

Bildanalyse zur Unterstützung der Carbonfaser Produktion

MATLAB Expo 2019



Die SGL Carbon

Wir sind ein technologiebasiertes und weltweit führendes Unternehmen bei der Entwicklung von kohlenstoffbasierten Lösungen.

Unsere hochwertigen Materialien und Produkte aus Spezialgraphit und Verbundwerkstoffen kommen in den zukunftsbestimmenden Industrien zum Einsatz.

Automobil

Luft- und Raumfahrt

Wind

Solar

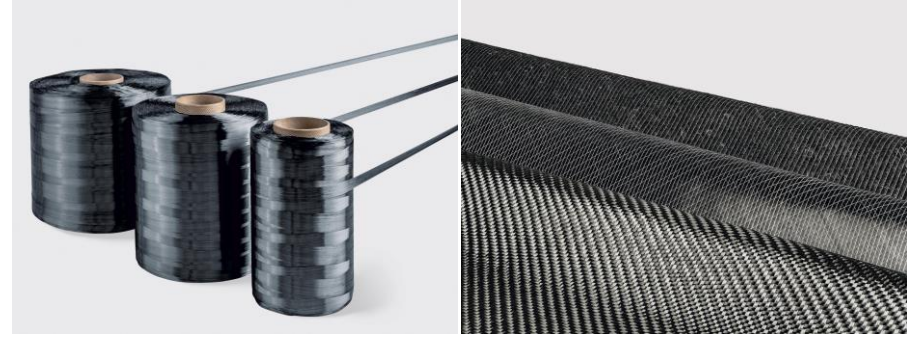
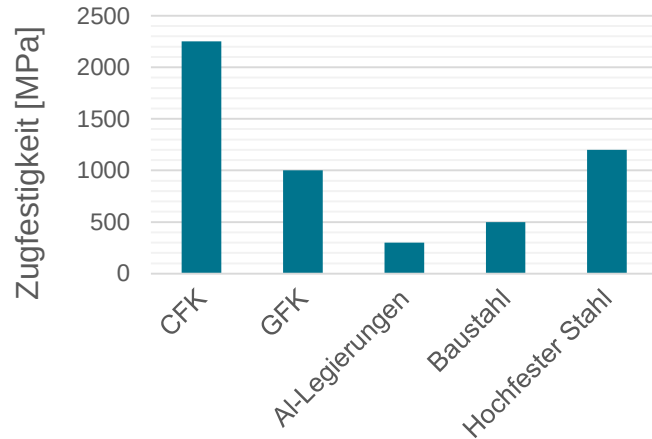
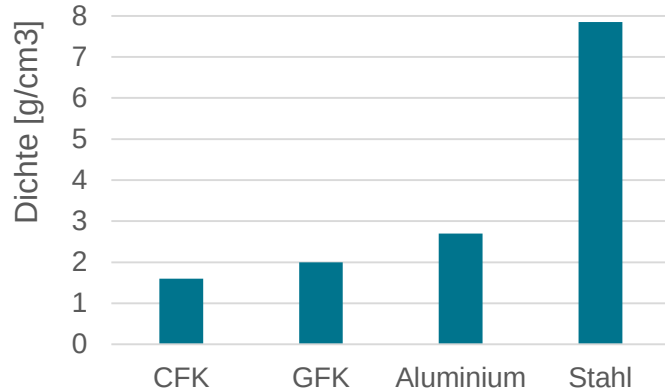
Energiespeicherung

LED & Halbleiter

Märkte

Sowie: Prozesstechnologie, Hochtemperatur, Chemie, Bauwesen, Maschinenbau, Medizintechnik

Carbonfaserkunststoffe (CFK)

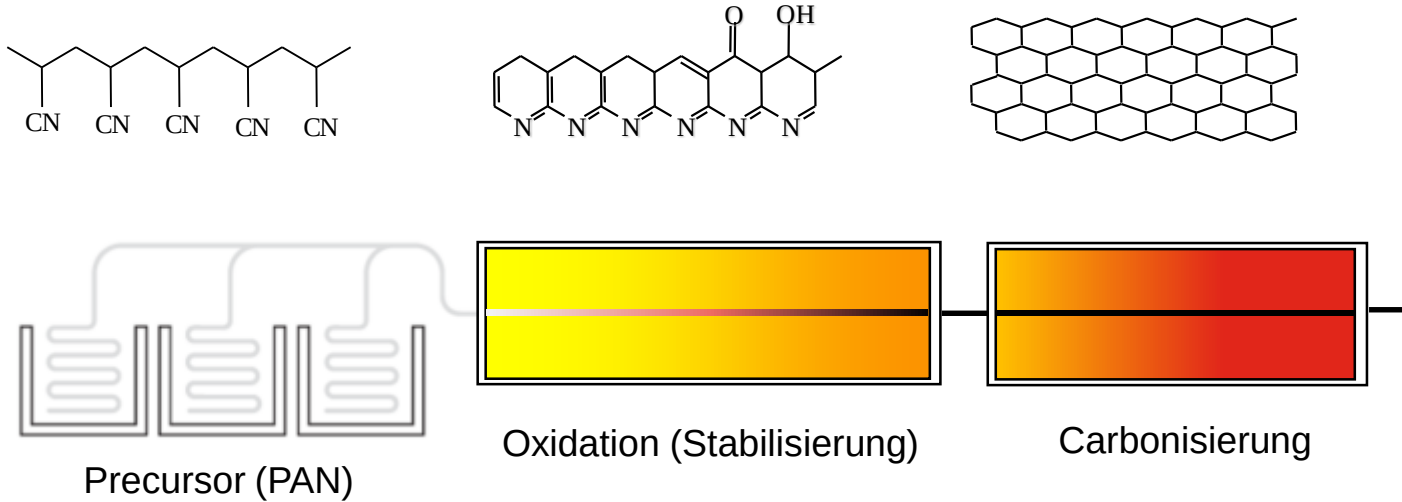


Hervorragende Eigenschaften in Kombination mit geringer Dichte

Einsatz in vielen Märkten



Carbonfaser-Herstellungsprozess



Und weiter zu:

- Oberflächenbehandlung
- Schlichten
- Wickeln

Kontrolle der Prozessparameter ist neben dem Rohstoff entscheidend für die Materialeigenschaften.

