>3</sup>/s 2500 bar

0.0 25

13.000 25.500 cm<sup>3</sup>

t  s Q   cm<sup>3</sup>/s

p  p   bar

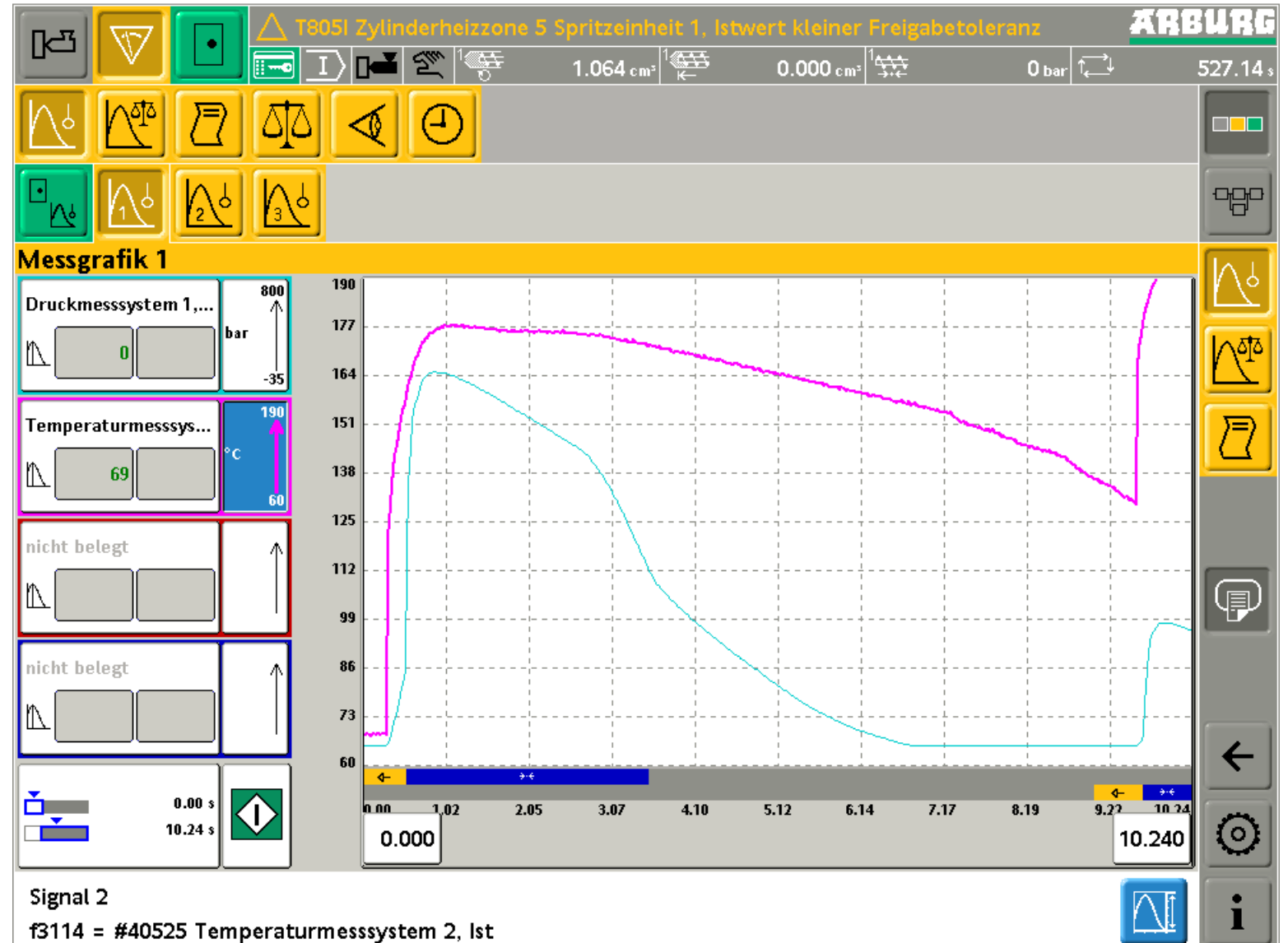
V  V   cm<sup>3</sup>

Ende Einspritzen über

Dosiervolumen  
V403 [ 0.000 - 58.907 ] = 25.500

## Auslesen über OPC UA:

1. OPC UA Server aktivieren  
(Status = running)
2. Username, Passwort und  
Endpoint URL übernehmen
3. Für relevante Parameter die interne  
Kennnummer raussuchen
4. Messgrafiken (und ggf.  
Überwachungsgrafiken) erstellen





## Auslesen über OPC UA:

1. OPC UA Server aktivieren  
(Status = running)
2. Username, Passwort und  
Endpoint URL übernehmen
3. Für relevante Parameter die interne  
Kennnummer raussuchen
4. Messgrafiken (und ggf.  
Überwachungsgrafiken) erstellen

