

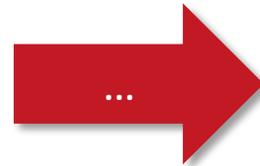
Inline-Geometrierfassung von Kautschuk: Entwicklung eines Orientierungskonzeptes zwischen Lichtschnittsensoren und einem Stereokamerasystem

Oldenburger 3D-Tage 2024

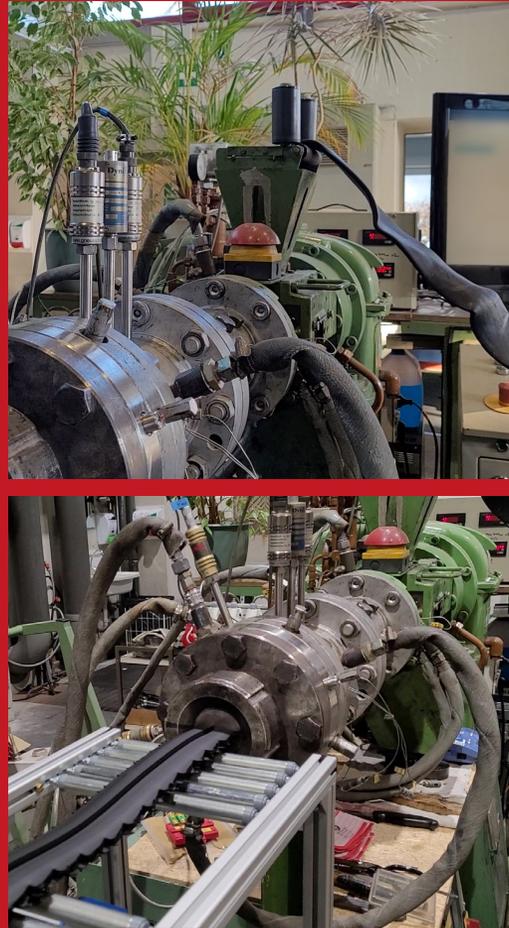
Simon Albers, Robin Rofallski, Thomas Luhmann

Material

Synthetischer oder natürlicher Kautschuk bildet das Ausgangsmaterial.