Stabilisierung von PAN Fasern



Fasern werden durch die
verschiedene
Temperaturzonen geführt

- Energie wird freigesetzt → Ofentemperatur muss in verschiedenen Zonen genau kontrolliert werden
- Thermische Nachverbrennung der Abgase wegen Freisetzung von HCN notwendig.

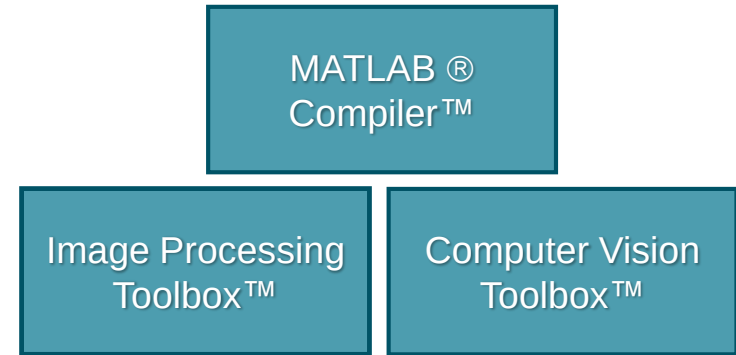
Prozessbeschreibung und Anforderungen an das Tracking-Tool

Prozessbeschreibung:

- C-Faser Pilotanlage – Versuchsanlage die kontinuierlich in 3 Schichten läuft
- Faserweg ist mehrere hundert Meter lang.
- Viele Parameter können und werden variiert und verfolgt um Qualität und Kosten zu optimieren und auf die noch deutlich größere Produktionsanlagen zu übertragen.
- Reibung zwischen Tauen kann zur Beschädigung der Fasern führen
- Verschiedene Fadenführungssysteme können die Fasern verdrehen, beschädigen oder selbst durch Zugkräfte beschädigt werden.
- Optische Kontrolle an vielen Positionen der Anlage ist möglich.

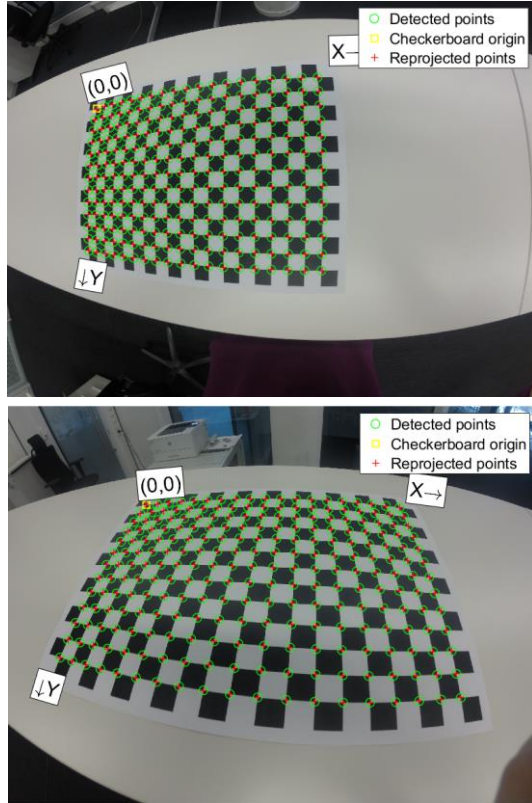
Anforderungen an das Tool:

- Zuverlässige und genaue Bestimmung der Taubreite und Tauposition in jedem Bild.
- Automatisierte Prozesskontrolle
- Benutzerfreundliche Bedienung
- Keine Lizenzkosten

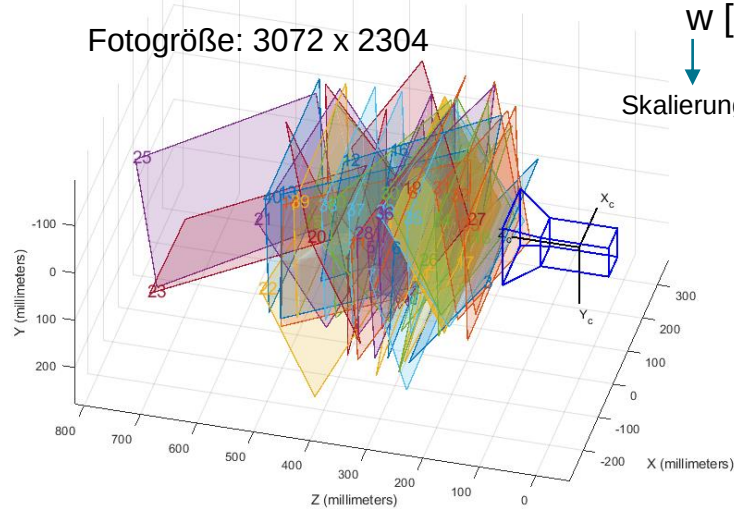


Verwendete MathWorks Produkte

Kamera Kalibrierung – Intrinsische Matrix



GoPro Kamera
Fotogröße: 3072 x 2304



$$w \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & Y & Z & 1 \end{bmatrix} P$$

