



Be sure. **testo**

QUALITY | COMPLIANCE MEETS EFFICIENCY

Qualifizierung von Machine Vision Systemen zur Qualitätssicherung am Beispiel eines Produktionsanlaufs

07.11.2025

www.testotis.de

ANIKA ZART

- ▶ Consulting Services Quality & Production Excellence
- ▶ azart@testotis.de, +49 7661 90901 -8362

Be sure. **testo**



10/2015- 09/2018
Wirtschaftsingenieurwesen



10/2018 – 09/2020
Marketing GMP



10/2020 – 12/2023
PRIMAS validated



01/2024 - today
Consulting Services

Qualitätssicherung und Prüfprozessmanagement



Automotive



Aerospace

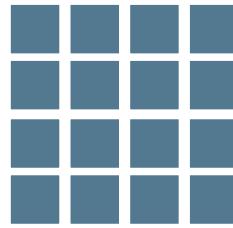
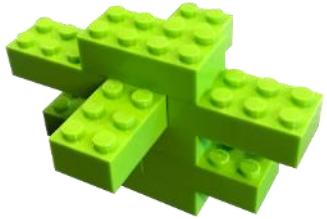


Medical / Pharma



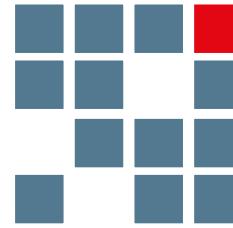
Defence

Qualität sichern und Kosten reduzieren!



100%

Fehlerschlupf §€€



Ausschuss €



Pseudoausschuss €



Consulting Quality Assurance

- ▶ Qualifizierung von Mess- und Prüfprozessen
 - Messsystemanalyse, MSA
 - Eignungsnachweise nach VDA5.X
- ▶ Qualifizierung von Fertigungsprozessen
 - Maschinen- und Prozessfähigkeit, MFU/PFU
 - Statistische Prozesslenkung, SPC
- ▶ Prüfplanung
 - Identifikation der zu messende Merkmale
 - Technologiescreening für Planung und Aufbau eines neuen Prüfstands



Consulting Quality Assurance

- ▶ Prüfmittelmanagement
 - Digitale Prüfmittelverwaltung (PRIMAS)
 - Optimiertes Prüfmittelmanagement z.B.:
 - Kalibrierintervall/Fehlergrenze/
Entscheidungsregeln
- ▶ Akkreditierungsvorbereitung nach ISO/IEC17025
 - Aufnahme Ist-Situation/Gap-Analyse
(Dokumenten- und Prozessanalyse, Workshop,
Laborbesichtigung)
 - Handlungsempfehlung anhand der identifizierten
GAPs und Ausarbeitung einer Projektskizze für
die Akkreditierungsvorbereitung



Bedeutung der Automobilindustrie für Europa

Europa

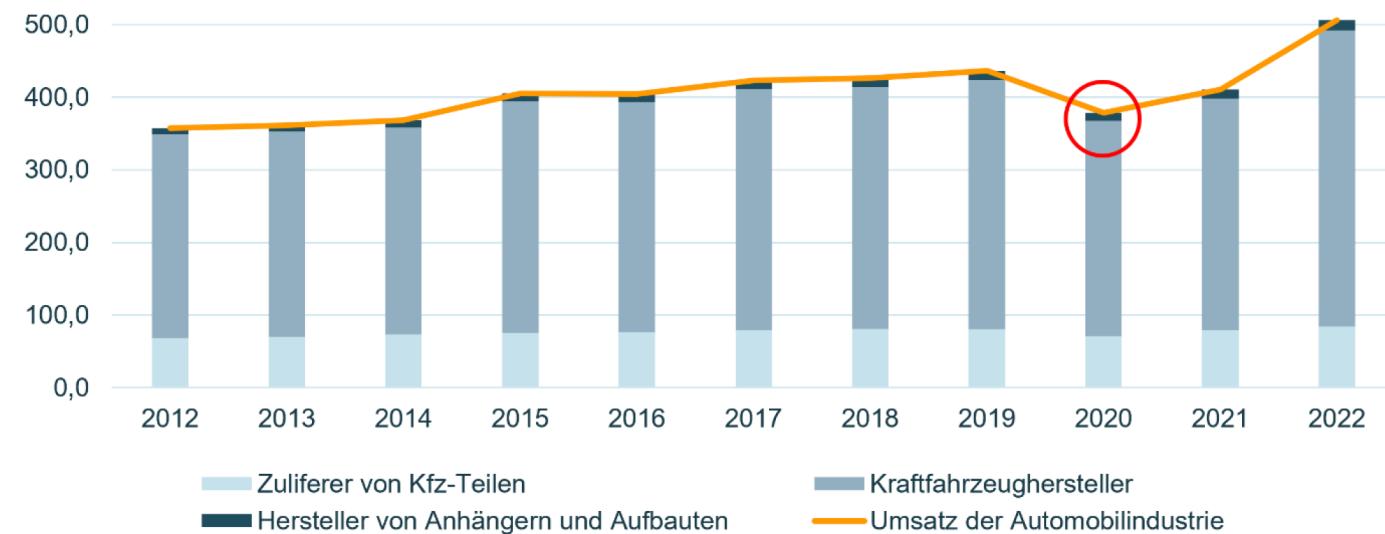
7% des Bruttoinlandsprodukts

2,3 Millionen direkt Arbeitsplätze
(indirekt: 12,2 Millionen
Arbeitsplätze)



Deutschland

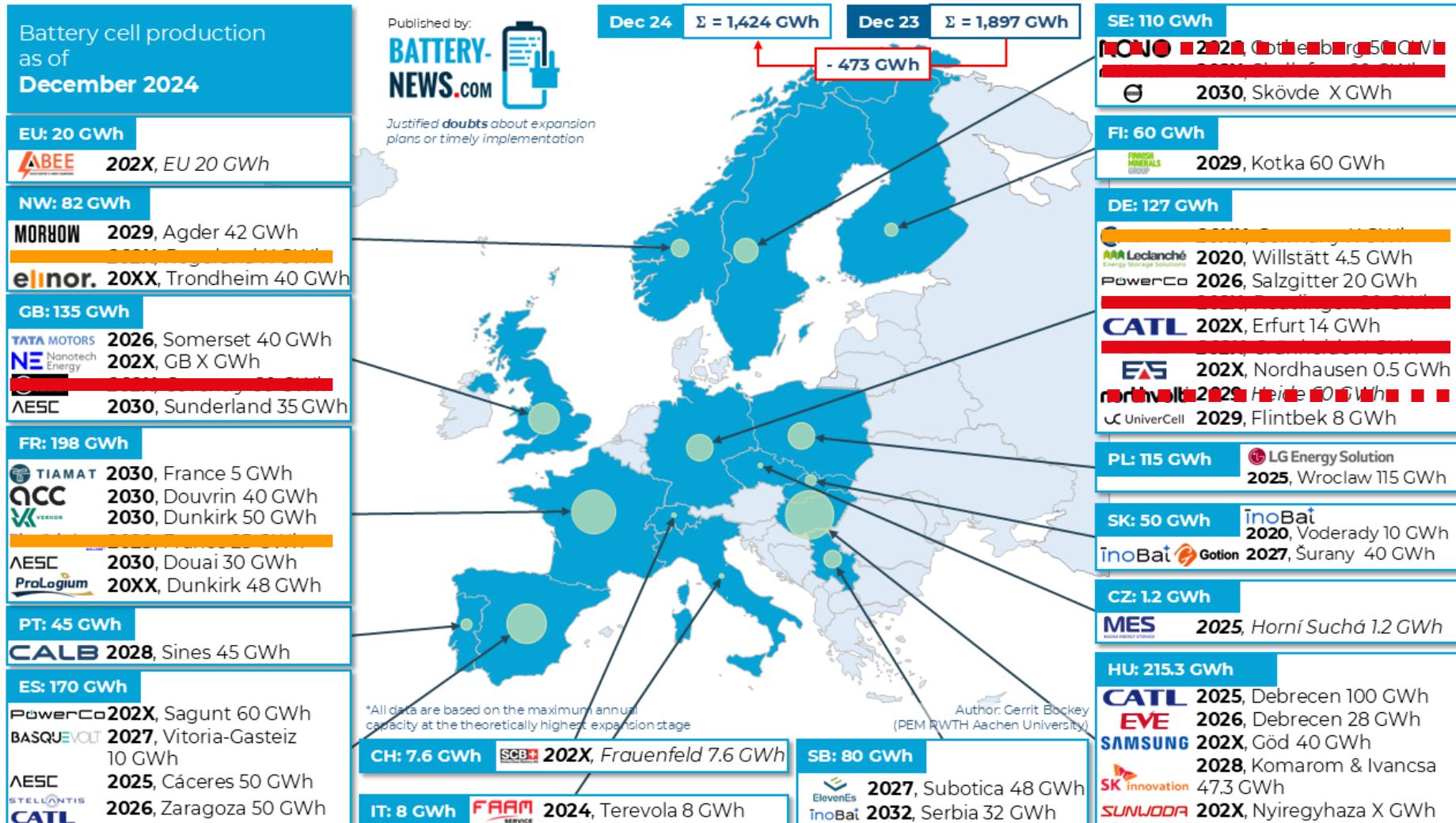
Umsatz der Automobilindustrie (in Mrd. Euro)



Quelle: BLUEPRINT FOR SECTORAL COOPERATION ON SKILLS,
ISBN: 978-92-79-64654-6 © European Union, 2017

Quelle: Statistisches Bundesamt - DESTATIS (2023)

Batterieproduktion in Europa am Scheideweg

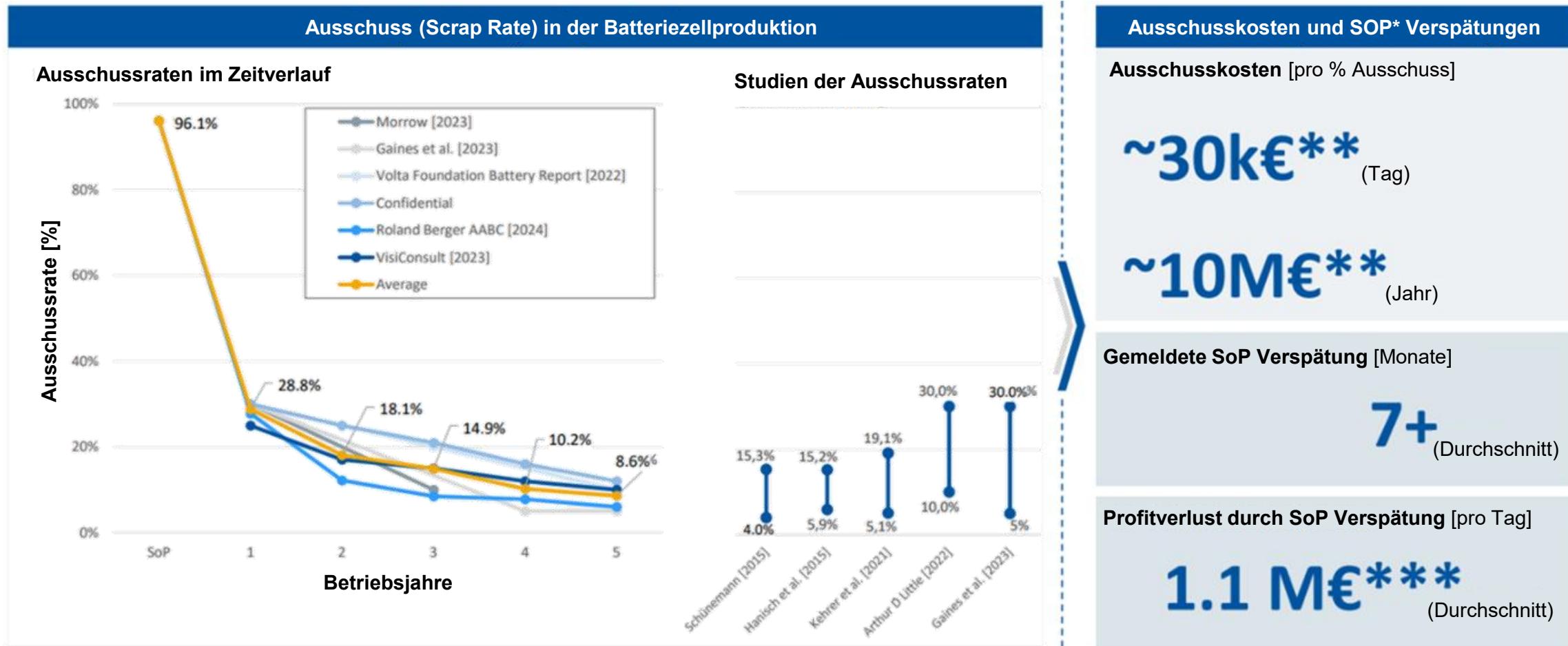


Statusupdate
12.24→09.25

— gestoppt —

— reduziert —

Der Ramp-Up Prozess ist der Schlüssel



Source/s: [1] Dahmen et al. (Mastering Ramp-up of Battery Production) 2024

* SOP = Start of Production; **40GWh/a, NMC811, Scrap sold at 70% cell price; ***40GWh/a



Qualitätssicherung ist ein entscheidender Erfolgsfaktor im Ramp-Up von Gigafactories – Beispiel Northvolt



NORTHVOLTS AUFTSTIEG ALS EUROPÄISCHER BATTERIEZELLHERSTELLER:



AKUTE PROBLEME VOR DER INSOLVENZ:

- Übermäßiger **Ausschuss** in der Produktion und längere **Hochlaufzeiten** der Linien
- Nur **reduzierte Liefermengen** an OEMs möglich (z. B. BMW oder Scania)
- Hohe Kostensensitivität durch **Konkurrenz** asiatischer Hersteller

Die vereinbarte Qualität und Menge an Batteriezellen kann nicht eingehalten werden.