The screenshot shows the ARBURG control interface. At the top, there's a status bar with various icons and numerical values: 0.314 cm<sup>3</sup>, 0.000 cm<sup>3</sup>, 0 bar, and 0.00 s. Below this is a toolbar with icons for graphs and settings. The main area is titled 'Messgrafik 1' and contains several measurement graphics: 'Druckmesssystem 1, ...' (bar), 'Temperaturmesssys...' (°C), 'Einspritzdruck, Soll' (bar), and 'Einspritzdruck, Ist' (bar). A configuration dialog titled 'Konfiguration Aufzeichnungsbedingung' is open, showing recording parameters: 'Aufzeichnungsverzögerung' 0.00 s, 'Aufzeichnungsdauer' 10.24 s, 'Zeitachse Minimum' 0.00 s, and 'Zeitachse Maximum' 10.24 s. A calculation is displayed: 
$$\frac{10,24 \text{ s}}{512 \text{ Messpunkte}} = 0,02 \frac{\text{s}}{\text{Messpunkt}}$$

## Auslesen über OPC UA:

1. OPC UA Server aktivieren  
(Status = running)
2. Username, Passwort und  
Endpoint URL übernehmen
3. Für relevante Parameter die interne  
Kennnummer raussuchen
4. Messgrafiken (und ggf.  
Überwachungsgrafiken) erstellen

The screenshot shows the ARBURG control interface. At the top, there is a status bar with the text "f39802 SCF-Dosiersystem nicht aktiv" and the ARBURG logo. Below this, there are several icons for different functions. The main area is titled "Messgrafik 2" and contains several measurement graphs. A configuration window titled "Konfiguration Aufzeichnungsbedingung" is open, showing the following settings:

- Aufzeichnungsverzögerung: 10.24 s
- Aufzeichnungsdauer: 10.24 s
- Zeitachse Minimum: 10.24 s
- Zeitachse Maximum: 20.48 s

Below the configuration window, a calculation is shown:

$$\frac{10,24 \text{ s}}{512 \text{ Messpunkte}} = 0,02 \frac{\text{s}}{\text{Messpunkt}}$$

At the bottom of the configuration window, there is a button labeled "Konfiguration Aufzeichnungsbedingung".

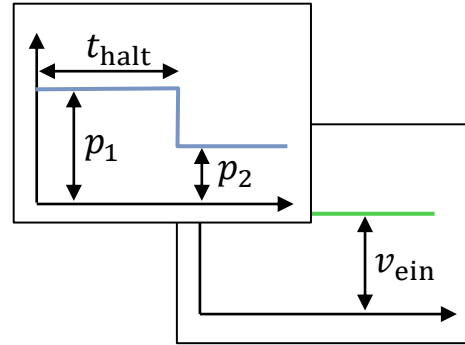
- Übersicht Projektstand DIM
  
- Vorstellung Demonstratoranlage
  
- **Dynamisches Modellbildungskonzept**
  - Überblick
  - Qualitätsgrößen
  - Qualitätsmodell
  
- Workshopreihe
  
- **Abschlussdiskussion**

## Prozessparameter

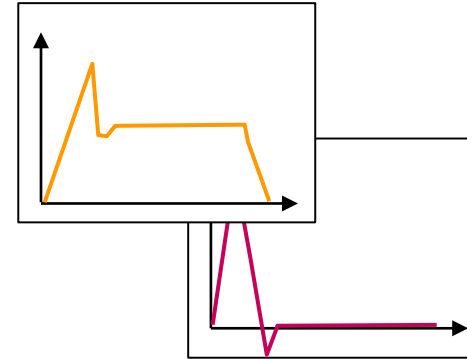
$$\begin{bmatrix} v_{\text{ein}} \\ p_1 \\ t_{\text{halt}} \\ p_2 \end{bmatrix}$$



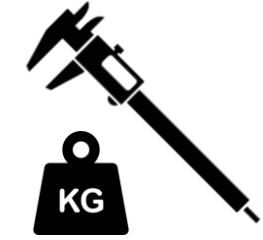
## Sollwerttrajektorien



## Prozessgrößenverläufe $x_k$



## Qualitätsgrößen $Q$



- Werden an der Maschine eingestellt
- Bestimmen Sollwerttrajektorien eindeutig

- Sollwerttrajektorien der maschineninternen Regler
- Dynamische Eingangsgrößen des Spritzgießprozesses