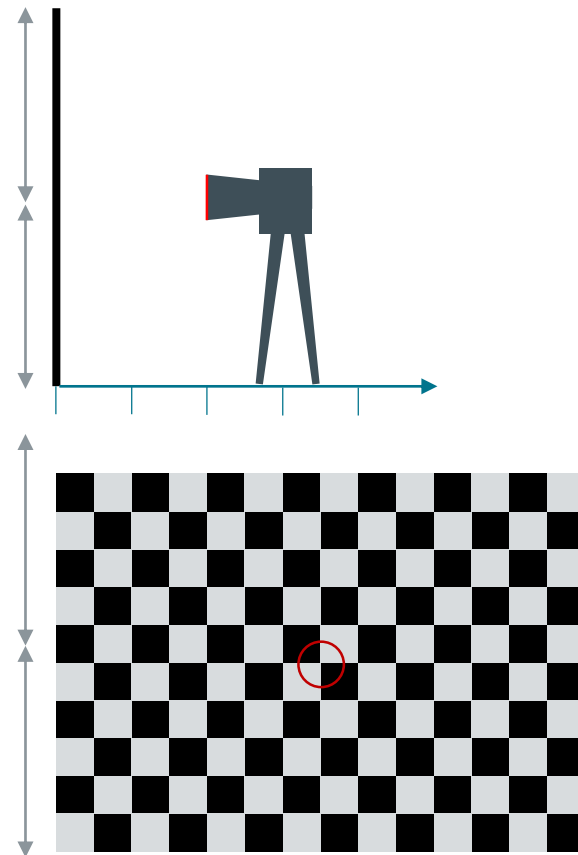
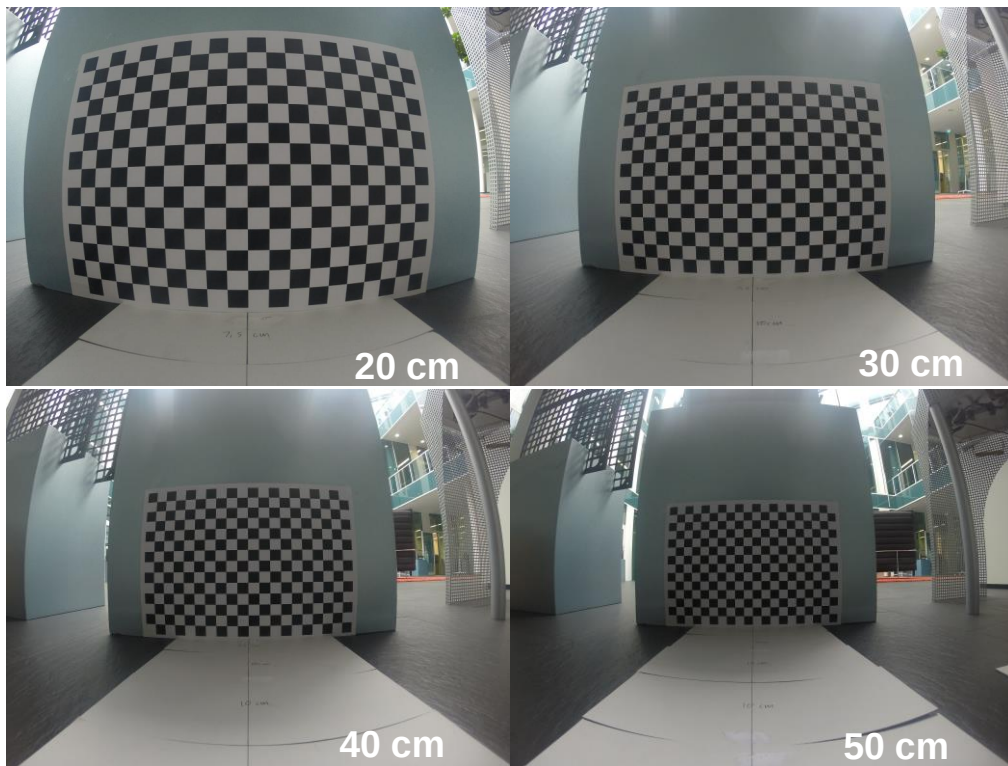
Bildkoord. ↑
Weltkoord. ↑
↓ Skalierungs-faktor
↓ Kameramatrix

$$P = \begin{bmatrix} R \\ t \end{bmatrix} K \rightarrow \text{intrinsische Parameter}$$

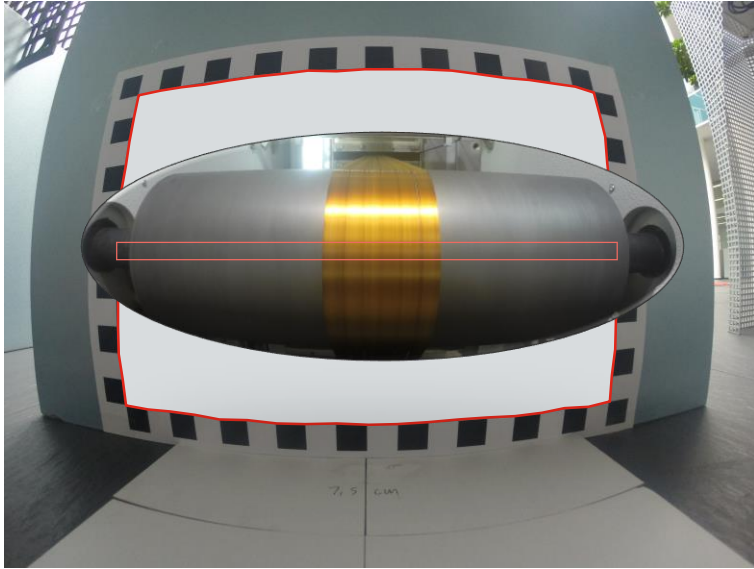
↓
↓
[Rotationsmatrix]
[Translationsvektor]
extrinsische Parameter

Kalibrierung auf den Schachbrettfeldern mit 20 mm Seite.
Die Bilder ergeben die intrinsischen Kamera Parameter.