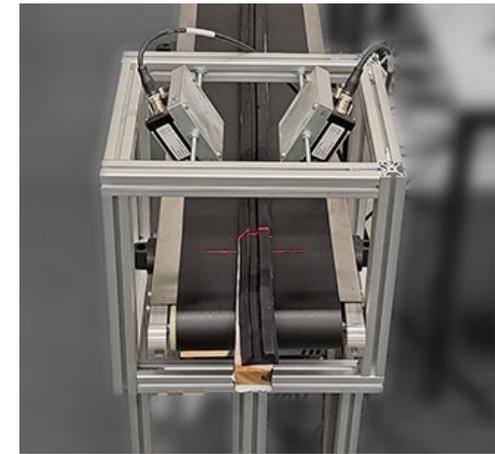
Extrusion



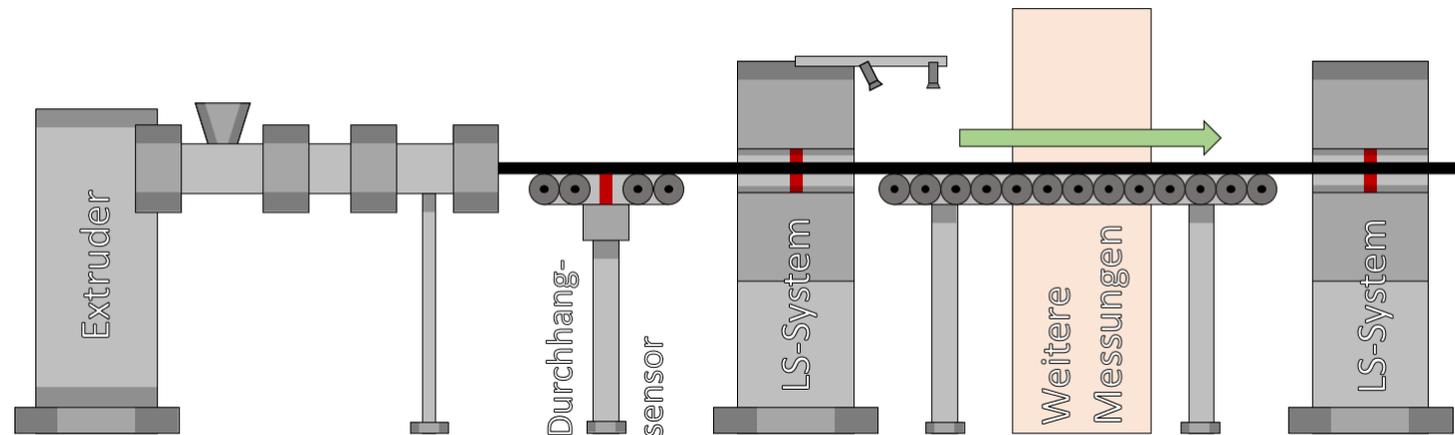
Produkt

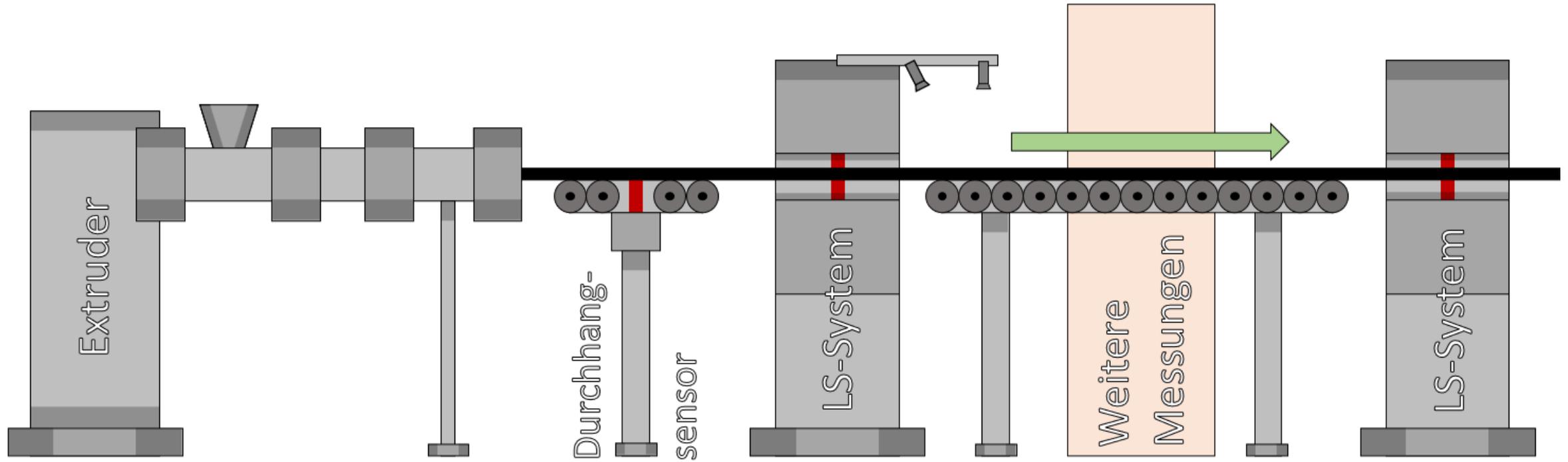
Das finale Produkt sind Dichtungen und ähnliches.

- **Steuerparameter:** Inhaltsstoffe, Druck, Temperatur, ...
- **Qualitätsmerkmale:**
 - Chemische und physikalische Eigenschaften: Widerstandsfähigkeit, Verhalten bei Temperaturschwankungen, Elastizität,...
 - Geometrie: Profiltreue, Einsetzbarkeit, Funktionsfähigkeit,...
- **Sensorik:** Temperaturmessschwerter, Thermographiekameras, Lichtschnittsensoren...

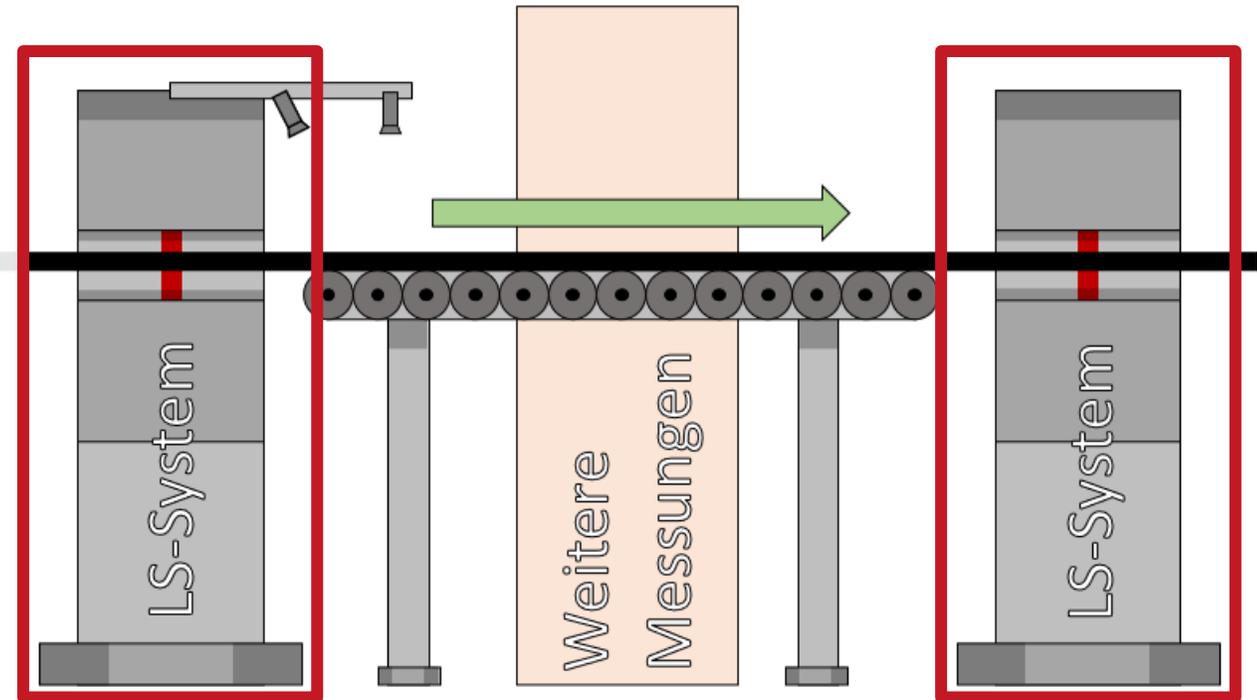
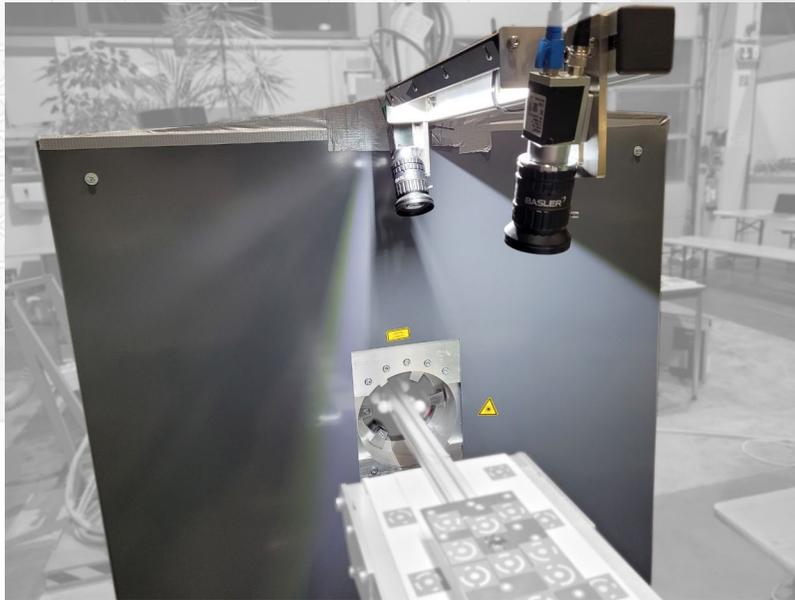