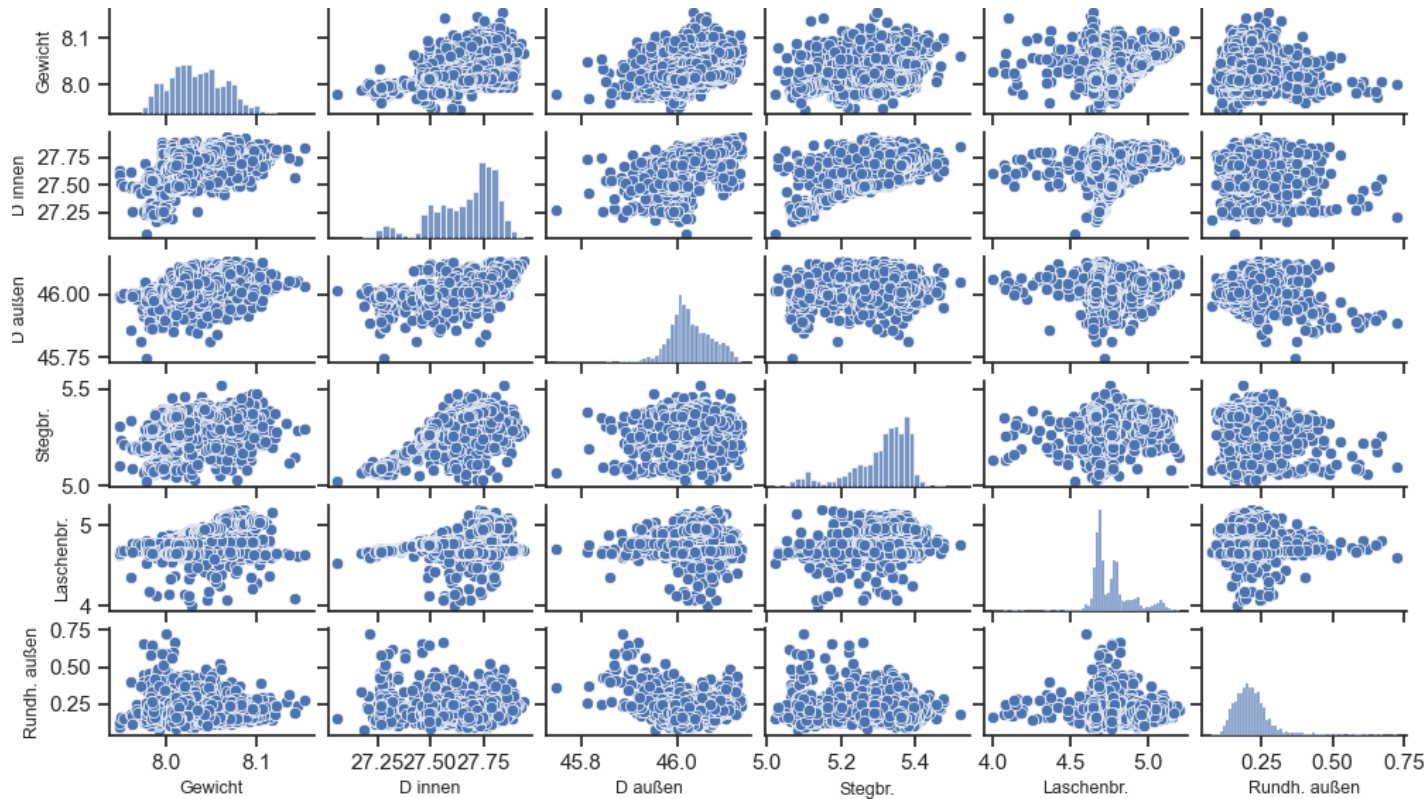
- Aus Sollwerttrajektorien resultierende Ist- Prozessgrößen
- Annahme: Verlauf der Prozessgrößen bestimmt die Bauteilqualität

- Resultat der auf das Bauteil wirkenden Prozessgrößen
- Wert erst am Ende des Prozesses bekannt.

bekannte statische  
Abbildung

dynamisches Modell für  
Spritzgießprozess

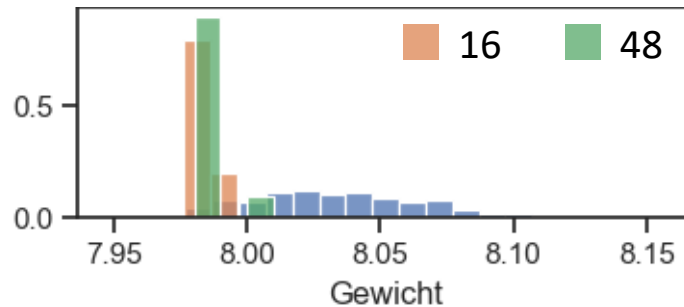
dynamisches Modell für  
Qualitätsprozess



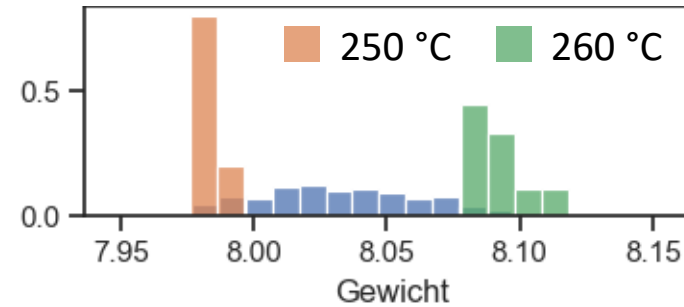
- Statische Betrachtung der Qualitätsgrößen, um einen Überblick über die Daten zu gewinnen
- Ermöglicht Identifikation von augenscheinlichen Ausreißern, in diesem Fall 129 von 2782 rudimentär beseitigt, genauere Betrachtung aber erforderlich!
- Keine offensichtlichen Korrelationen zwischen den Qualitätsgrößen → unabhängige Modellierung aller Qualitätsgrößen möglich