Extrinsische Matrix Bestimmung



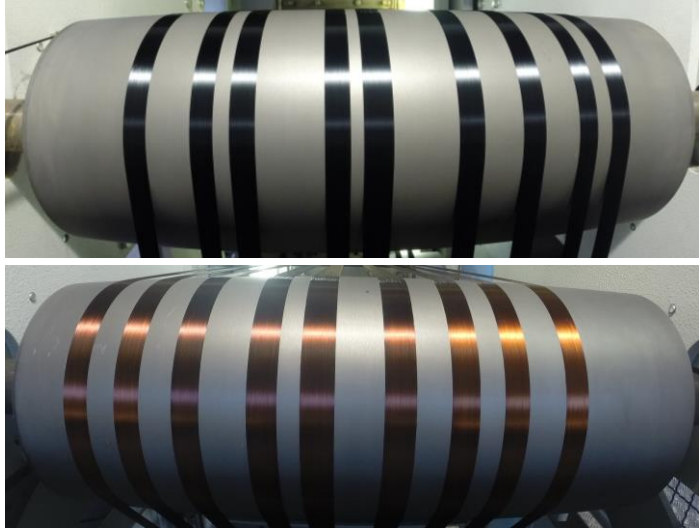
Aufnahmebereich



Der Auswertungsbereich muss in dem kalibrierten Bereich liegen, damit die Fehlereinschätzung richtig funktioniert.

Auswertung erfolgt im schmalen Bereich, oder nur auf einer Linie.

Tau-Aufnahmen auf der Pilotlinie



Die Lichtverhältnisse sind nicht immer perfekt.

Die Taue können die Position wechseln, sich mit einander verbinden oder auch voneinander trennen.

Die Farbe der Taue ist abhängig von ihrer Position im Ofen.

Tool Optionen

Basis-Optionen

- Kamerateyp
- Entfernung der Kamera zur Walze
- Auswertungsbereich
- Ausschreiben der Zwischenergebnisse
- Auswahländerung von allen oder nur Verfolgungs- und Erkennungsoptionen

Signalerkennung und Interpretation

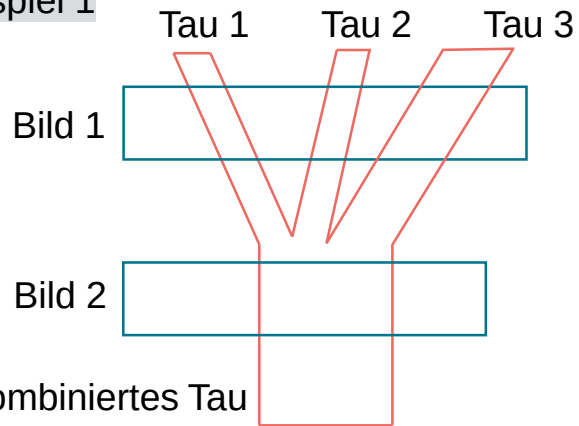
- Kontrasteinstellung
- RGB oder Grau
- Adaptive Basislinien Anpassung
- Peak Schwellenwert
- Peak – Abschnitt
- Signalglättung

Signalverfolgung und Korrektur

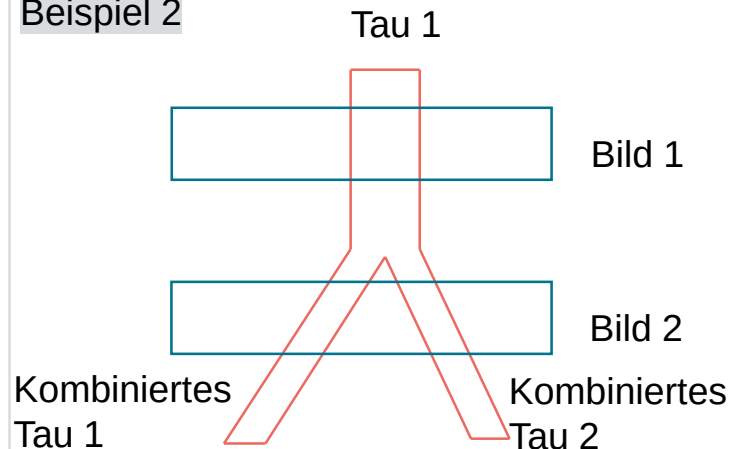
- Tau-Position Tendenz/Mittelwert
- Korrektur der wiedergegebenen Punkte.

Tauverfolgung und Nomenklatur

Beispiel 1



Beispiel 2



	Tau 1	Tau 2	Tau 3	Kombiniertes Tau
Bild 1	Breite 1 Position 1	Breite 2 Position 2	Breite 3 Position 3	-
Bild 2	-	-	-	Breite komb. Tau Position komb. Tau

	Tau 1	Komb. Tau 1	Komb. Tau 2
Bild 1	Breite 1 Position 1	-	-
Bild 2	-	Breite komb. Tau 1 Position komb. Tau 1	Breite komb. Tau 2 Position komb. Tau 2

Entscheidend für die Beurteilung ist die Tauposition, bzw. Nachbarschaft zu den bisherigen Taupositionen.