- **Projekt DigitRubber:**
 - Digitalisierung im Kontext der Industrie 4.0
 - Echtzeitüberwachung von Materialcharakteristiken und Qualitätsmerkmalen
 - **Ziel:** Effizienz- und Qualitätssteigerung durch frühzeitigen Eingriff in den Herstellungsprozess
- **Teilaspekt:** Geometrieüberwachung des Kautschukextrudats
 - Zusammenführen der 2D-Profile der Lichtschnittsensoren zu einer 3D-Punktwolke
 - Erfassung der Bewegung des Extrudats bzw. des Förderbandes mittels Stereokamerasystem

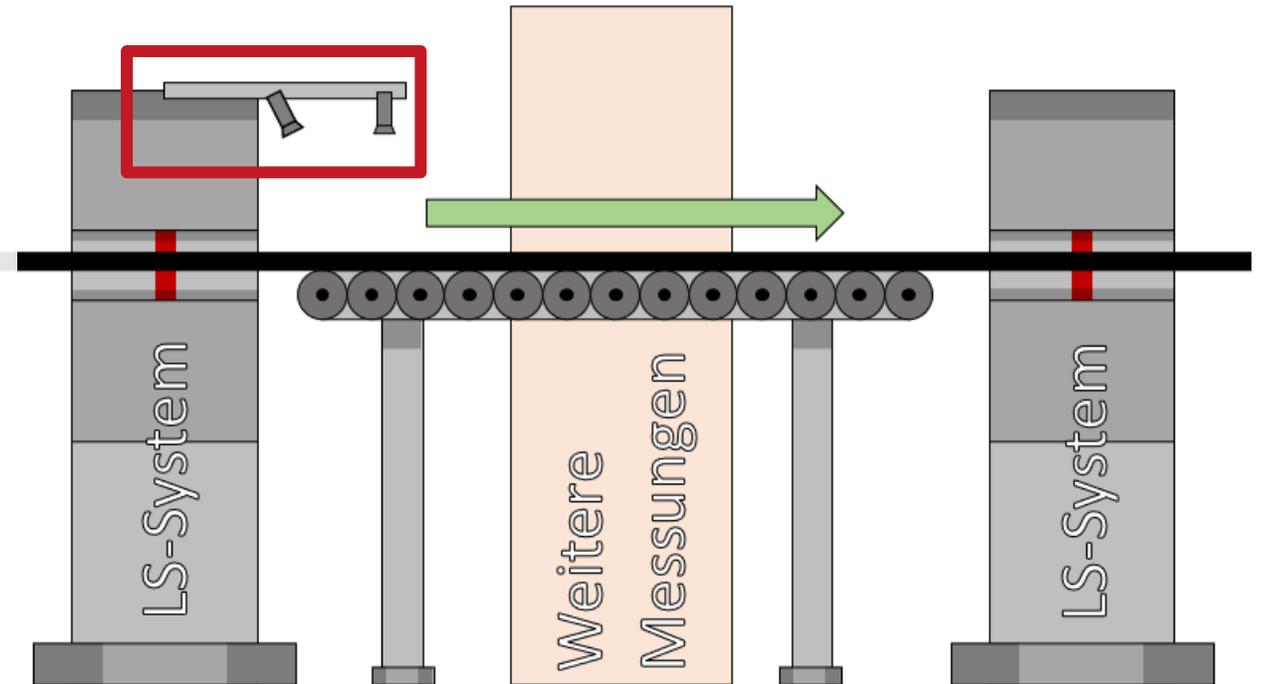
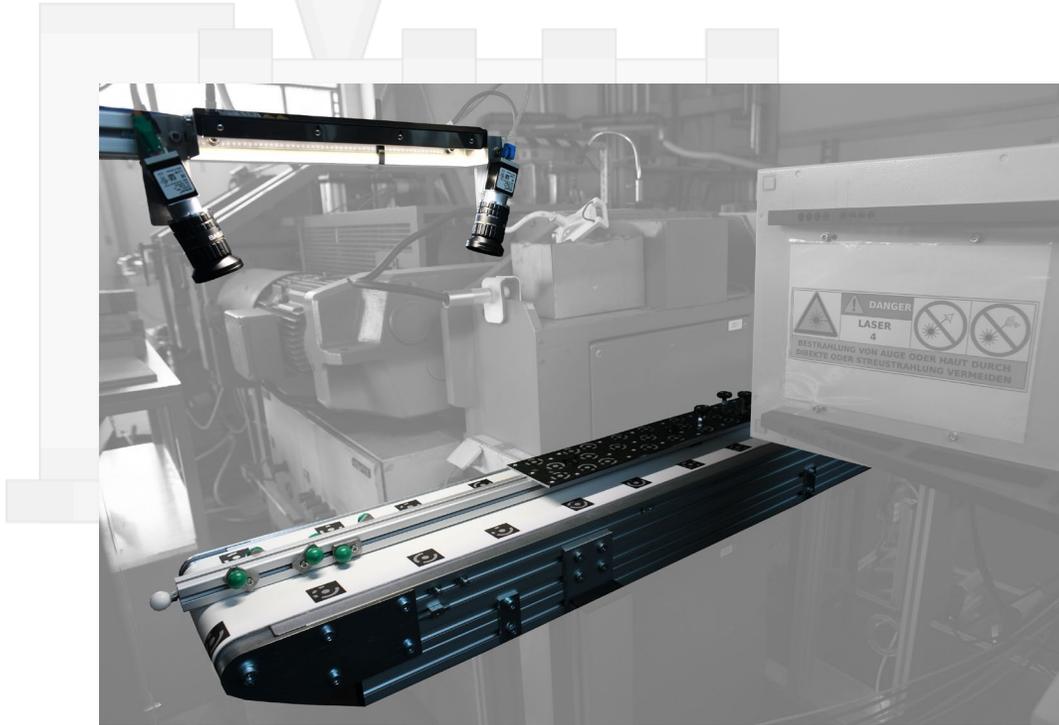