- Einfluss ausgewählter Faktoren auf die Qualitätsgröße "Gewicht" bei Konstanthalten aller anderer Faktoren
- Rein statische Betrachtungsweise und daher keine definitive Aussage über Erfolg oder Misserfolg einer dynamischen Modellierung möglich
- Dient einer ersten Näherung, welche Maschinenparameter und Prozessgrößen (vermutlich) relevant sind und welche Qualitätsgrößen sich (vermutlich) gut oder weniger gut modellieren lassen

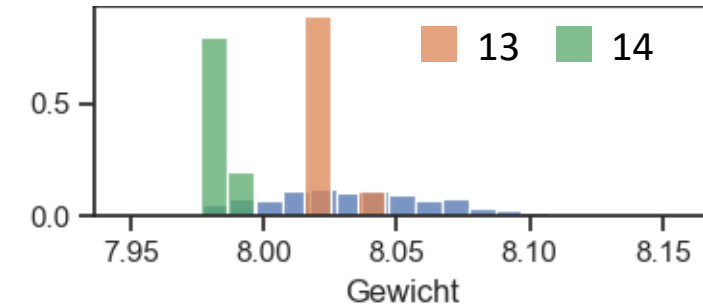
### Einspritzgeschw.



### Düsentemp.



### Umschaltpkt.

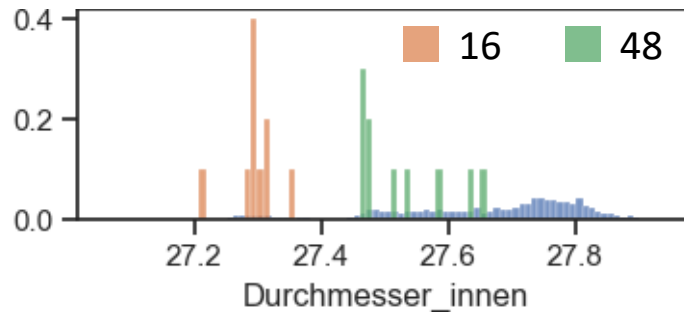


■ alle Faktorstufenkombinationen

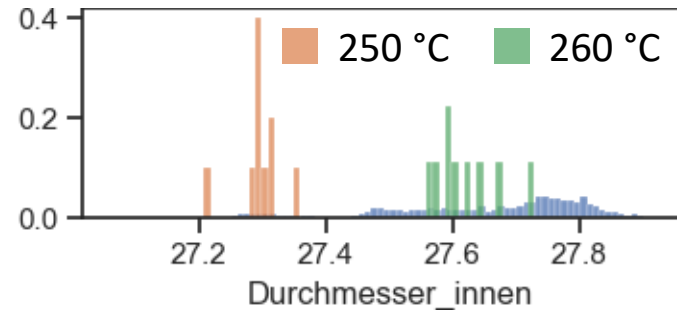
- Wahl der Einspritzgeschwindigkeit hat im Rahmen des betrachteten Wertebereichs offenbar keinen Einfluss auf das Bauteilgewicht
- Einfluss der Düsentemperatur ist erheblich, Temperaturen sollten somit unbedingt als Modelleingangsgröße berücksichtigt werden.
- Der Umschaltpunkt beeinflusst das Bauteilgewicht ebenfalls signifikant, ist aber bei der dynamischen Modellierung in den Trajektorien bereits implizit enthalten, stellt also keine gesonderte Modelleingangsgröße dar.

- Einfluss ausgewählter Faktoren auf die Qualitätsgröße "Durchmesser innen" bei Konstanthalten aller anderer Faktoren