Testlauf – Konvergenz-Beispiel

Bild 1

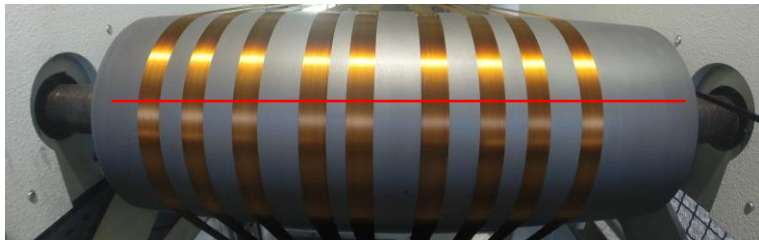
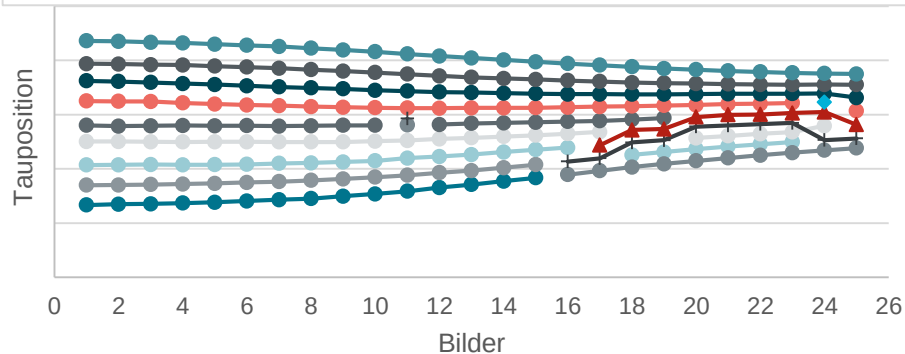
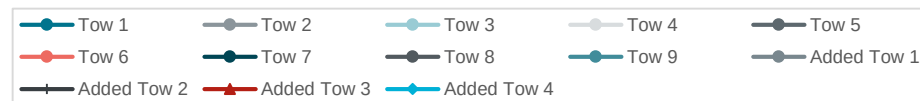
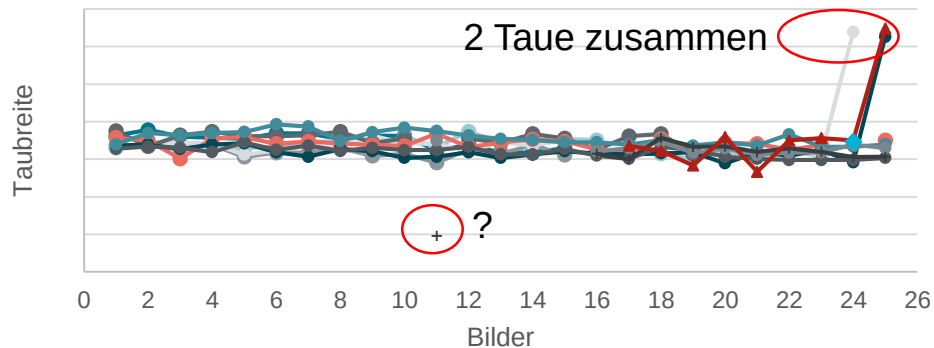
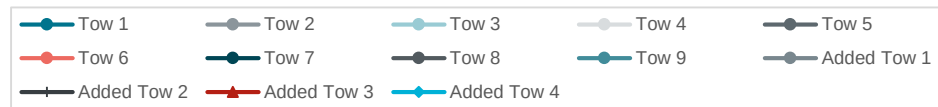
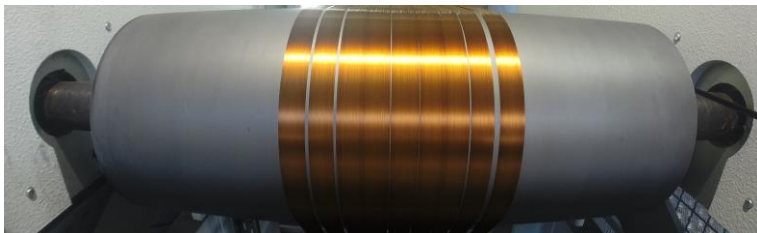


Bild 11

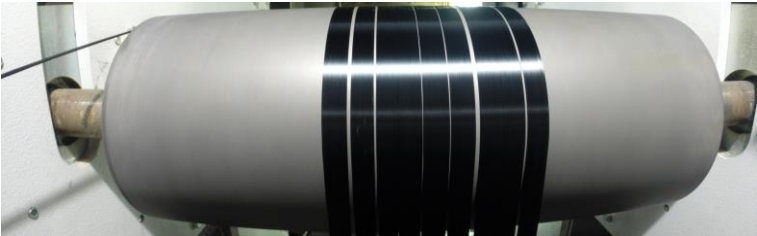


Bild 25



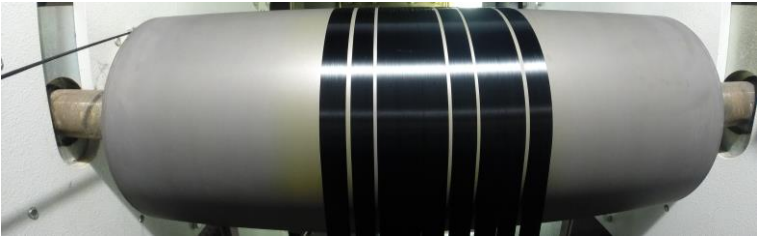
Zusammenlaufende Taue

Bild 1



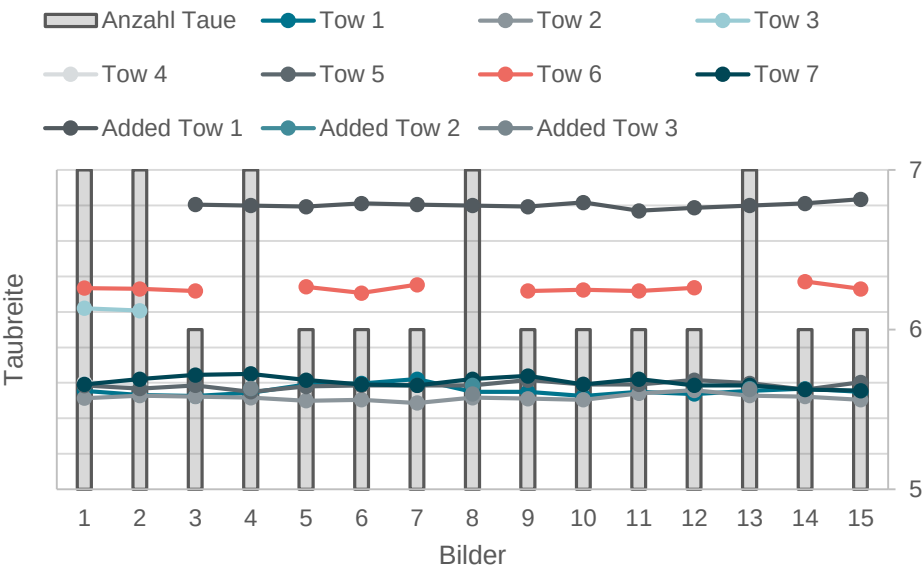
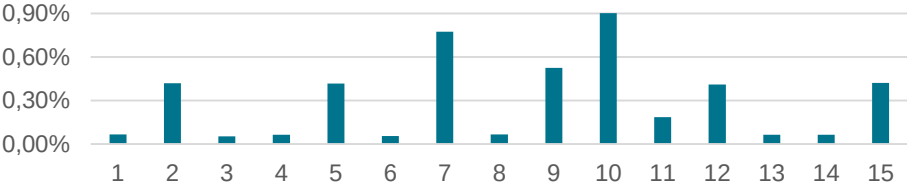
1 1 2 1 1 2 1