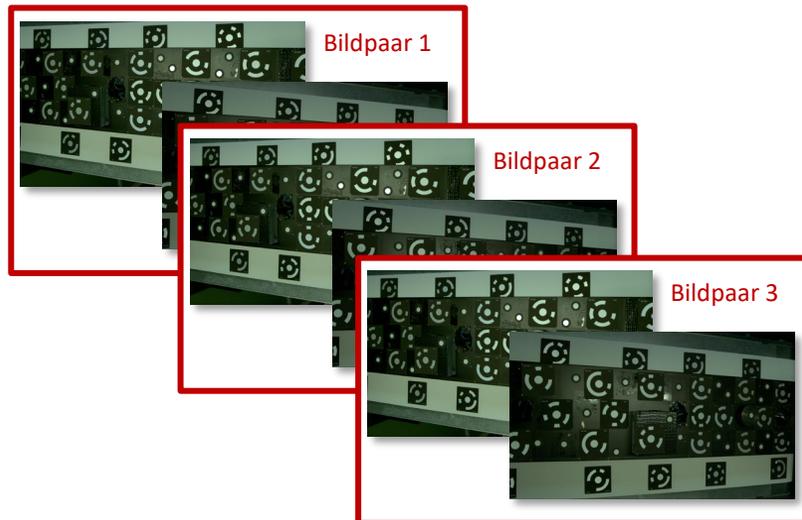
- Entwickelt und gebaut durch das IMR Hannover
- Jedes System besteht aus mehreren Lichtschnittsensoren
- Alle Profile werden in ein Koordinatensystem übertragen



- Zwei Machine-Vision-Kameras mit überschneidendem Sichtfeld
- Algorithmus zur Bestimmung von 3D-Koordinaten von photogrammetrischen Messmarken



- **Ziel:**
 - Anwendung der erfassten Bewegung zur Kombination der Profile
 - Bestimmung der Orientierung zwischen den LSS-Systemen und den Stereokameras
- **Anforderungen:**
 - Berücksichtigung der unterschiedlichen Erfassungscharakteristiken
 - Orientierung ohne gemeinsames Sichtfeld