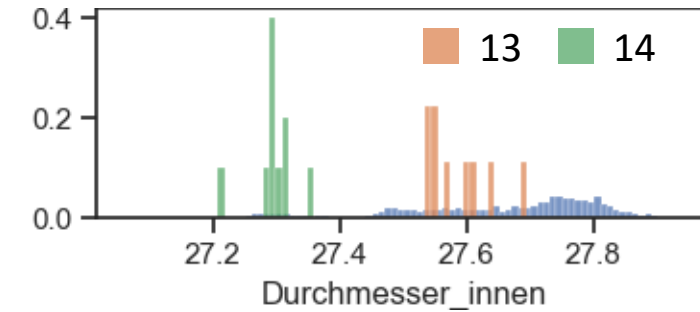
**Einspritzgeschw.**



**Düsentemp.**



**Umschaltpkt.**

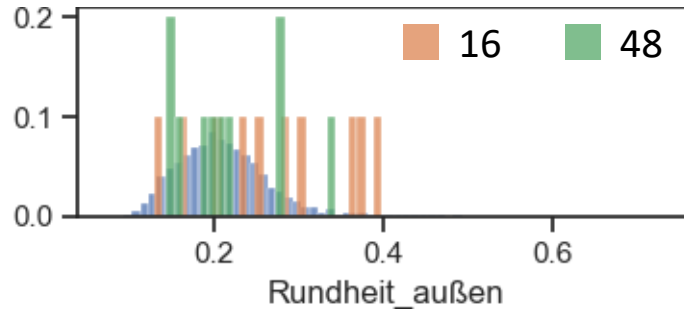


■ alle Faktorstufenkombinationen

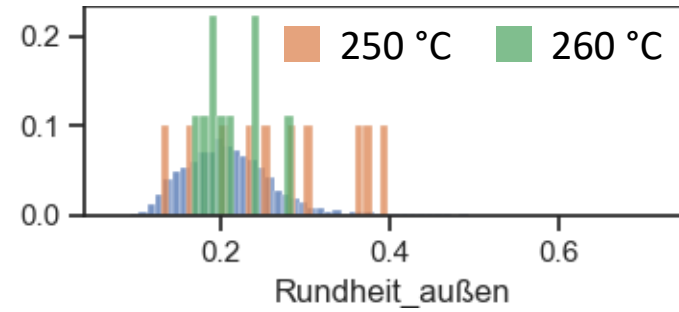
- Alle betrachteten Faktoren beeinflussen die Qualitätsgröße "Durchmesser\_innen" signifikant.
- Der Erfolg der Bildung von Modellen zur Prädiktion dieser Qualitätsgröße kann somit als aussichtsreich betrachtet werden.

- Einfluss ausgewählter Faktoren auf die Qualitätsgröße "Rundheit" bei Konstanthalten aller anderer Faktoren