Source/s: [1] Manager Magazin (Um so viel Geld geht es im Northvolt-Drama) 2024; [2] Northvolt (Northvolt files for bankruptcy in Sweden) 2025

Bei der IAA riefen die CEOs von PowerCo, Verkor & ACC gemeinsam zu europäischen Investitionen auf



The image shows a black and white document titled "WHO WILL MAKE OUR BATTERIES? EUROPE'S MOMENT OF TRUTH". It is a letter signed by the CEOs of PowerCo, VK TESTO, and ACC. The letter discusses the global context of battery production and the strategic importance of Europe's automotive industry. It highlights that 99 percent of batteries are made by non-European companies and urges European policy-makers to support local production to ensure strategic autonomy and security.

**WHO WILL MAKE OUR BATTERIES?
EUROPE'S MOMENT OF TRUTH**

By the CEOs of Europe's Own Battery Cell Manufacturers
Frank Blome, CEO, PowerCo | Benoit Lemaignan, CEO, Verkor | Yann Vincent, CEO, ACC

Amid global tensions and economic shifts, the President of the European Commission once again convenes stakeholders to discuss the future of the European automotive industry on September 12. As CEOs of battery cell manufacturers with operations in France, Germany, and Spain, we are committed to contributing by building a resilient, competitive, and sustainable European battery ecosystem. But without immediate, targeted support for local production, Europe risks losing its strategic autonomy in a critical 21st-century technology.

A Strategic Industry Under Threat

Batteries are central to Europe's automotive sector and its transition to zero-emission transport. They also underpin European security. Today, 99 percent of batteries are made by non-European companies, leaving Europe's €800 billion automotive industry—and the 10 million people—dependent on Asia.

„WHO WILL MAKE OUR BATTERIES?
EUROPE'S MOMENT OF TRUTH“

„This is not just industrial—it's geopolitical.“

„99 percent of batteries globally are made by non-European companies“

„We urge European policy-makers to work together. Act pragmatically, cut red tape, and mobilize funds. The cost of inaction far outweighs the cost of support.“



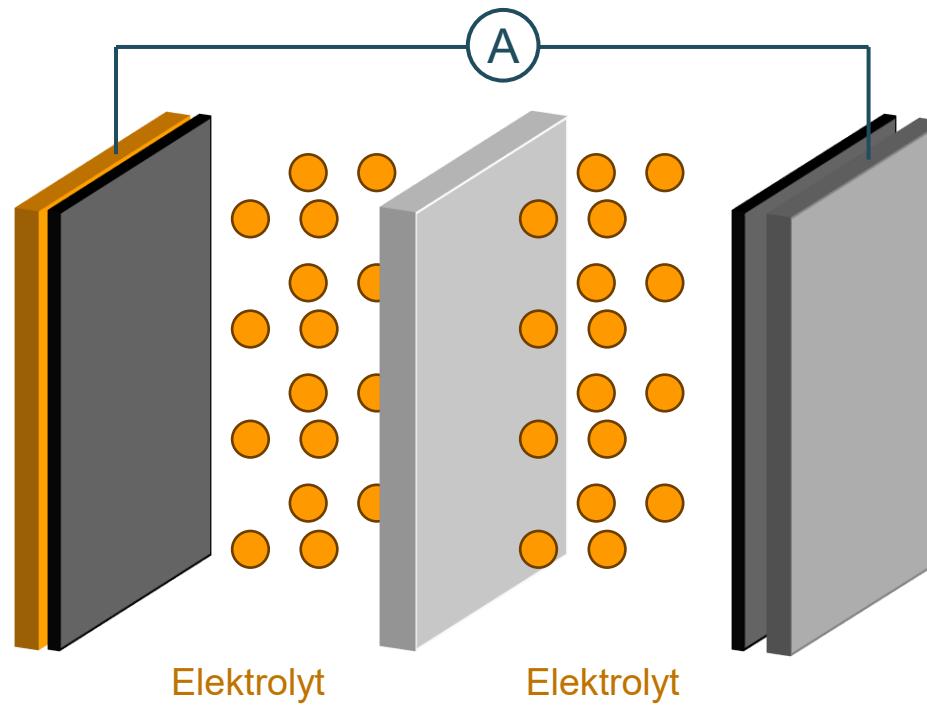
QUALITÄT IN DER BATTERIEPRODUKTION

Produktionsanlauf der Batterieproduktion

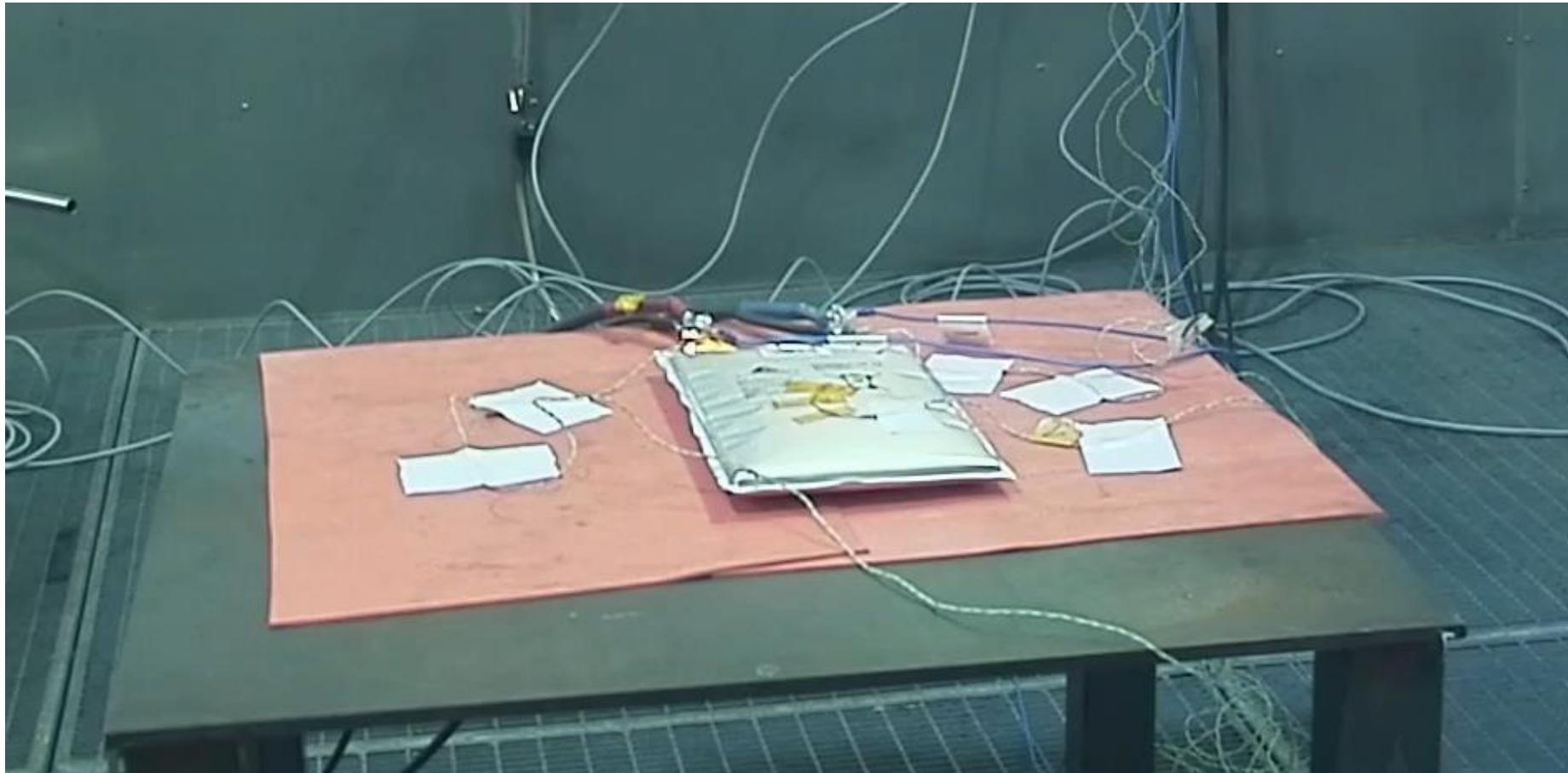
07.11.2025

www.testotis.de

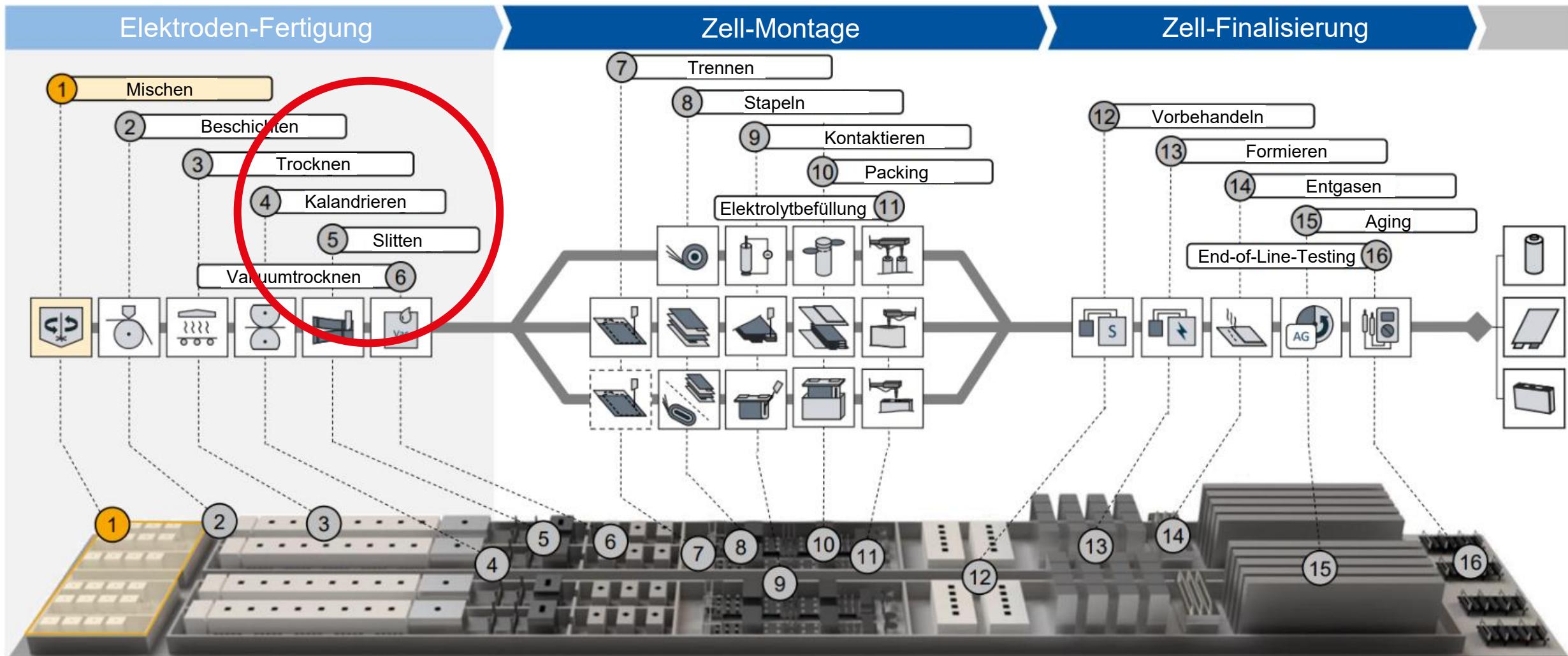
Design einer Batteriezelle

Kupfer
AnodeBeschichtung
(Slurry)Separator
(~10-25 µm)Beschichtung
(Slurry)Aluminium
Kathode