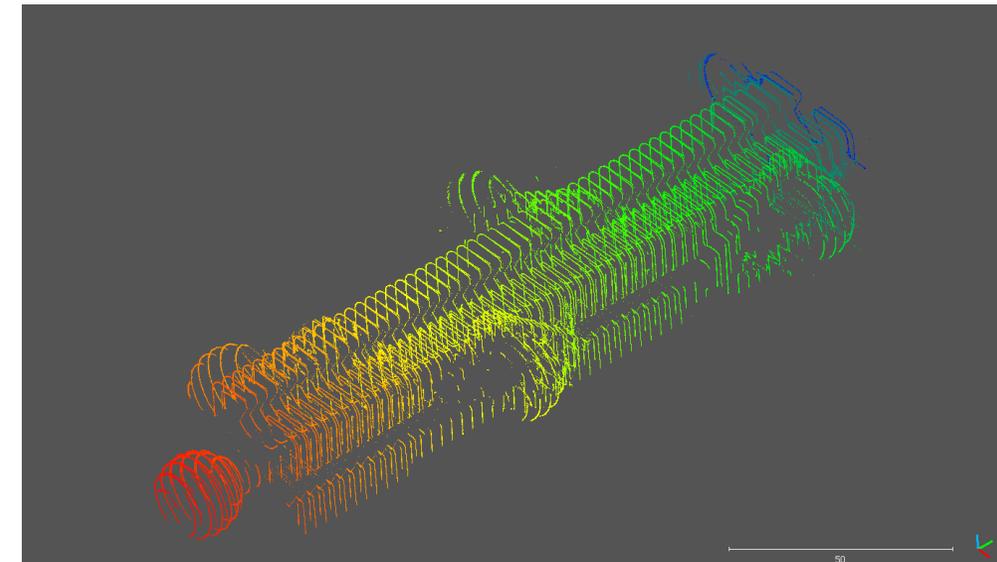
Profil 1



Profil 2



Profil 3

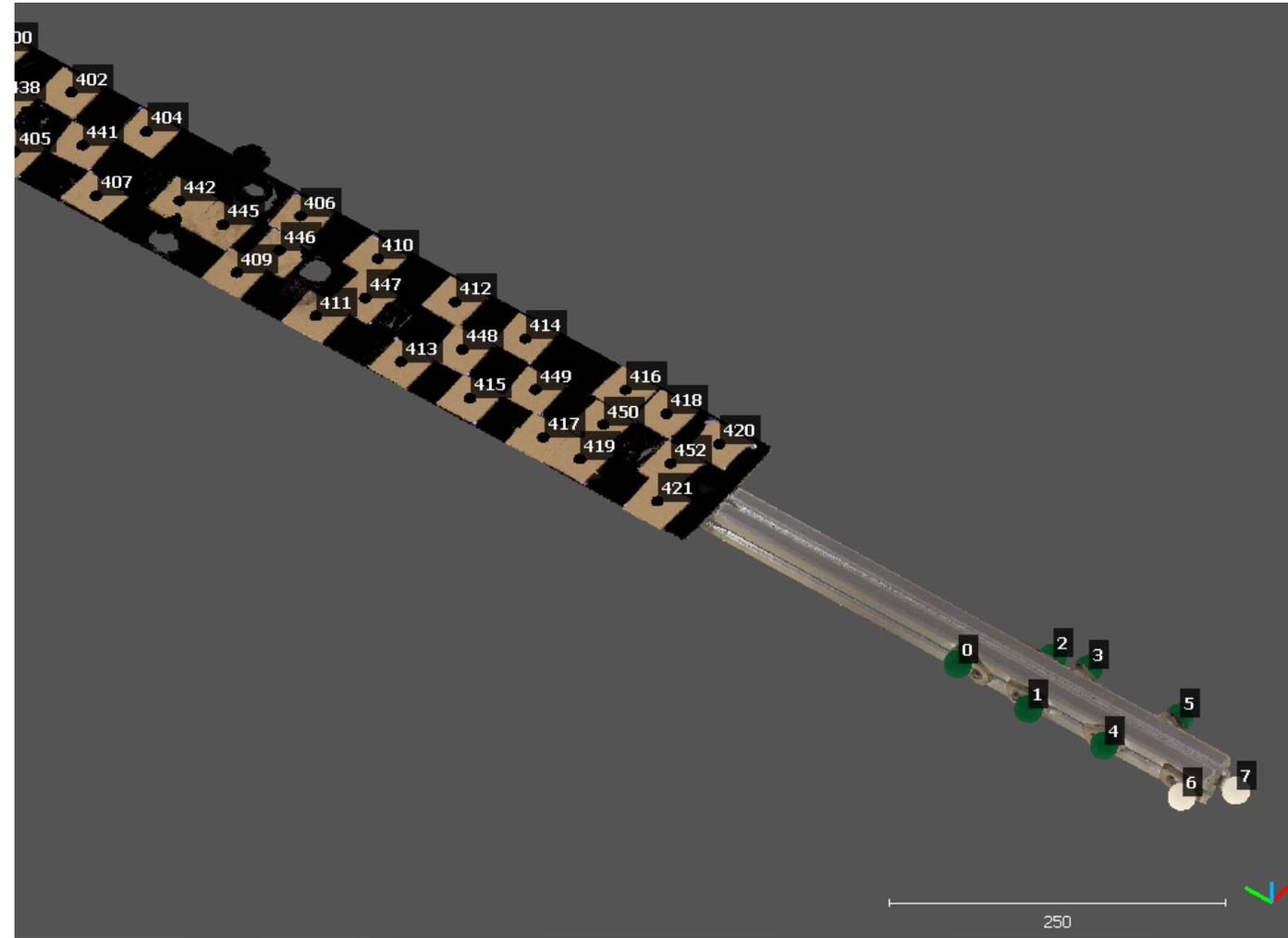


- **Aufbau:**

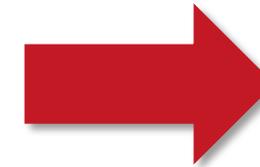
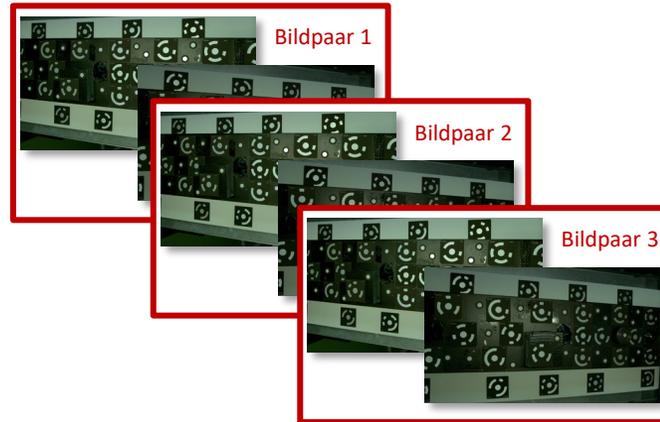
- Messmarken für das SKS
- Aluminiumprofil zur Überbrückung
- Kugeln für die LSS
- Verbindung zur Orientierung beider LSS-Systeme

- **Erfassung:**

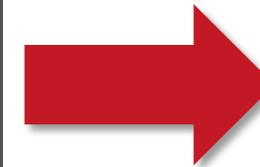
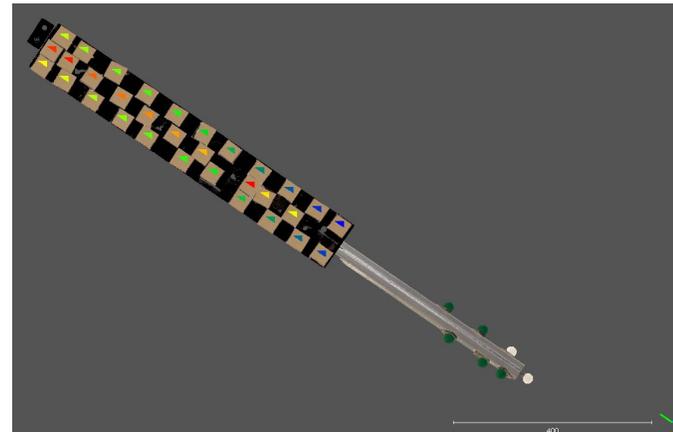
- Erzeugung einer Sollgeometrie
- Ableitung der relevanten Informationen aus den Punktwolken
- 3D-Koordinaten der Messmarken und Mittelpunkte der Kugeln in einem gemeinsamen Koordinatensystem