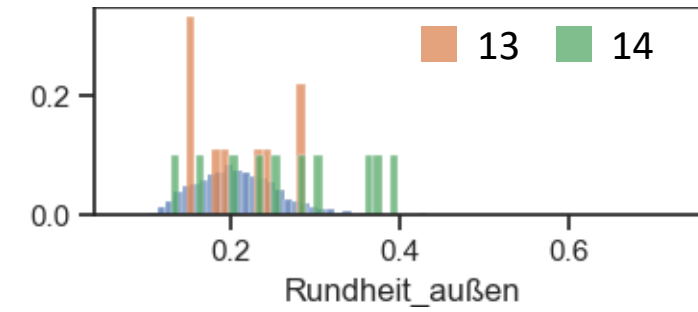
**Einspritzgeschw.**



**Düsentemp.**



**Umschaltpkt.**

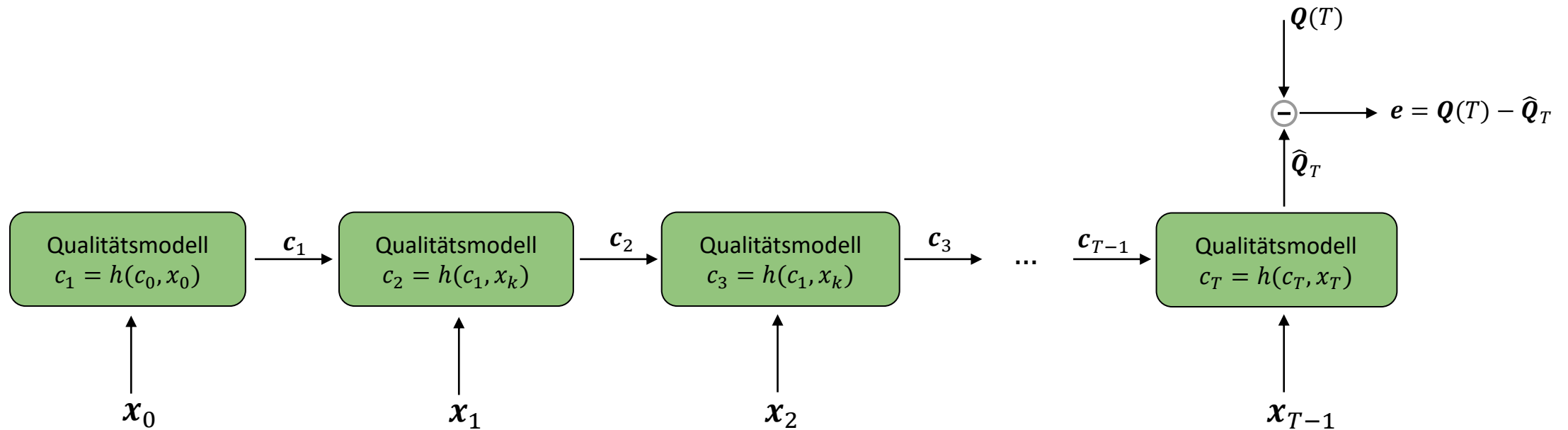


■ alle Faktorstufenkombinationen

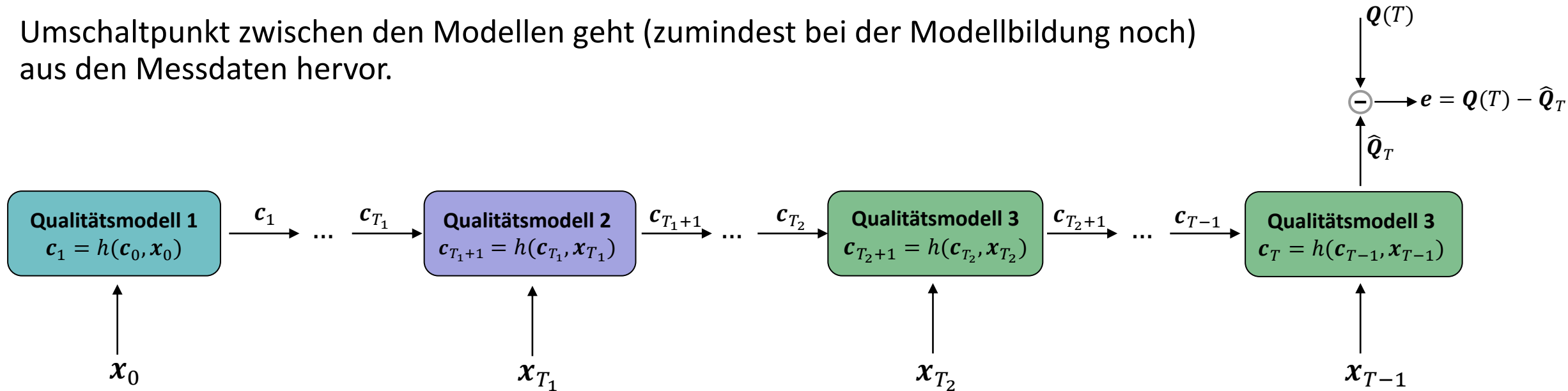
- Die Streuung der Qualitätsgröße "Rundheit" innerhalb einer Messreihe entspricht der Streuung der Qualitätsgröße über alle Faktorstufen.
- Der stochastische Anteil überwiegt den deterministischen Anteil, eine Modellbildung zur Vorhersage dieser Qualitätsgröße wird mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht möglich sein.



- Es steht nur eine einzige Messung der Bauteilqualität  $Q(T)$  am Ende  $T$  jedes Batches zur Verfügung. Das Qualitätsmodell muss also lernen Trajektorien  $\mathbf{x}_k = [\mathbf{x}_0, \dots, \mathbf{x}_T]$  der Prozessgrößen auf einen einzigen Endwert  $Q(T)$  abzubilden
- Rekurrente Modelle besitzen einen internen Zustand  $\mathbf{c}_k$ , der gewissermaßen die gesamte "Information" einer eingehenden Zeitreihe "speichert". Erst im letzten Zeitschritt wird der interne Zustand auf die Ausgangsgröße abgebildet