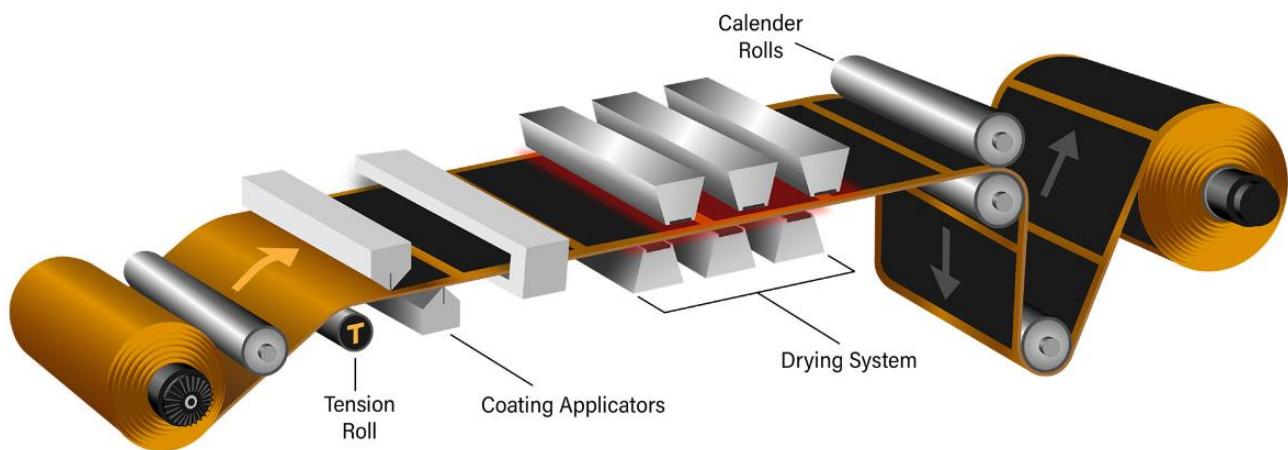
Potentielle Folgen von Geometrie- und Beschichtungsfehlern



Ablauf der Batteriezellherstellung



Beschichten, Trocknen und Kalandrieren

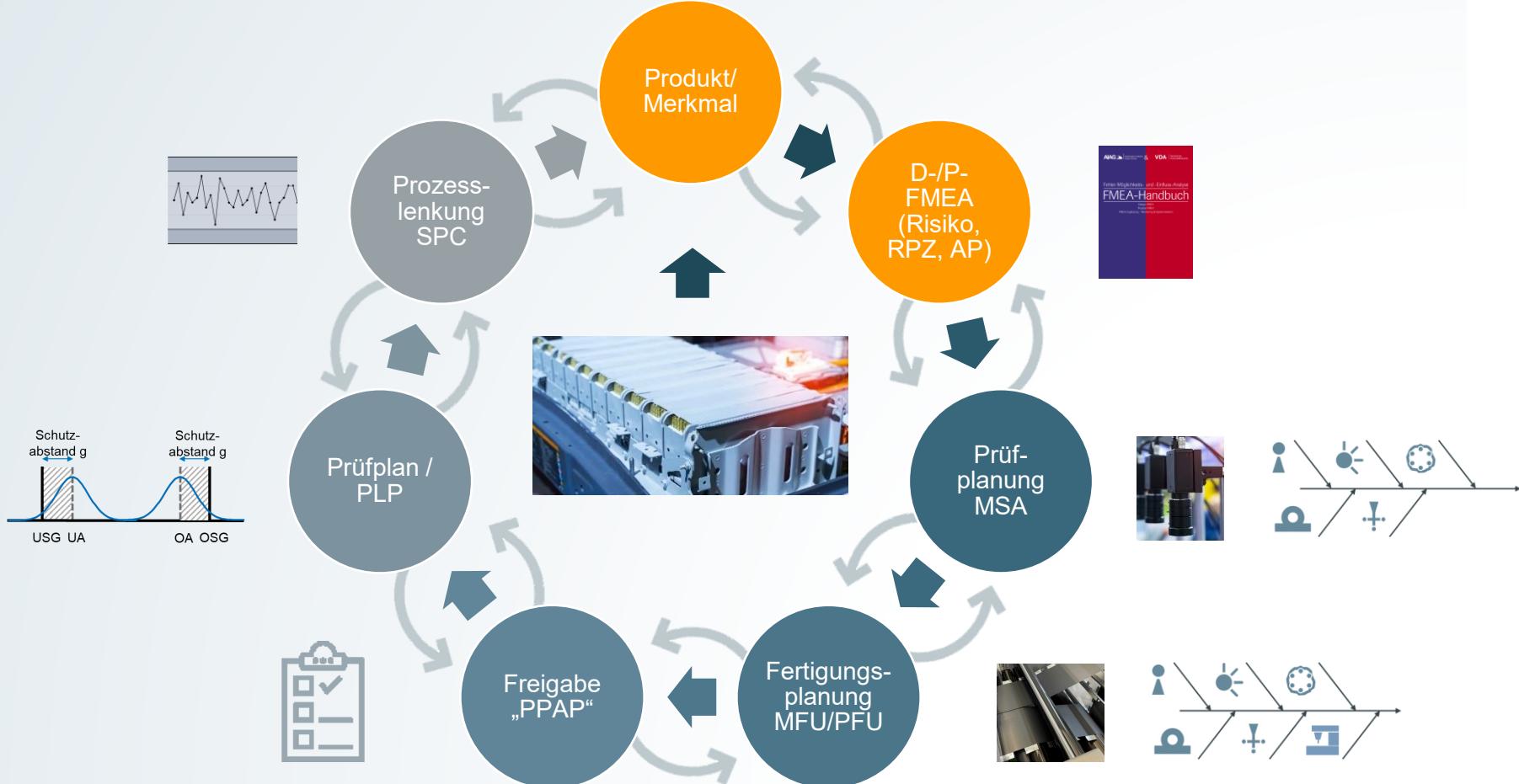


Slitten und Tab freistellen

SPC als Bestandteil der Automotive Core Tools

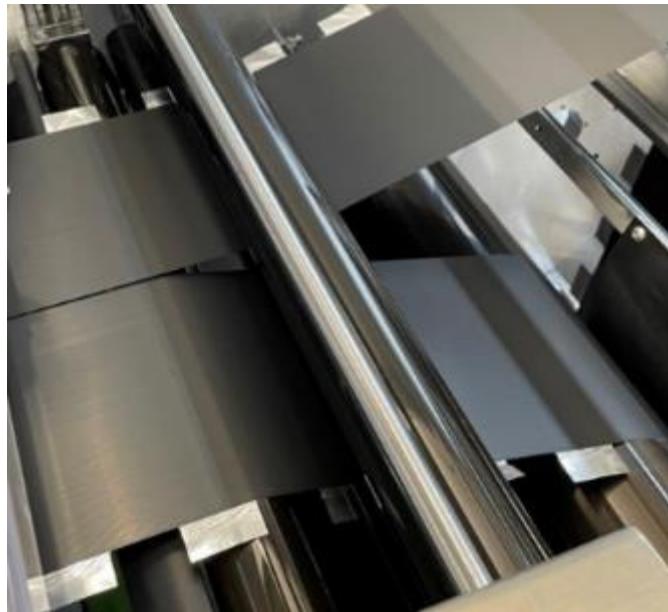
APQP

**Advanced
Product
Quality
Planning**

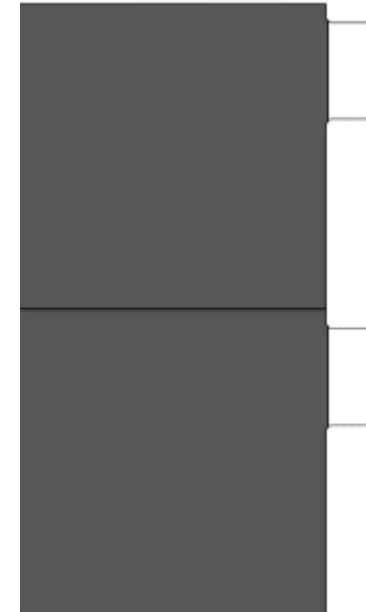


Ableiten qualitätsrelevanter Merkmale

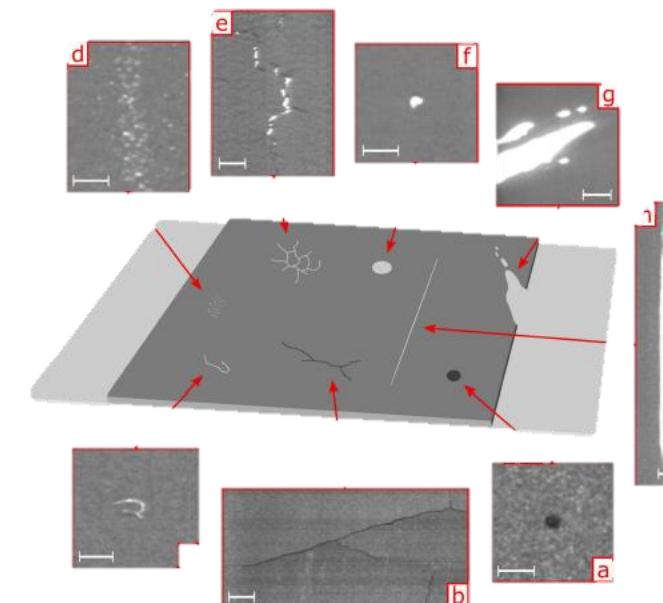
Herstellungsprozess –
Slitten und Tab freistellen