- 3D-Koordinaten der codierten Messmarken im Kamerasystem für jede Epoche
- Min. 3 Punkten zur Übertragung in das Kalibrierkörpersystem
- Ähnlichkeitstransformation beschreibt die Bewegung des Kalibrierkörpers



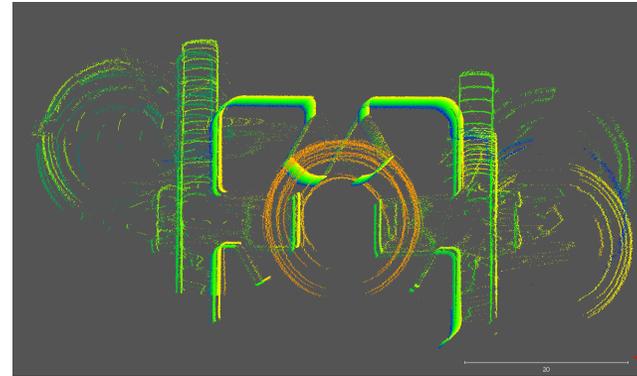
Epoche	Pkt	X	Y	Z
1	256	-1,899	-45,204	-357,337
1	252	130,860	-49,759	-402,680
1	254	65,122	-39,290	-357,607
1	267	165,133	-15,928	-413,871
		...		
2	258	-83,946	-43,691	-329,319
2	256	-1,903	-45,202	-357,346
2	254	65,131	-39,294	-357,609
2	267	165,132	-15,913	-413,885
		...		
3	256	-1,901	-45,199	-357,347
3	254	65,130	-39,294	-357,613
3	267	165,128	-15,915	-413,882
3	277	131,571	-14,233	-402,395
		...		



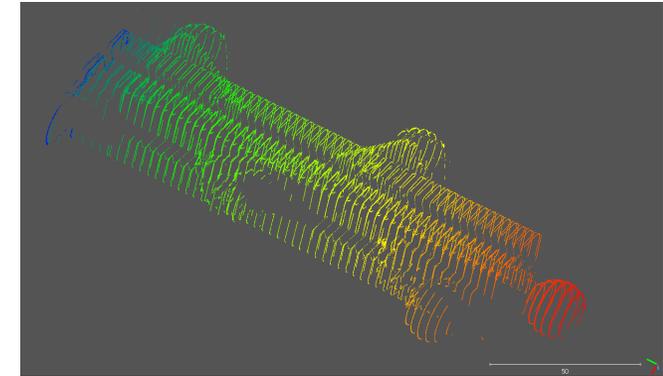
Pkt	X	Y	Z
...
250	21,483	616,738	33,211
251	92,561	762,405	33,440
252	21,857	690,104	33,269
253	91,864	827,208	33,584
254	30,244	767,153	54,690
255	92,919	894,917	33,752
256	22,058	830,509	33,487
257	92,617	966,837	33,935
258	20,882	917,228	33,638
259	93,801	1042,455	34,112
260	20,611	979,289	33,796
261	93,123	1120,408	34,244
262	20,624	1051,523	33,894

- Aus 2D-Profilen können keine 3D-Geometrien abgeleitet werden
- Schätzung der Orientierung durch Zusammenführung der Bewegungsrichtung und der Ebenennormale (Translation und Rotation um die Bewegungsachse werden ignoriert)
- Extraktion von Kugelpunkten und -mittelpunkten
- Transformation der Punktwolke in das Kalibrierkörpersystem