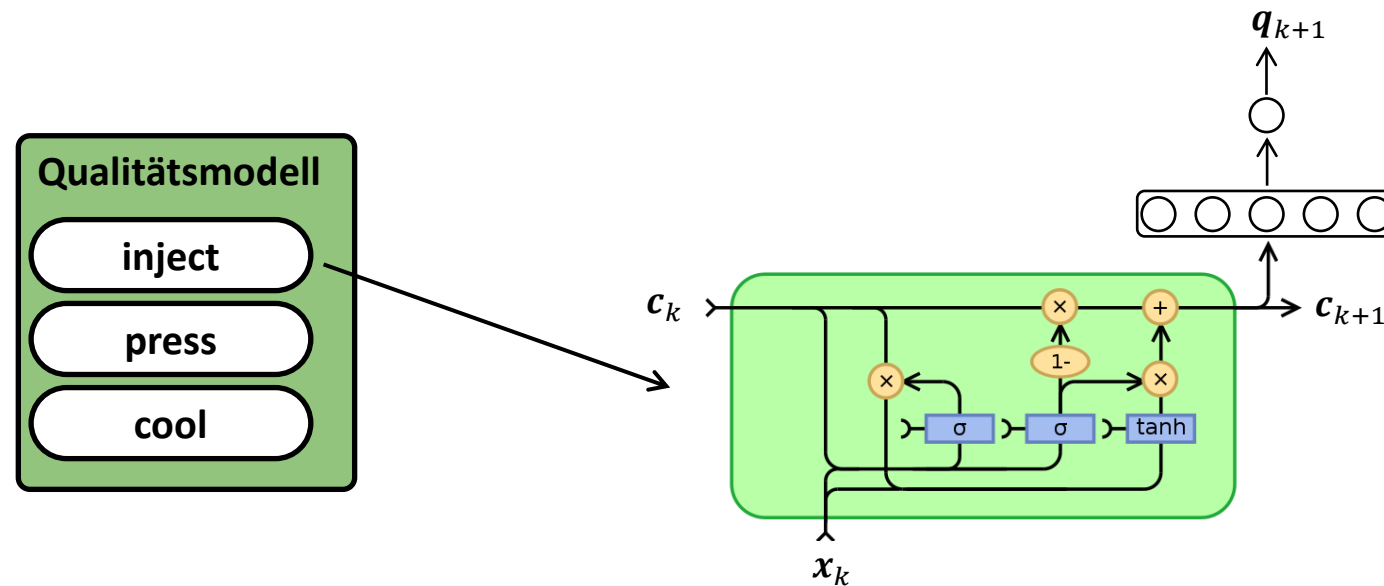


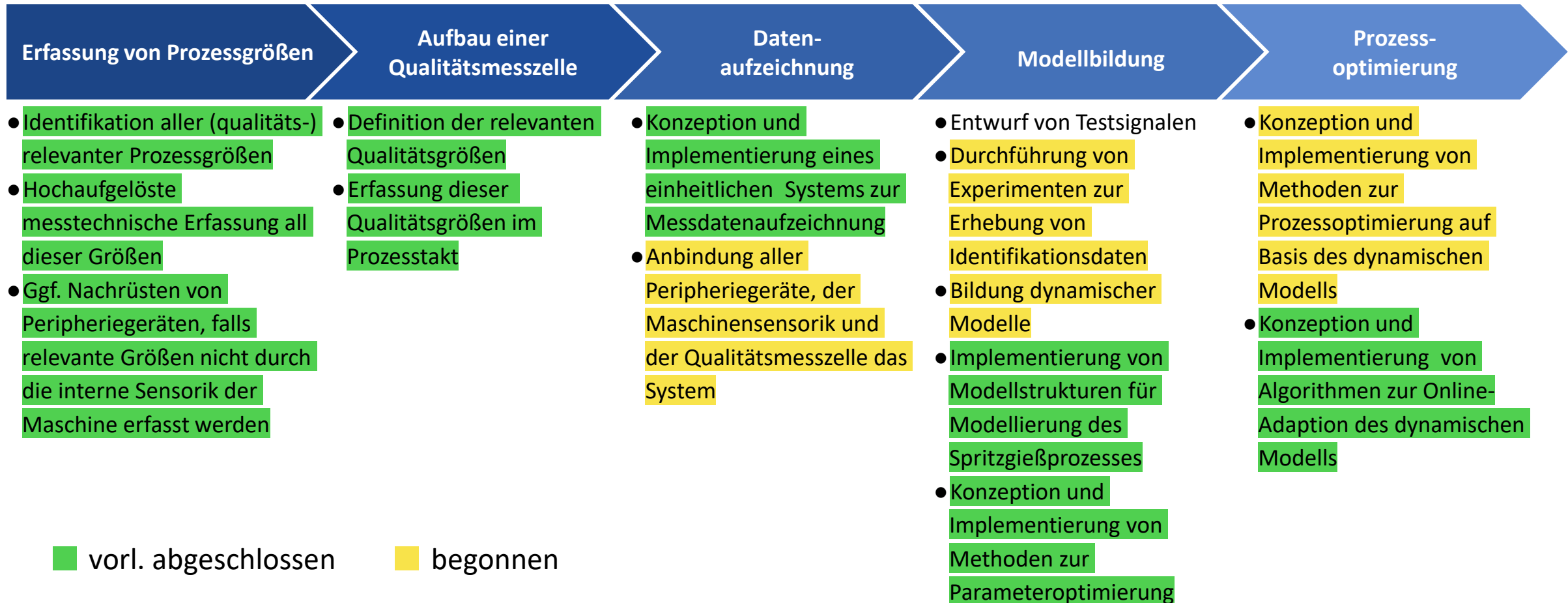
- Es ist zu erwarten, dass ein einziges Modell zur Abbildung der Prozessgrößen auf die Bauteilqualität nicht ausreichen wird.
- Während der Füllung der Form, der Nachdruckphase und der Abkühlphase ist das Bauteil stark unterschiedlichen Beanspruchungen ausgesetzt und unterläuft zusätzlich noch Phasenübergängen.
- Indem jede Phase durch ein eigenes Modell beschrieben wird, kann vermutlich eine höhere Modellgüte erzielt werden.
- Umschaltzeitpunkt zwischen den Modellen geht (zumindest bei der Modellbildung noch) aus den Messdaten hervor.