Messung der
Geometrie



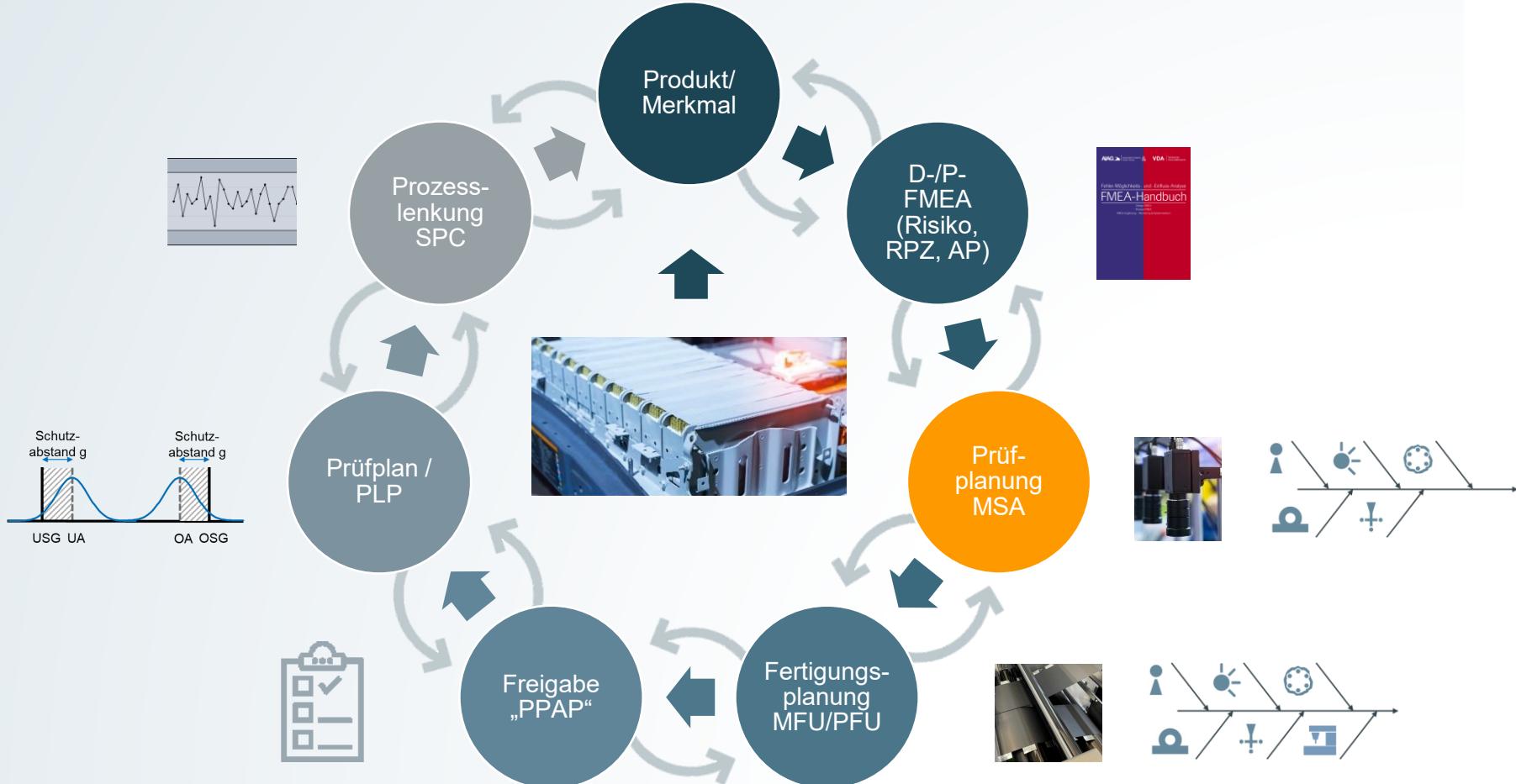
Detektion von
Defekten



SPC als Bestandteil der Automotive Core Tools

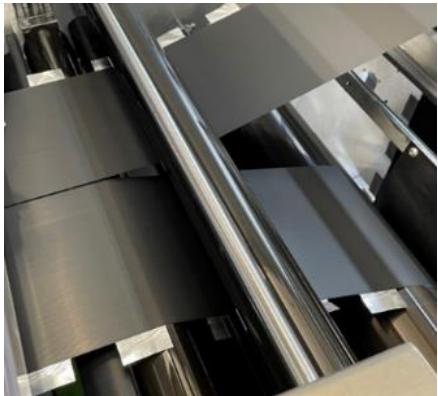
APQP

**Advanced
Product
Quality
Planning**

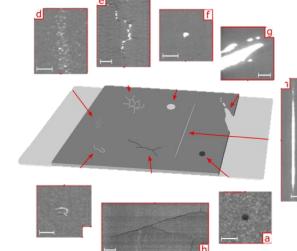


Prüfplanung mit Machine Vision Systemen

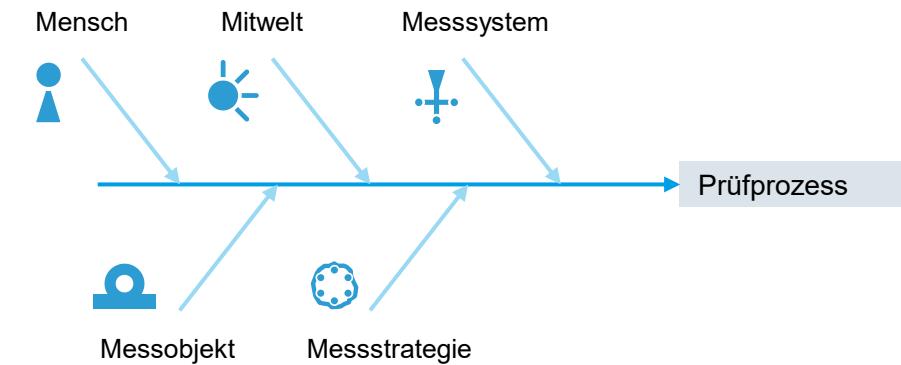
Prüfobjekt



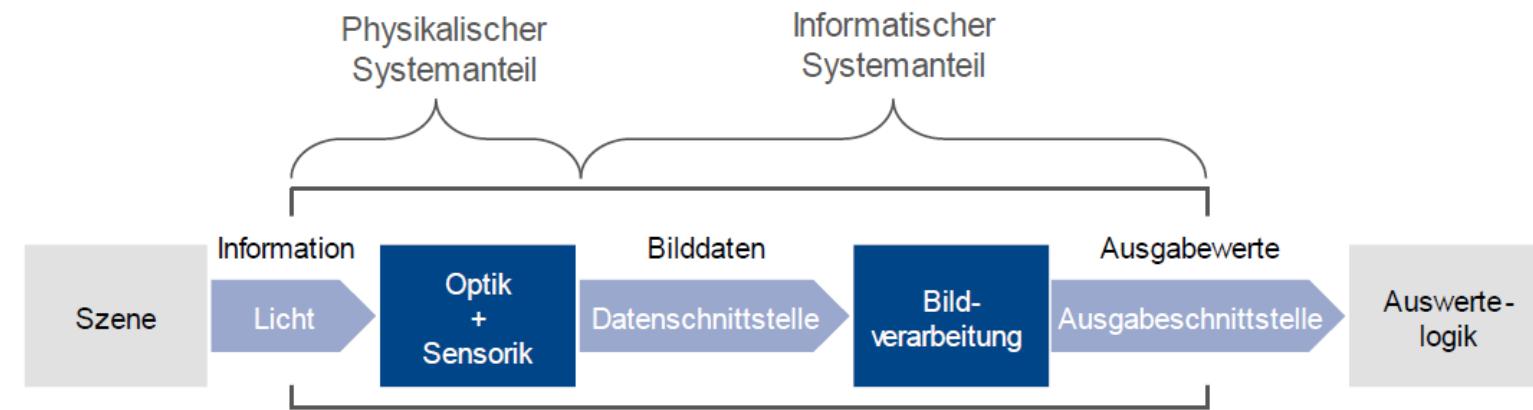
Spezifikation
Nennwert & Toleranz



Prüfmittel
Prüfprozess



Komponenten eines Machine Vision Systems



Quelle: VDA Band 5.3

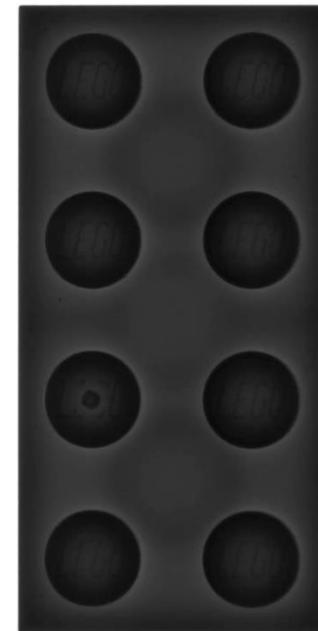
Licht als Träger der Information



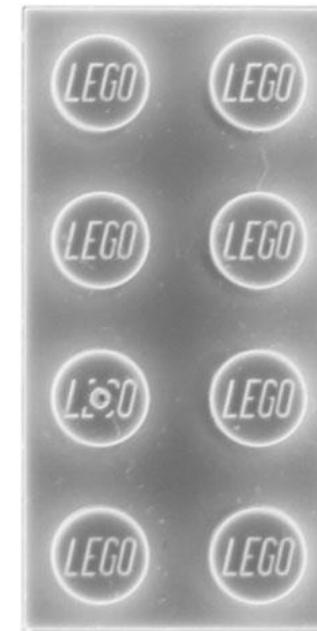
Frontlicht



Rücklicht

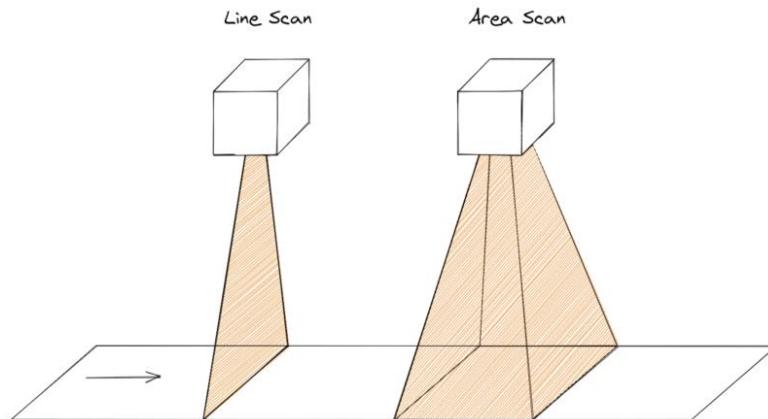


Ringlicht

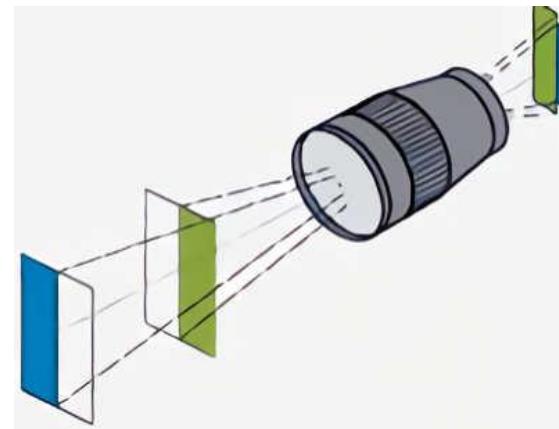


Komponenten eines Machine Vision Systems

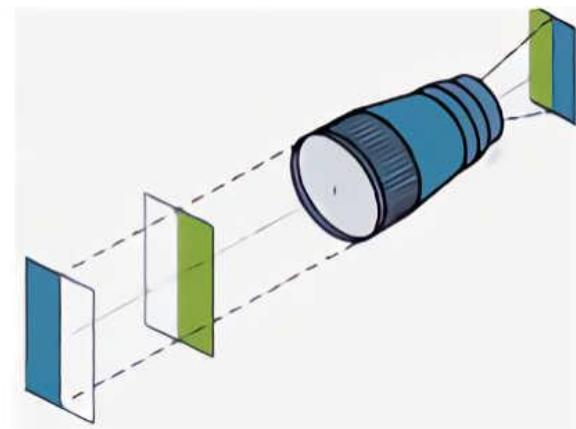
Sensor und Objektiv



Quelle: ML6, info@ml6.eu



Standard Objektiv

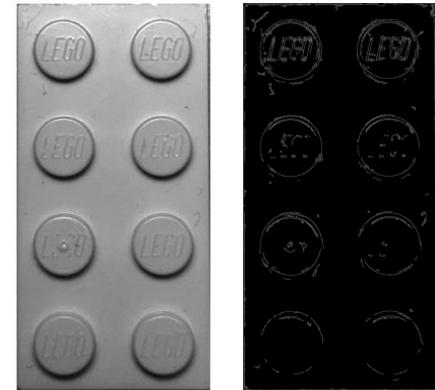


Telezentrisches Objektiv

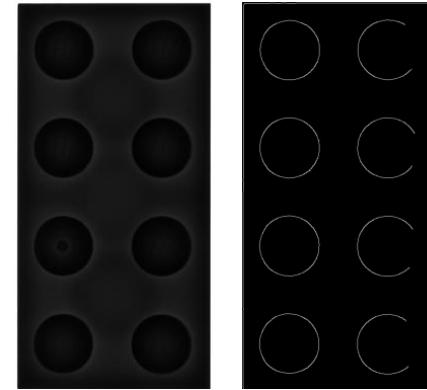
Software zur Bild(vor-)verarbeitung



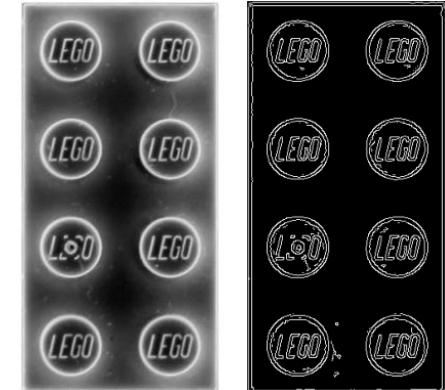
Frontlicht



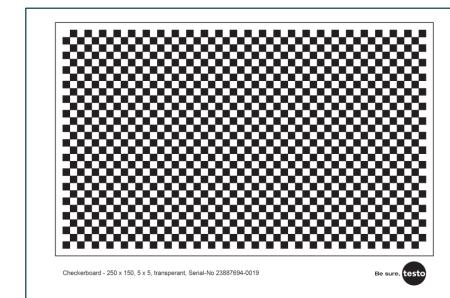
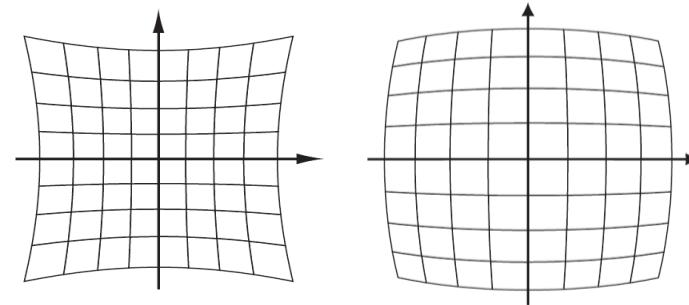
Rücklicht