Bild 5

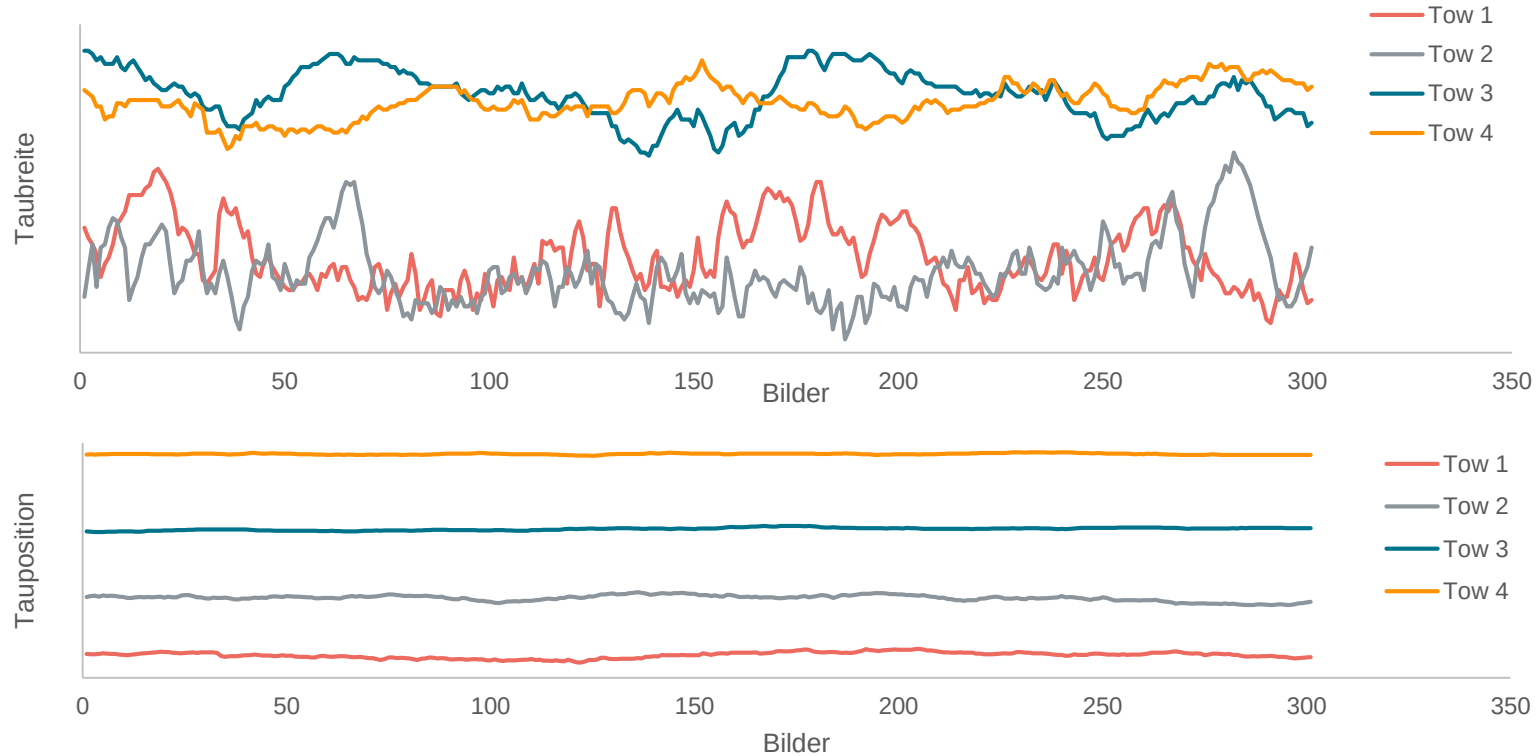


1 1 3 1 2 1

Abweichung der Gesamtbreite vom Mittelwert (Absolutwert)

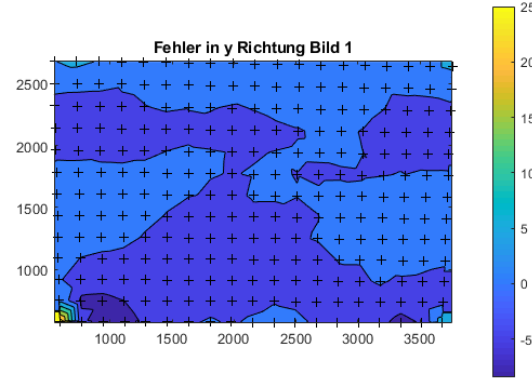
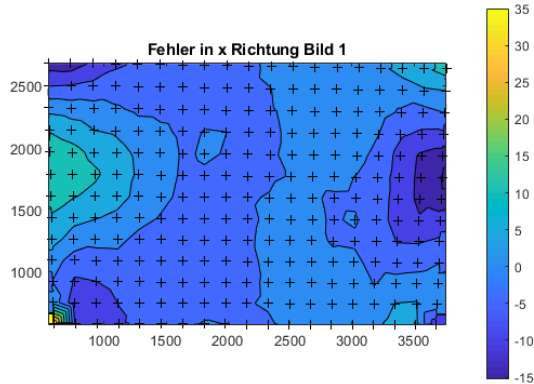