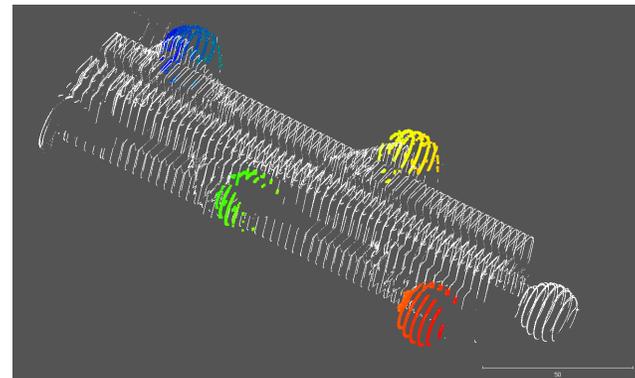
Profile



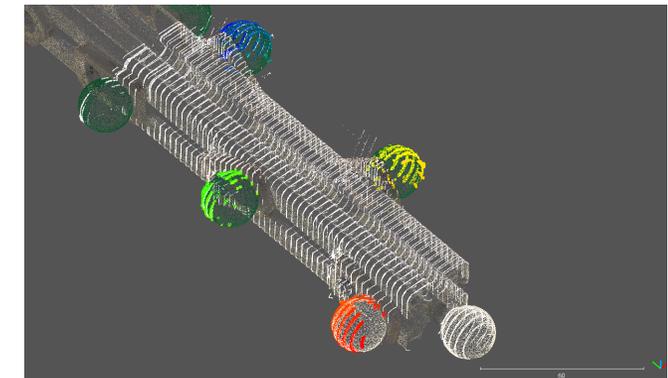
Geschätzte Kombination



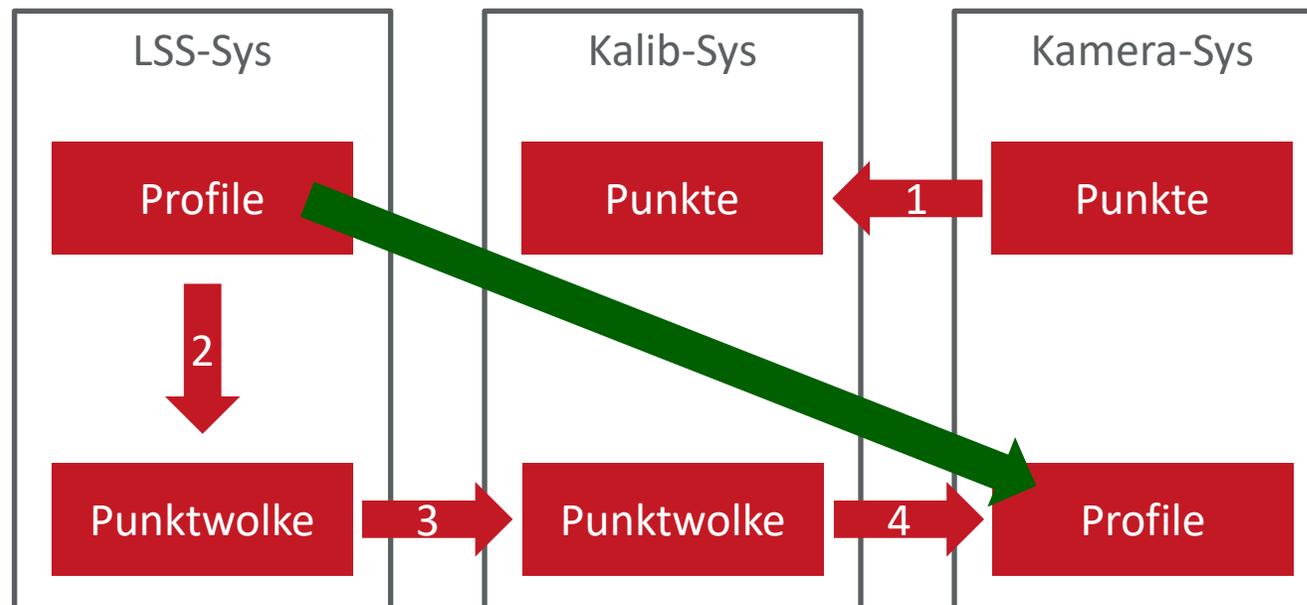
Kugelpunkte



Transformation

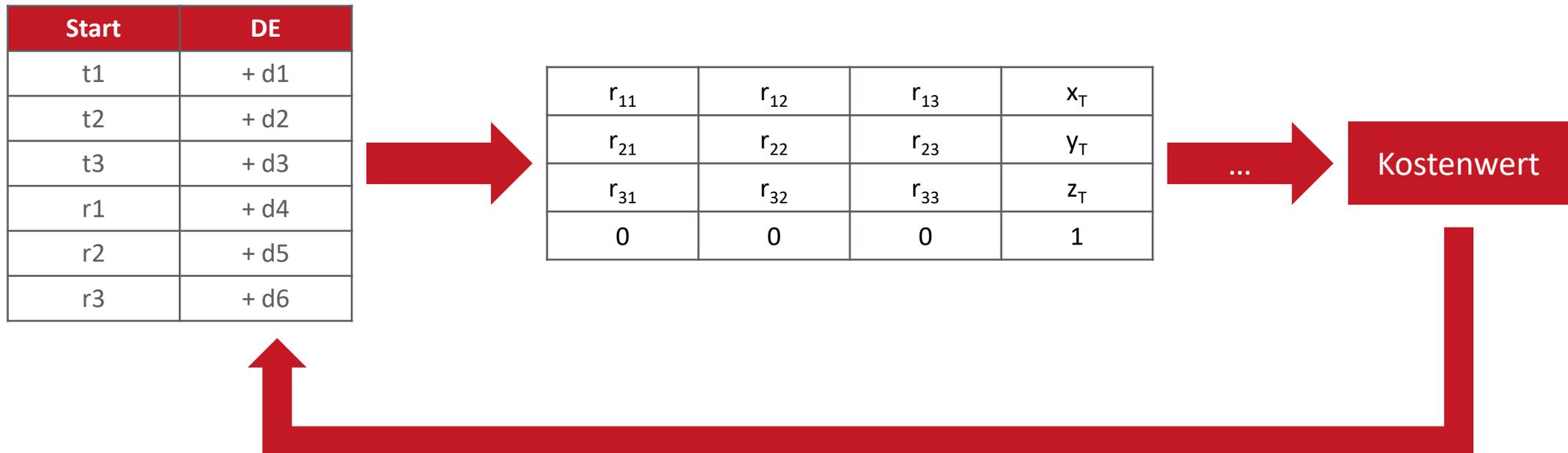


- Alle Daten im Kalibrierkörperkoordinatensystem bekannt
- Transformieren der Profile über die inversen Trackingparameter
- Profile auch im LSS-Koordinatensystem bekannt, über homologe Punkte bestimmen der direkten Transformation aus dem LSS- in das Kamerakoordinatensystem