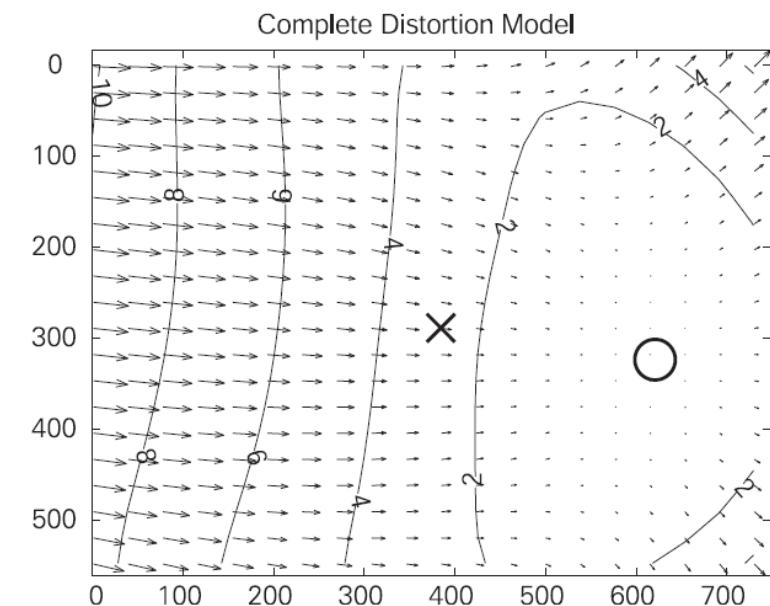
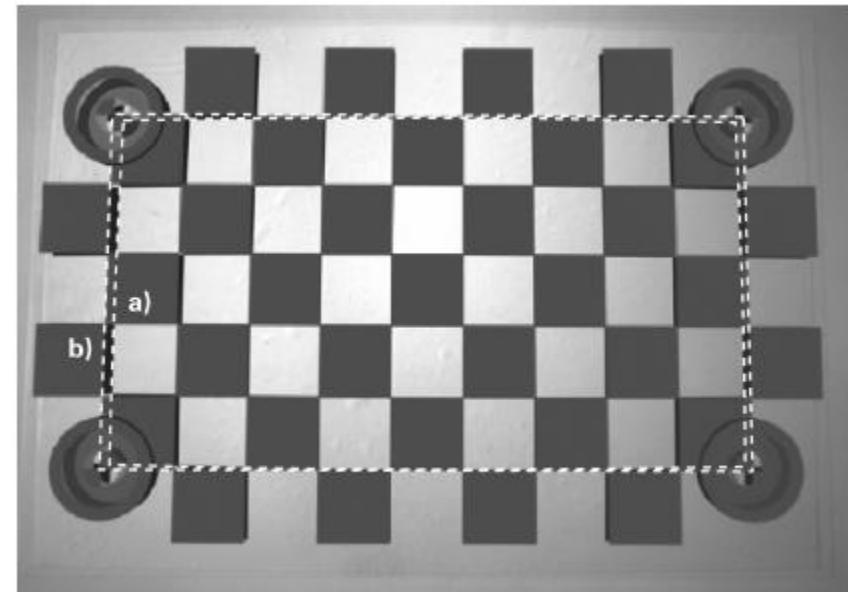
Ringlicht



Kalibrierung und Justage der CCD-Kamera – 2-dimensionale Linearisierung (Distorsionskorrektur)

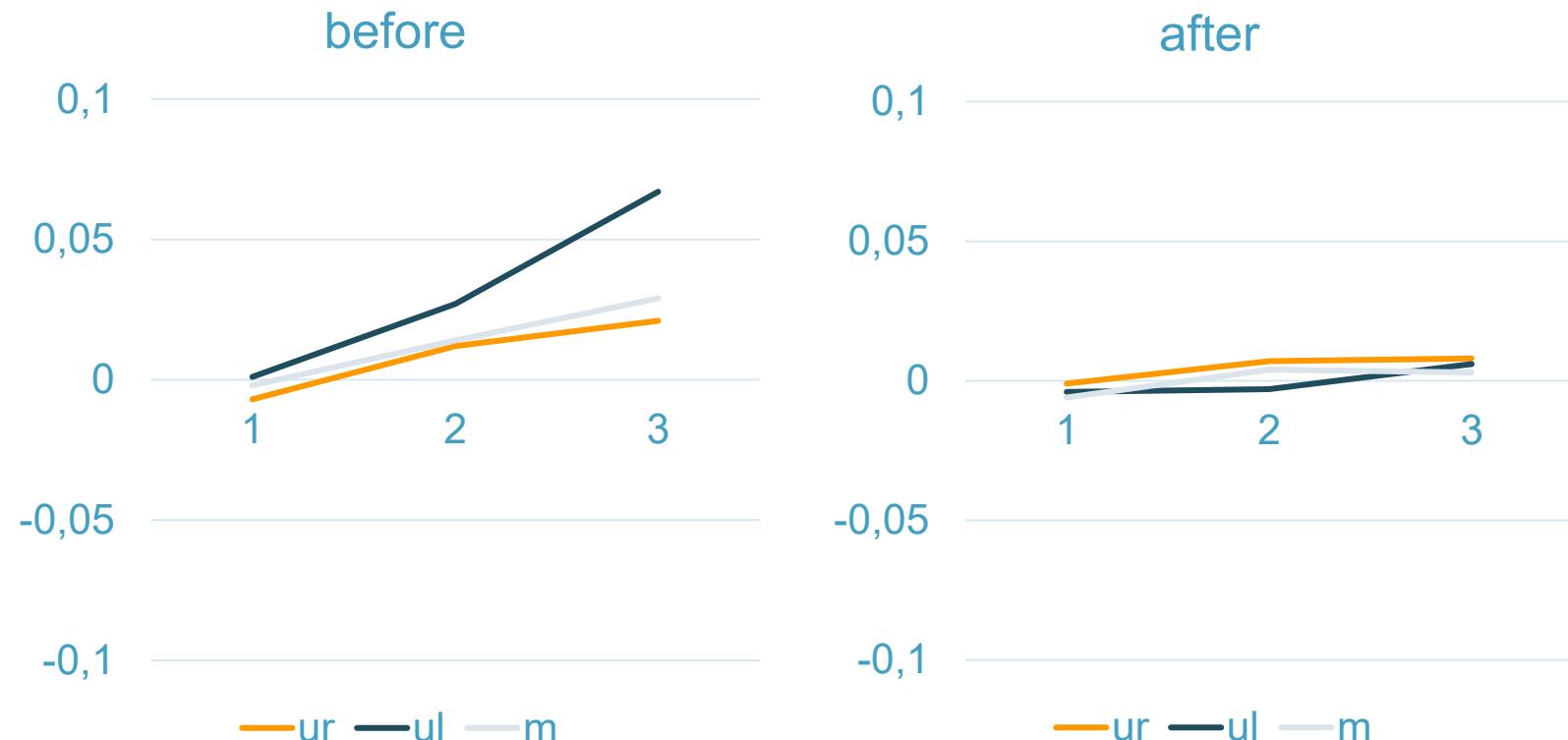


Kalibrierung und Justage – 2-dimensionale Linearisierung (Distorsionskorrektur)

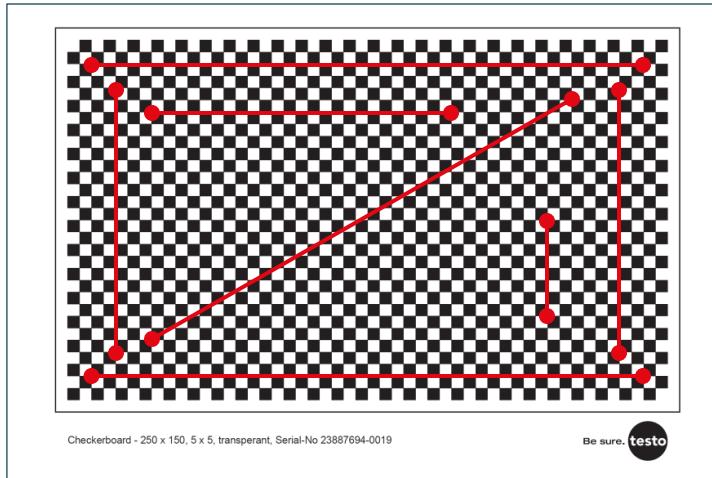


Ausgleich der Distorsion. (a) Verzerrt (b) Unverzerrtes Bild

Abschließende Kalibrierung mit Kalibrierzertifikat Ergebnisse vor und nach der Distorsionskorrektur



Abschließende Kalibrierung mit Kalibrierzertifikat



Calibration certificate Kalibrier-Zertifikat		DE6141090011	
<p>Hereby we confirm that the performing calibration laboratory is working with a management system according to ISO/IEC 17025:2018 and DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Accreditation certificates can be found under www.testo.com. The measurement values used for calibration are regularly calibrated and traceable to the national standards of the German Federal Institute of Technical Physics (PTB) or other national standards. Should no national standards exist, the measuring procedure corresponds with the technical regulations and normative documents at the time of the measurement. The documents established for this procedure are available for viewing online at www.testo.com. The full text can be found on this calibration certificate.</p> <p>Hiermit bestätigen wir, dass das durchführende Kalibrierlabor ein Managementsystem nach ISO/IEC 17025:2018 sowie DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert ist. Die Akkreditierungsurkunden können unter www.testo.com abgerufen werden. Die für die Kalibrierung verwendeten Messeinrichtungen werden regelmäßig kalibriert und sind aufführbar auf die nationalen Normen der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) Deutschlands oder auf andere nationale Normen, falls diese bestehen, zurückzuführen. Sollten keine nationalen Normen bestehen, entspricht das Messverfahren den derzeit gültigen technischen Regeln und Normen sowie den technischen Verordnungen. Die Dokumentation kann eingesehen werden. Alle erforderlichen Messdaten sind in diesem Kalibrier-Zertifikat aufgelistet.</p>			
Object Gegenstand	Camera SD CAM1	Lens SD CAM1	
Manufacturer Hersteller	Teledyne DALSA	MORITEX	
Type description Typ	LA-CM-08K08A-00-R	ML-5540-62M35	
Serial no. Serien Nr.	12214863	62048504	
Inventory no. Inventar Nr.	---	---	
Test equipment no. Prüfmittel Nr.	---	---	
Equipment no. Equipment Nr.	15715917	15715919	
Location Standort	F1.C1.NS.CNO09	F1.C1.NS.CNO09	
Customer Auftraggeber	Northvolt Ett AB		
Customer ID no. Kunden Nr.	10005056		
Order no. Auftrags Nr.	12344004		
Date of calibration Datum der Kalibrierung	20.05.2024		
Date of the recommended re-calibration Datum der empfohlenen Rekalibrierung	20.05.2025		
Conformity statement Konformitätserklärung	Pass		
<p>The expanded uncertainty of measurement was calculated according to EA-4/02 M:2022 with a coverage probability of about 95% and contains the uncertainty of the reference, the uncertainty of the method and the uncertainty of the test specimen. The conformity statement is made according to the decision rule "confidence level 50".</p> <p>Die erweiterte Messunsicherheit wurde nach EA-4/02 M:2022 mit einer Überdeckungs Wahrscheinlichkeit von etwa 95% berechnet und enthält die Unsicherheit der Referenz, die Unsicherheit des Prüfverfahrens sowie die Unsicherheit des Prüftyps. Die Konformitätserklärung erfolgt nach der Entscheidungsregel "Vertrauensniveau 50".</p> <p>This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.</p> <p>Dieser Kalibrierzertifikat darf nur vollständig weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierzertifikate ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.</p>			
Seal Stamp Data/Time Datum/Uhrzeit 24. Mai 2024 11:44:00	ONLINE-SERVICE TESTO INDUSTRIAL SERVICES	Supervisor Fachverantwortlicher Signature Mario Meister	Technician Signature Jahneck Martens
Testo Industrial Services GmbH		Gewerbestraße 3 79199 Kirchzarten	Tel. +49 7661 90901-8000 Fax - E-Mail info@testois.de
Page 1/2			