Große Variation in Breite und/oder Position

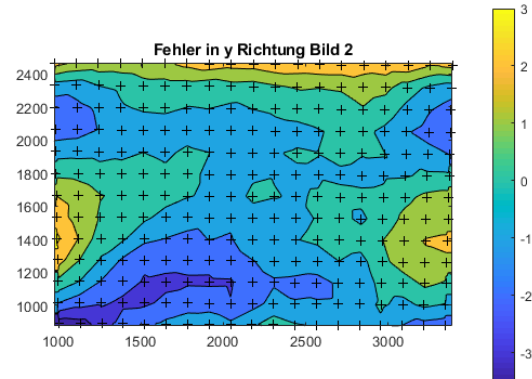
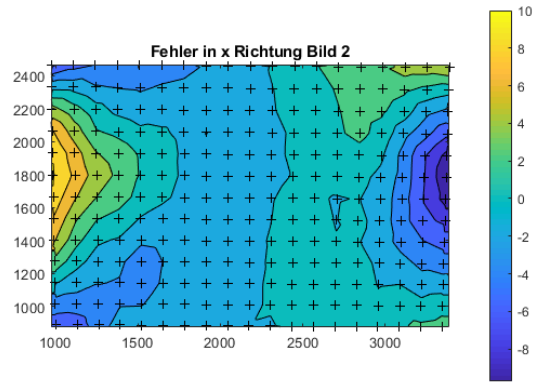


Die Variationen in der Taubbreite, durch z.B. Verdrehung oder Überlappung können einfach detektiert werden.

Fehlerbestimmung in Pixeln an den entzerrten Bildern



Auflösung vom Bild 1: $\approx 8,64$ px/mm



Auflösung vom Bild 2: $\approx 6,51$ px/mm

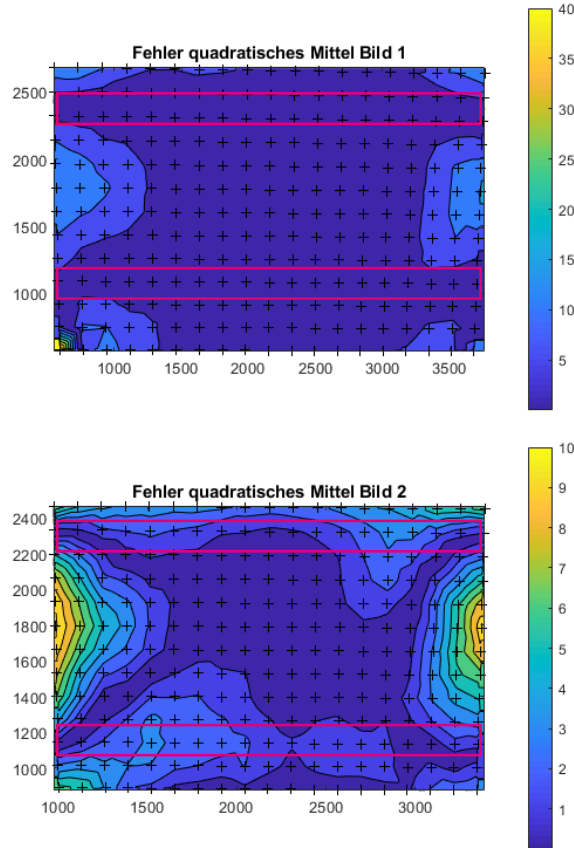
Fehler [px] = Wiedergegebene Positionen – Tatsächliche Positionen am Schachbrettfeld.

Ausmaß der Fehler:

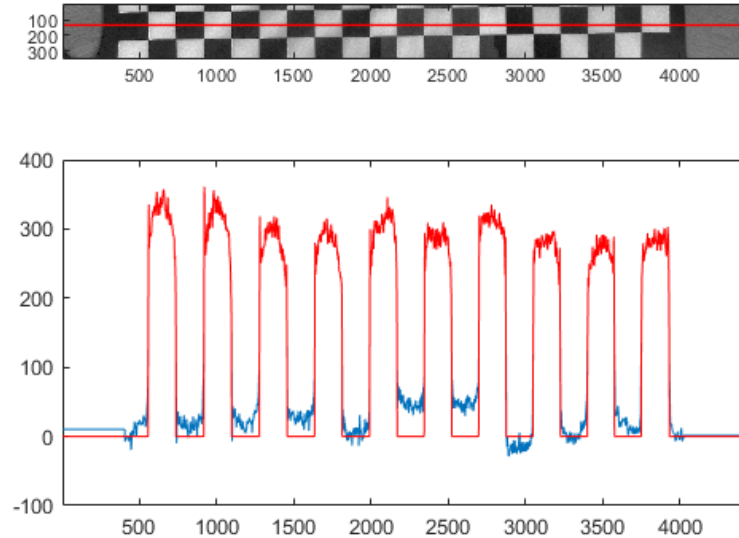
- In größerem Bild (Bild 1) im linken unterem Eck sehr groß.
- Wiedergegebenes Bild für die mittleren y-Werte verengt.
- Geringe Fehler in der Mitte der Aufnahme

Gesetzte Fehlertoleranz stellenweise überschritten.

Fehlerbestimmung in Pixeln an den entzerrten Bildern



Die günstigsten Bereiche liegen entweder bei ca. 1/3 oder 2/3 der Bildhöhe.



Die Pixelfehler sind bekannt und können beseitigt werden, was sich vor allem auf die Breite der Felder an beiden Rändern auswirkt → Fehler kann dadurch unter den Toleranzwert gesenkt werden.

Zusammenfassung

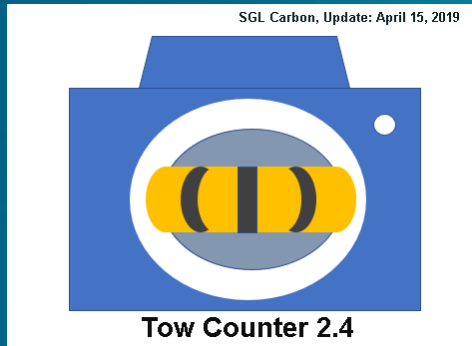
Was wurde erreicht:

- Verfolgung von Carbonfaser-Tauen funktioniert zuverlässig.
- Diverse Funktionalitäten ermöglichen gute Erkennung und Auswertung auch an suboptimalen Bildern.
- Gut angepasste Default-Werte erleichtern Benutzern den Einstieg.
- Fehler durch Einzelkamera-Kalibrierungsalgorithmus überwiegend gering, stellenweise aber auch inakzeptabel.
- Bilder weisen die günstigeren Bereiche auf, mit geringeren Fehlern.
- Korrektur an den wiedergegebenen Bildern führt zur Erreichung der Toleranzwerte.
- Das Tool erfolgreich getestet an der Carbonfaser Pilotanlage.