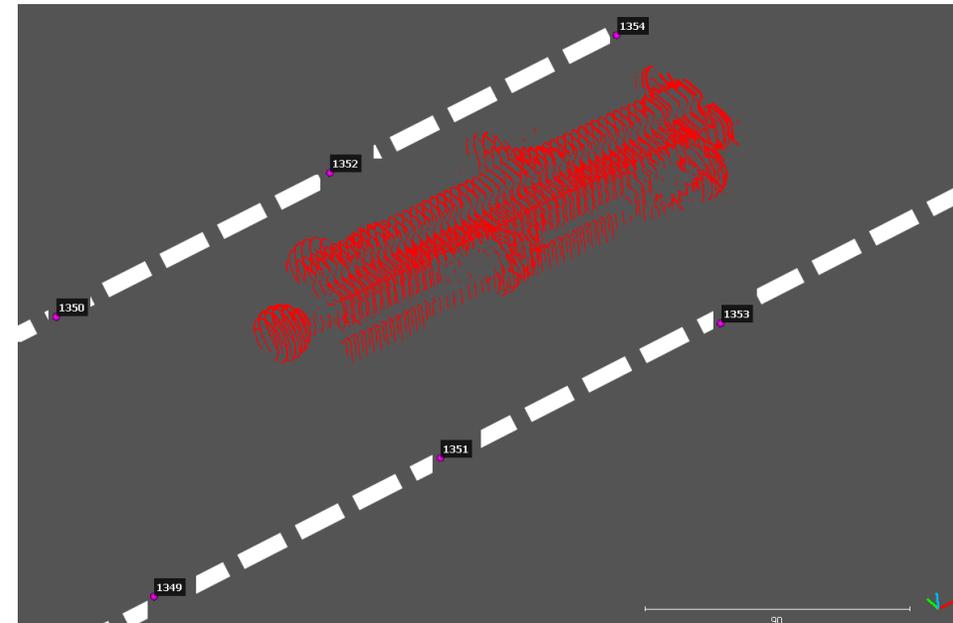


- T_1 : Über die codierten Punkte
- T_2 : Schätzung plus Tracking
- T_3 : Über die Mittelpunkte
- T_4 : Inverses Tracking

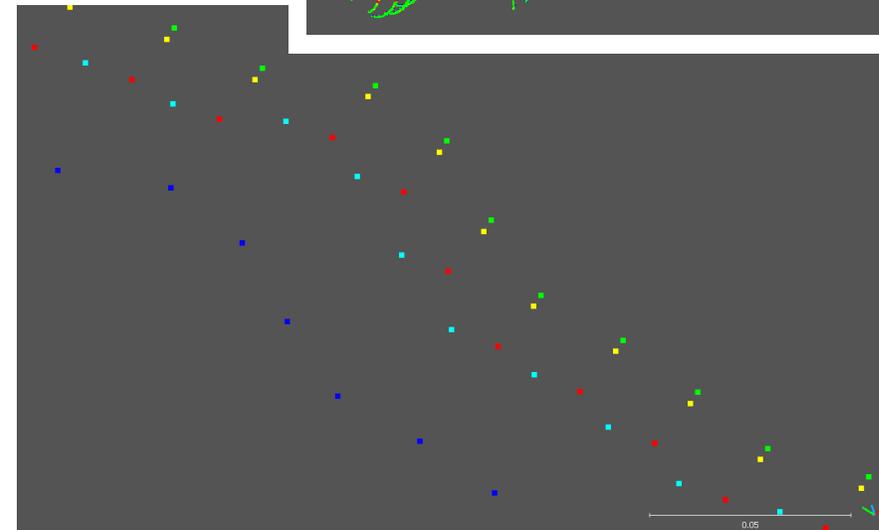
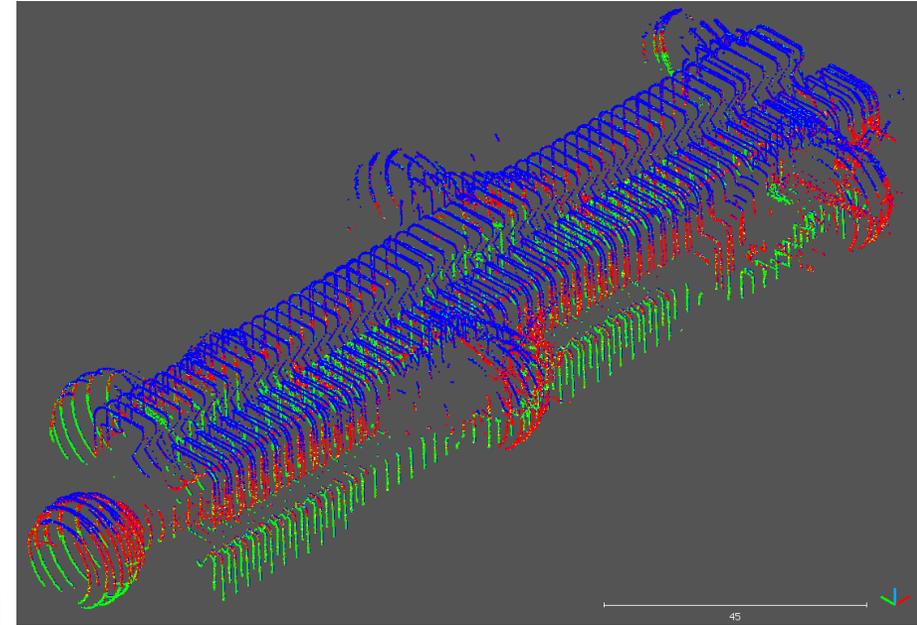
- Lösung basiert auf Schätzungen und Stichproben, Optimierung per differentieller Evolution
- Anpassung der Parameter und Neuberechnung zur Minimierung des Kostenwertes
- Kostenwert ergibt sich aus Rundheit der Kugeln und Distanz zwischen den Ist- und Sollpositionen der Mittelpunkte



- Nutzung der bestimmten Transformationsparameter zur direkten Übertragung der Profile in das Kamerasystem
- Tracking mittels Messmarken auf dem Förderband



- Algorithmus ermöglicht die Bestimmung der Orientierung und die Kombination von Profilen
- **Vergleich verschiedener Orientierungsmessungen:**
 - Abweichungen der Parameter im Millimeter- bzw. Zehntel-Grad-Bereich
 - Ähnlicher Einfluss auf die Punktkoordinaten nach der Kombination
- **Ausblick:**
 - Angepasster Kalibrierkörper
 - Höhere Messfrequenz für bessere Datengrundlag
 - Vergleich alternativer Optimierungsmethoden
 - Auswertung der Extrudatsmessungen



Vielen Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Oldenburger 3D-Tage 2024
simon.albers@jade-hs.de



Simon Albers, Robin Rofallski, Thomas Luhmann