Eignung von optischen Sensoren und Bildverarbeitungssystemen nach VDA 5.3

VDA | QMC
Qualitäts Management Center
im Verband der Automobilindustrie

5

Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie

Mess- und Prüfprozesse

Eignung, Planung und Management

3., überarbeitete Auflage, Juli 2021



VDA | QMC
Verband der Automobilindustrie
Qualitäts-Management-Center

5 Teil 1

Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie

Rückgeführte Inline-Messtechnik

Eignung, Planung und Management

2., überarbeitete Auflage, März 2024

VDA | QMC
Verband der Automobilindustrie
Qualitäts-Management-Center

5 Teil 2

Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie

Prüfprozesseignung für das Weiterdrehmoment von Schraubverbindungen

2., überarbeitete Auflage, Januar 2025

VDA | QMC
Verband der Automobilindustrie
Qualitäts-Management-Center

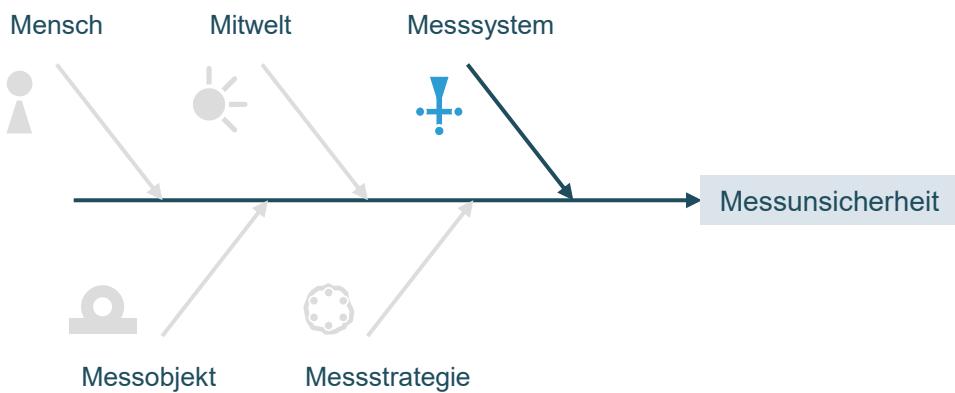
5 Teil 3

Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie

Eignung von optischen Sensoren und Bildverarbeitungssystemen

1. Auflage, Dezember 2024

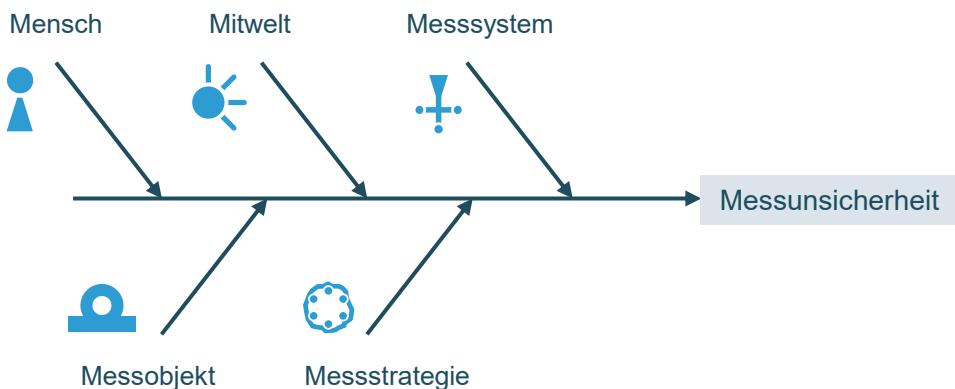
2-stufige Messsystemanalyse (Eignungsnachweis)