## Szenario

- Bildung eines Modells zur Prädiktion des Innendurchmessers
- Prozessgrößen  $x$ : Werkzeuginnendruck, Werkzeugtemperatur, Volumenstrom, Schneckengeschwindigkeit, Hydraulikdruck
- Zum Zweck dieser Demonstration wurden nur die Daten einer Messreihe (d.h. eine Faktorstufenkombination) für die Modellbildung berücksichtigt.
- Das Qualitätsmodell umfasst 3 Modelle, jeweils für die Einspritz-, Nachdruck- und Abkühlphase. Jedes Modell ist ein rekurrentes Neuronales Netz vom Typ Gated Recurrent Unit (GRU) mit einem Neuronales Netz zur Abbildung des internen Zustandes  $c$  auf die Qualitätsgröße  $q$ .





- Übersicht Projektstand DIM
- Vorstellung Demonstratoranlage
- Dynamisches Modellbildungskonzept
- **Workshopreihe**
- Abschlussdiskussion

<b>Einführungsveranstaltung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Digitale Zwillinge in der Kunststoffverarbeitung</li> <li>- Überblick über Transferinhalte</li> </ul>	<b>11/2021</b> 1h Seminar	<b>23.11.2021</b> <b>15-16 Uhr</b>
<b>Prozessgrößenerfassung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prozessgrößen- und Sensorauswahl</li> <li>- Auslesen von Daten aus der Maschinensteuerung</li> </ul>	<b>12/2021</b> 1h Seminar	
<b>Qualitätsgrößenerfassung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auswahl und Erfassung von Qualitätsgrößen</li> <li>- Aufbau einer Qualitätsmesszelle</li> </ul>	<b>01/2022</b> 1h Seminar	
<b>Programmieren mit Python</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlegende und fortgeschrittene Aspekte der objektorientierten Programmierung mit Python</li> </ul>	<b>02/2022</b> 2h Seminar & Workshop	
<b>Datenaufzeichnung mit OPC-UA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Überblick über die Funktionsweise des Python-Skripts zur Datenaufzeichnung</li> <li>- Anpassung/Erweiterung zur Erfassung gewünschter Prozessparameter</li> </ul>	<b>03/2022</b> 2h Seminar & Workshop	
<b>Modellbildung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der datengetriebenen Modellbildung und nichtlinearen Optimierung</li> <li>- Modellbildung des Spritzgießprozesses</li> </ul>	<b>04/2022 - 05/2022</b> 2x 4h Seminar & Workshop	
<b>Prozessoptimierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der numerischen Optimalsteuerung</li> <li>- Optimalsteuerung des Spritzgießprozesses</li> </ul>	<b>09/2022 - 10/2022</b> 2x 4h Seminar & Workshop	

**Zielgruppe:**

Ingenieure aus den Bereichen F&E, Qualitätssicherung, Prozessoptimierung u.ä., insbesondere aus im Spritzgießverfahren produzierenden Unternehmen.

**Anmeldung & Teilnahme:**

Die Teilnahme an Seminaren und Workshops ist kostenlos. Die Anmeldung erfolgt über die Projektwebseite (<http://www.uni-kassel.de/go/DIM/>). Sobald eine Anmeldung zu einer Veranstaltung möglich ist, wird dies über den Projektnewsletter (Anmeldung: [dim@uni-kassel.de](mailto:dim@uni-kassel.de)) und die öffentlichen Kanäle der Fachgebiete bekannt gegeben.

- Übersicht Projektstand DIM
- Vorstellung Demonstratoranlage
- Dynamisches Modellbildungskonzept
- Workshopreihe
- **Abschlussdiskussion**



## Zusammenkommen des Projektleitungskreises (Vorschlag)

- Beginn jedes Arbeitspaketes zur Ausarbeitung und Verabschiedung der Entwicklungs- und Transfermaßnahmen
- Am Ende jedes Arbeitspaketes zur Maßnahmenkontrolle

■ Entwicklung- und Implementierung    ■ Transfer    ■ Meilenstein

	PM			2020			2021												2022											
	IfW-W	IfW-T	MRT-W	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AP 0	4	0	4																											
AP 1	7	7	0																											
AP 2	8	7	1																											
AP 3	3	2	8																											
AP 4	2	2	9																											
AP 5	3	0	3																											
Σ	27	18	25																											

- AP0: Projektleitungskreis
- AP1: Aufbau der Qualitätsmesszelle
- AP2: Datenaufzeichnung
- AP3: Modellbildung Digitaler Zwilling
- AP4: Prozessoptimierung
- AP5: Verbreitung der Projektergebnisse
- MS1: Demonstratoranlage aufgebaut
- MS2: Softwareentwicklung abgeschlossen

1. Kick-Off
2. Vorstellung der Datenauslesung & Ausarbeitung Transfermaßnahmen
3. Präsentation der Demonstratoranlage
4. Rückkopplung Entwicklungstätigkeiten Modellbildung
5. Rückkopplung Transfermaßnahmen Modellbildung
6. Präsentation der entwickelten Software (ggf. Demonstration an Demonstratoranlage)
7. Abschlusstreffen