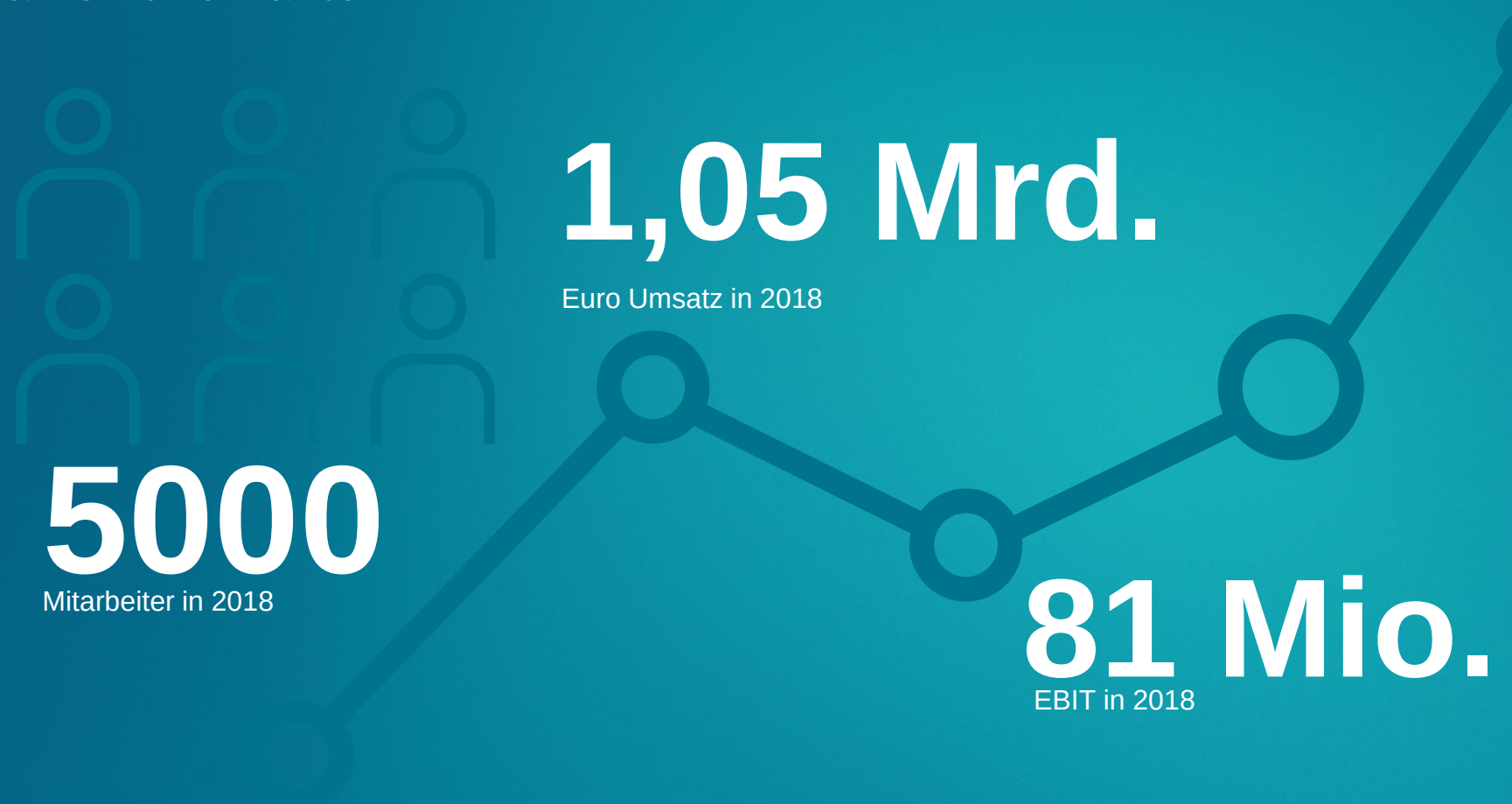
Die nächsten Schritte:

- Implementierung in der Produktion.
- Daten sammeln um evtl. weitere Phänomene in der Produktion zu erklären.

Thank you!



Zahlen und Fakten



1,05 Mrd.

Euro Umsatz in 2018

5000

Mitarbeiter in 2018

81 Mio.

EBIT in 2018

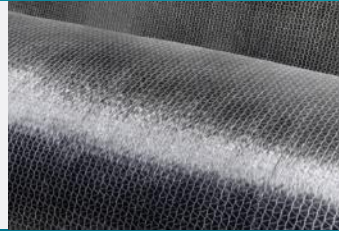
Wir beherrschen die gesamte Wertschöpfungskette: Kosten- und Qualitätsvorteile sowie Differenzierung



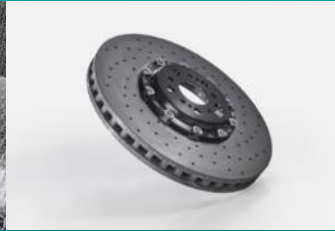
Rohstoffe



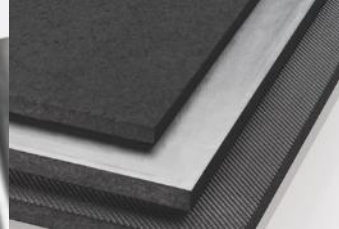
Zwischenstufen



Halbfertig-
erzeugnisse



Lösungen &
Bauteile



- Orientierung an **Kunden-
anforderungen**
- Maßgeschneiderte **Lösungen**
- Differenzierung durch **Vorwärts-
integration**

Simulation und Optimierung verbindet alle Bereiche...

**...und wird auch
externen Kunden
angeboten.**