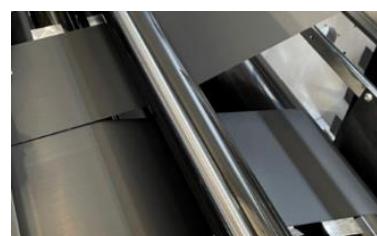
Messsystemeignung Q_{MS}



30x



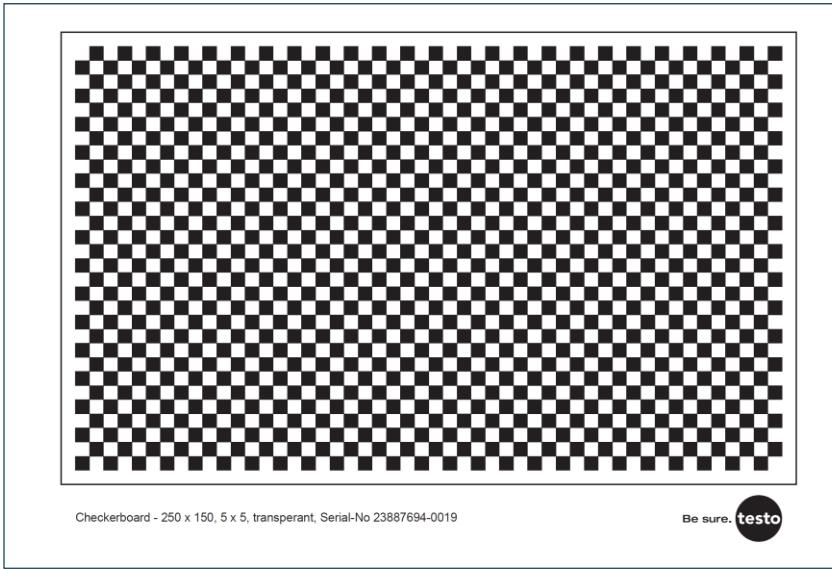
Messprozesseignung Q_{MP}



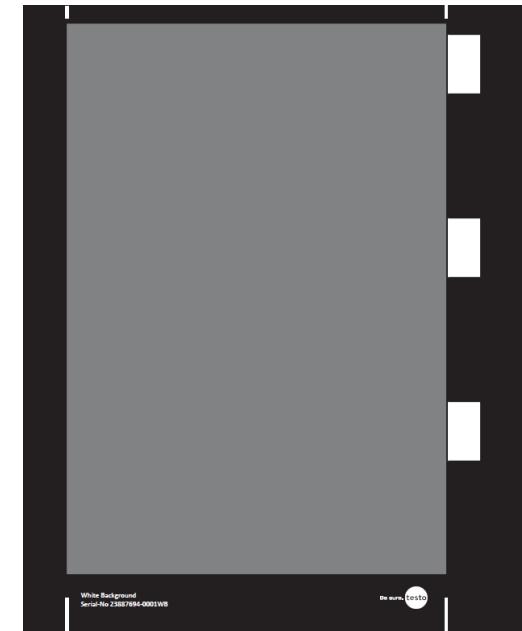
$$\sum 50x$$



Typ 1 Studie – Verwendung von Machine Vision Referenzen



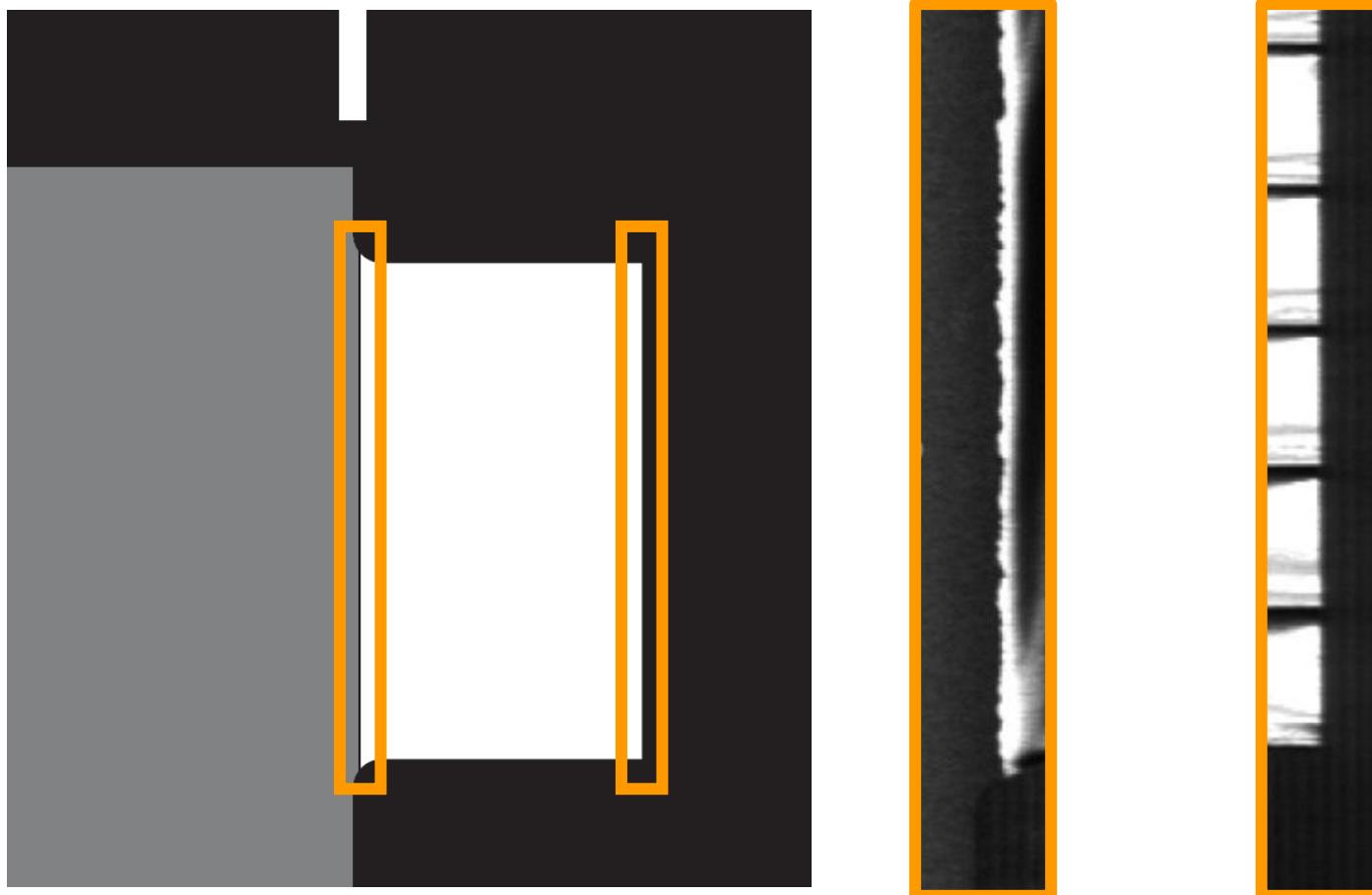
Kalibrierfolie



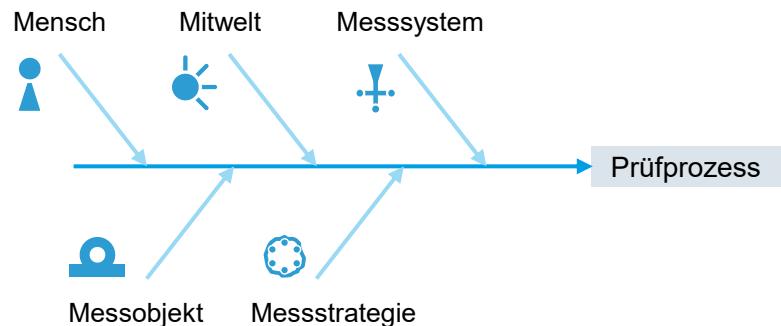
Individuelle Referenz



Typ 3 Studie – Einfluss des Prüfobjekts



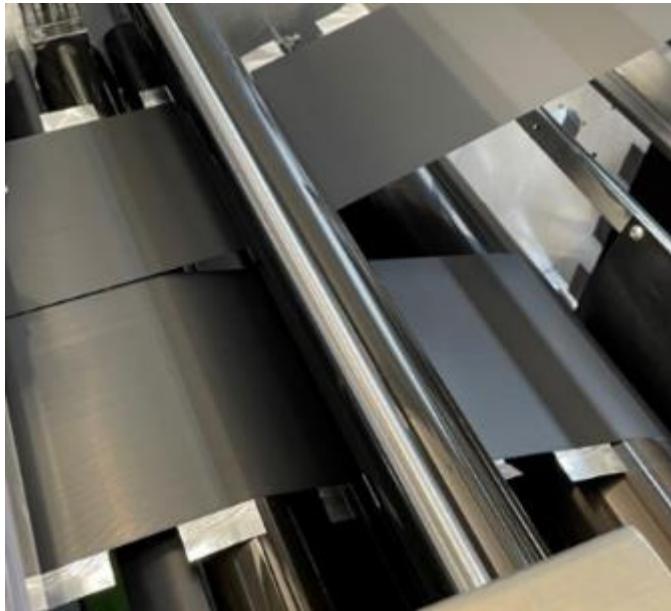
Nachweis der Messprozesseignung



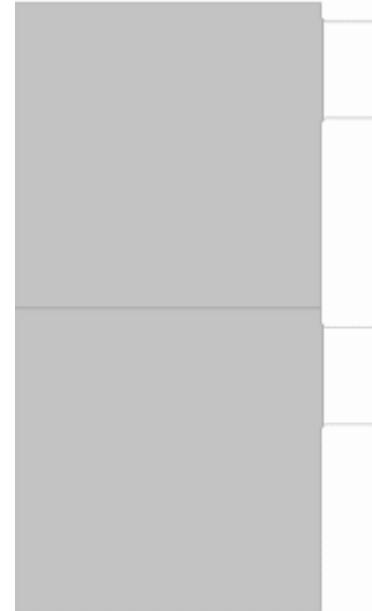
Be sure. testo		Prüfprozesseignung VDA 5			Seite 1 / 5
Datum/Zeit	28.07.2025	Bearb./Name	Frank Platte	Bereich	Consulting
Teilebez.	Lego brick	Prfm. Bez.	Mitsutoyo micrometer	Einfussgr.	width of the Lego brick
Teilnr.	47110815	Prfm. Nr.	11471508	Merkm.Nr.	1
Dokumentpflicht	nein	Prfm. Grp.		Nennm.	15.800 Einh. mm
Zeichn.Nr.		Prüfort	Aachen, HO	U	16.000 O Abm. 0,200
Zeichn.And.		Auflösung	0,01	L	15.800 U Abm. -0,200
Bemerkung					
Teil					
Bemerkung					
Merkmale					
Messsystem					
Toleranz	T	=	0.400		
Auflösung	%RE	=	2,50%	0	5
Kombinierte Standardunsicherheit	UMS	=	0,00724		
Erweiterte Messunsicherheit	Ums	=	0,0151		
Eignungsgrenzwert	Qms,max	=	15,00%		
Eignungskennwert	Qms	=	7,56%	0	15
minimale Toleranz	Tms,min	=	0,201		
Messsystem fähig (%RE,min,QMS,QMP)					
Messprozess					
Kombinierte Standardunsicherheit	UMP	=	0,0174		
Erweiterte Messunsicherheit	Ump	=	0,0349		
Eignungsgrenzwert	Qmp,max	=	30,00%		
Eignungskennwert	Qmp	=	17,46%	0	30
minimale Toleranz	Tmp,min	=	0,233		
Messprozess fähig (%RE,min,QMS,QMP)					
© Testo Labore/ONS V01 (2025-02); VDA 5 / ISO 22514-7					
Schutzabstand (Annahme)		Schutzabstand (Rückweisung)			
Konformitätswahrscheinlichkeit PA	=	95,45	Nichtkonformitätswahrscheinlichkeit PA	=	95,45
Schutzabstandsfaktor (Annahme) g_A	=	1,690	Schutzabstandsfaktor (Rückweisung) g_R	=	1,690
Schutzabstand (Annahme) g_AUA	=	0,0294	Schutzabstand (Rückweisung) g_RUA	=	0,0294
Obere Annahmegrenze U_A	=	15,97	Obere Rückweisegrenze U_R	=	16,03
Untere Annahmegrenze L_A	=	15,83	Untere Rückweisegrenze L_R	=	15,57
2024_2_TIS_VDA5_QMP_V1+V2-3_V1.0.def			Testo Industrial Services GmbH		
			VDA5_47110815_Lego_brick.dfg		
Ort					
Name des Erstellers		Freigabe		Datum	

Ableiten qualitätsrelevanter Merkmale

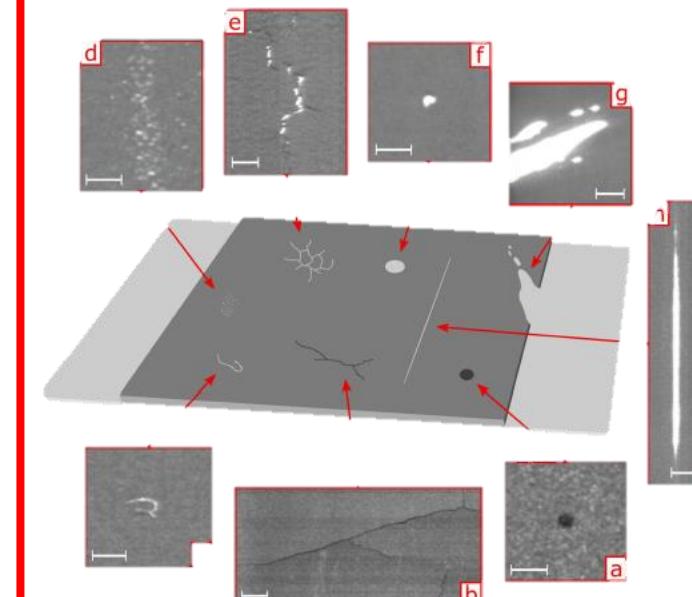
Herstellungsprozess –
Slitten und Tab freistellen



Messung der
Geometrie



Detektion von
Defekten

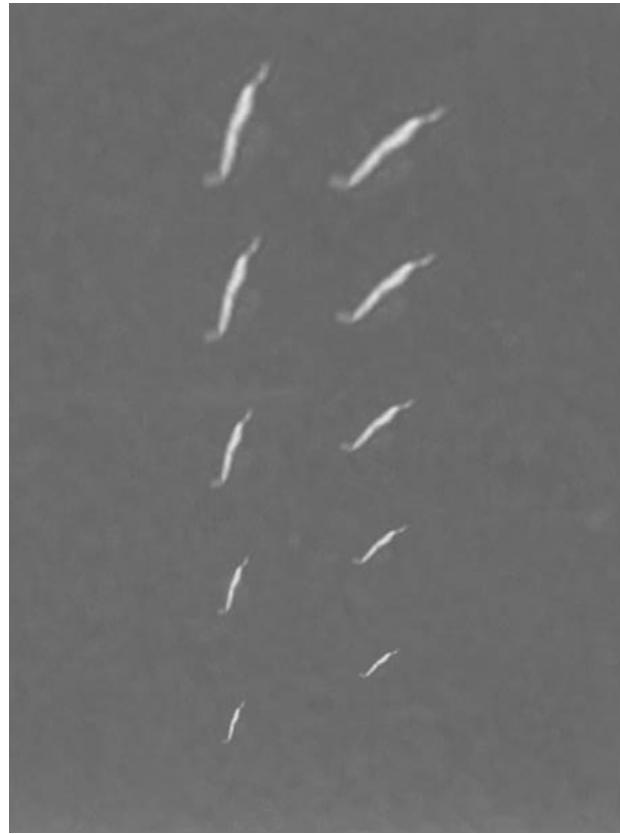


Eignungsnachweis bei Fehlerdetektion

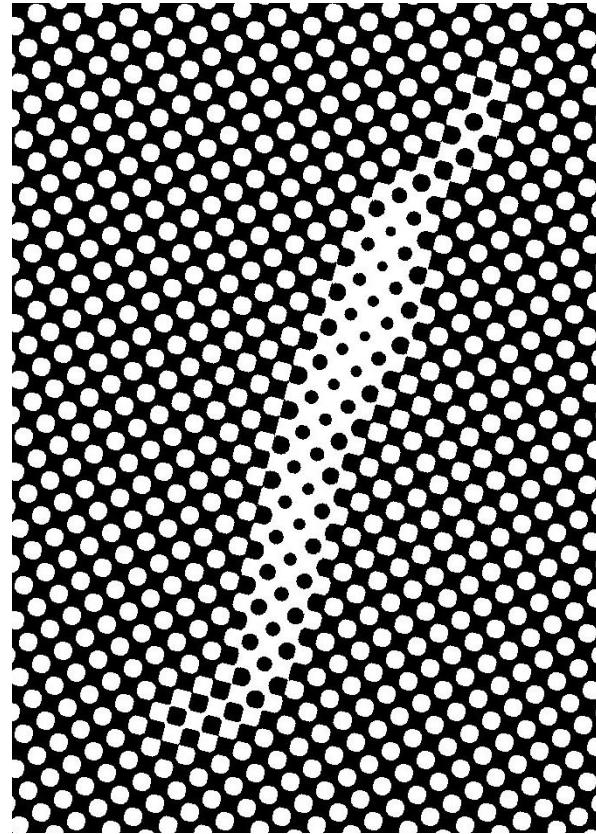
Beispiel Beschichtungsfehler



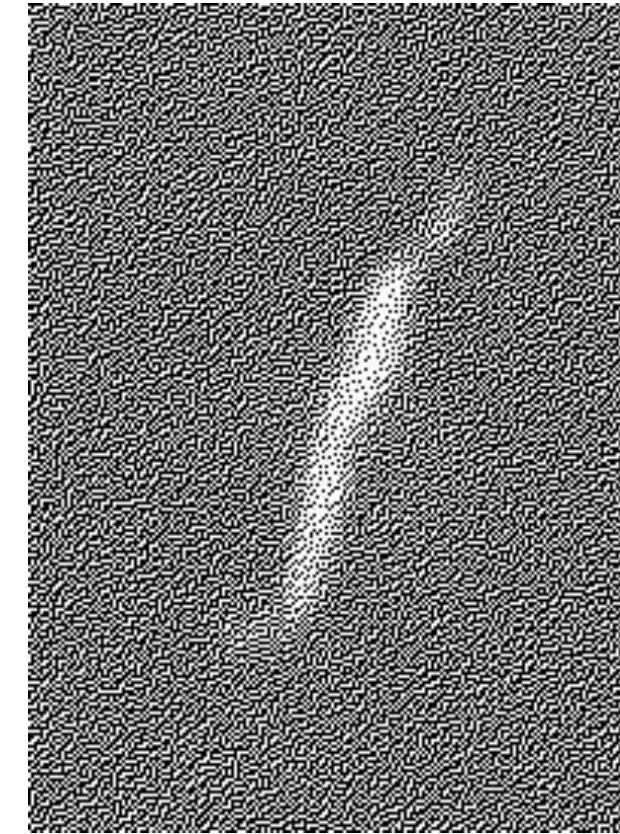
Simulation von Defekten (digital und gedruckt)



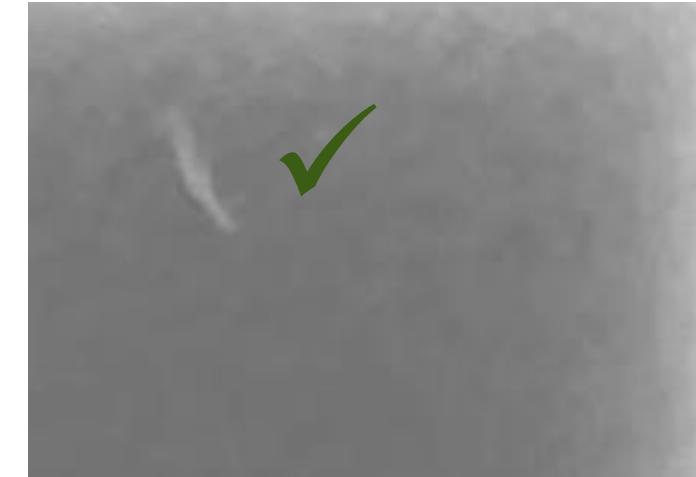
Amplitudenmoduliertes Raster



Frequenzmoduliertes Raster



Nachweis der Eignung bei Verwendung von Machine Learning Algorithmen



Der Nachweis der Prüfprozesseignung muss für einen definierten „Lernstand“ des Algorithmus durchgeführt werden.

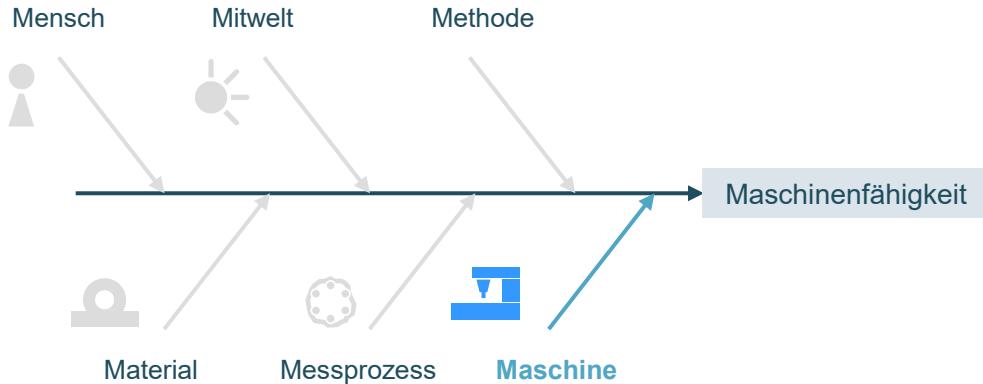
SPC als Bestandteil der Automotive Core Tools

APQP

Advanced
Product
Quality
Planning



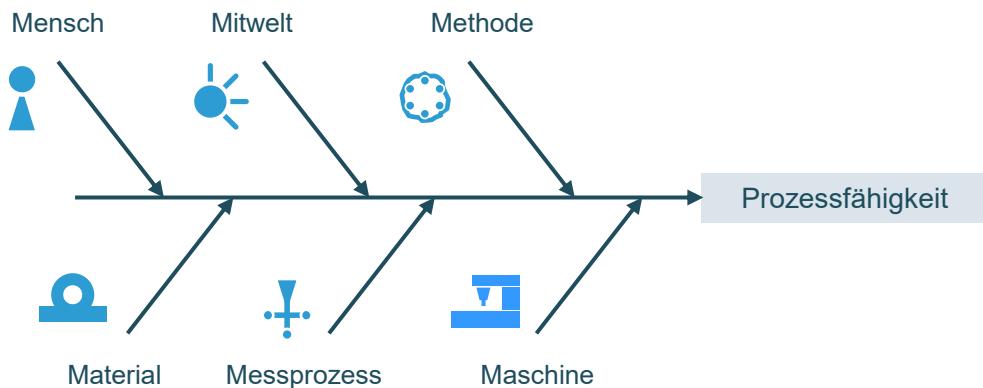
Maschinenfähigkeitsuntersuchung MFU & Prozessfähigkeitsuntersuchung PFU



Maschinenfähigkeitsuntersuchung MFU



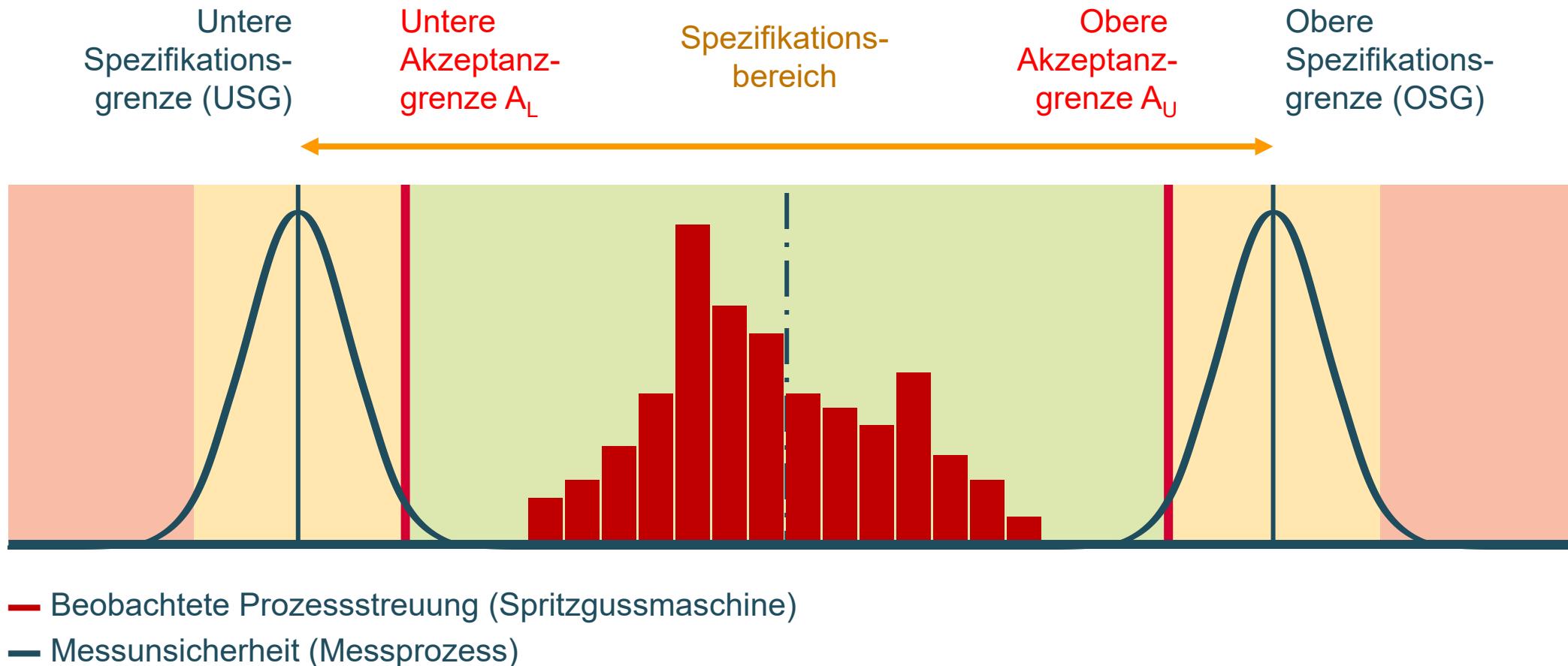
25x



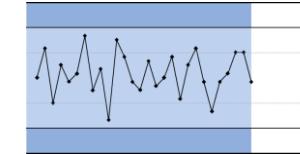
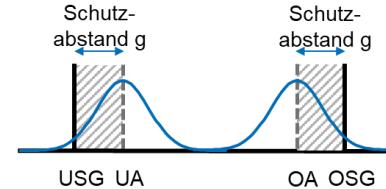
Prozessfähigkeitsuntersuchung PFU

 $\Sigma 125x$ 

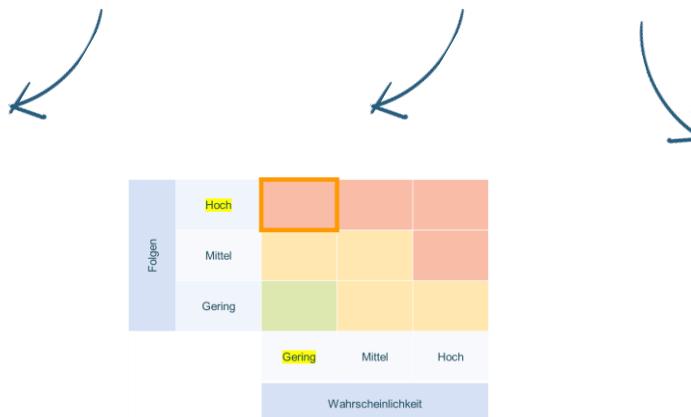
Einfluss der Messunsicherheit auf die Fertigung



Ergebnis Produktionslenkungsplan / Prüfplan

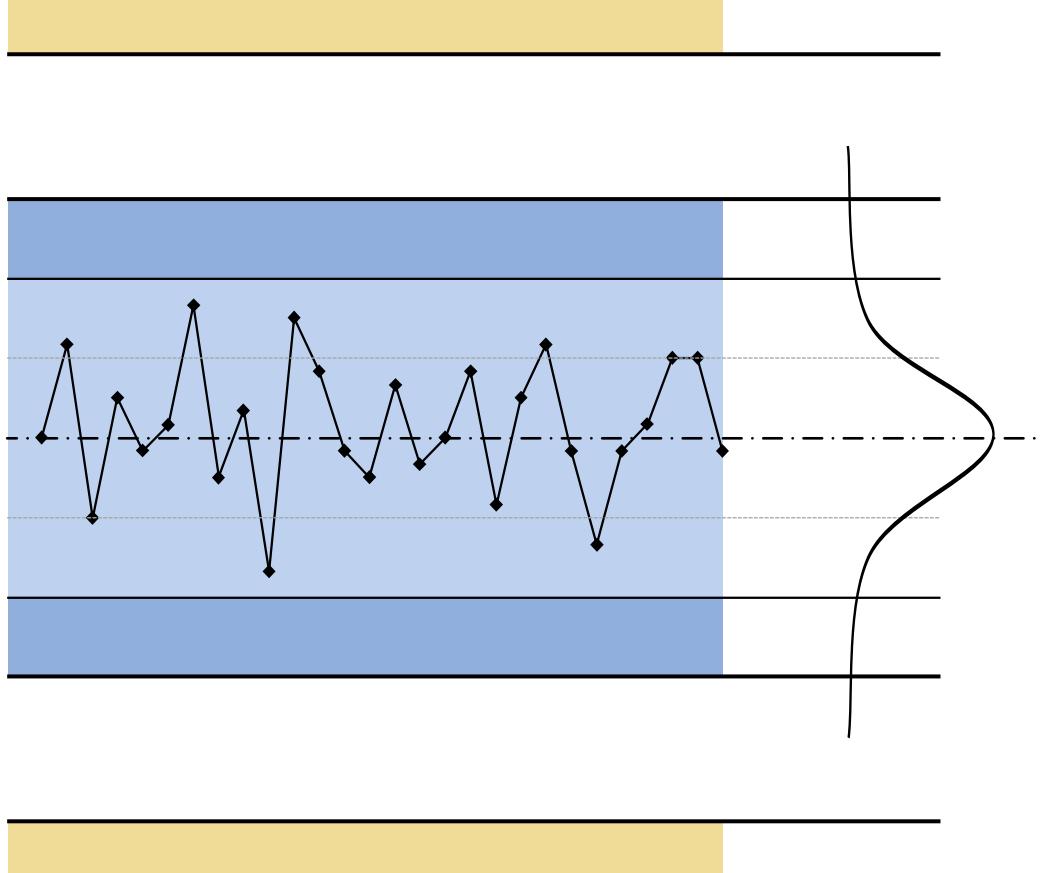


Arbeits-schritt	...	Prüf-merkmal	Prüf-mittel	Prüf-anweisung	Risiko-bewertung	Eignungs-nachweis	USG	UA	OA	OSG	Stich-probe	UEG	OEG	Reaktions-plan
3.75	...	Durch-messer	KA1234	PR1234	hoch	EN1234	4,7 mm	4,783 mm	5,218 mm	5,3 mm	100%	4,95 mm	5,12 mm	RE1234



Auflösung	Toleranz (OSG-USG)	Auflösung zur Toleranz [%]	Grenzwert [%]	Bewertung
0,01 mm	0,6 mm	1,7%	2,5 %	
Einflussgröße				
Auflösung	u_{RE}	$u_{RE} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{RE}{2} = \frac{RE}{\sqrt{12}}$	0,003 mm	3
Kalibrierunsicherheit	u_{CAL}	Datenblatt	0,0025 mm	4
Wiederholunsicherheit	u_{EVR}	$u_{EVR} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \bar{\Delta x})^2}$	0,018 mm	1
Systematische Abweichung	u_{BI}	$u_{BI} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot Bi$	0,0046 mm	2
Kombinierte Unsicherheit	u_{MS}	$u_{MS} = \sqrt{u_{CAL}^2 + \max(u_{RE}^2, u_{EVR}^2) + u_{BI}^2}$	0,019 mm	---
Erweiterte Messunsicherheit	U_{MS}	$U_{MS} = 2 \cdot u_{MS}$	0,038 mm	
Eignungskennwert Eignungsgrenzwert: 15%	Q_{MS}	$Q_{MS} = \frac{2 \cdot 2 \cdot u_{MS}}{OSG - USG}$	12,5 %	

Statistische Prozesslenkung mit Regelkarten



Walter Andrew Shewhart,
18.03.1891 – 11.03.1967



Be sure. **testo**

QUALITY | COMPLIANCE MEETS EFFICIENCY

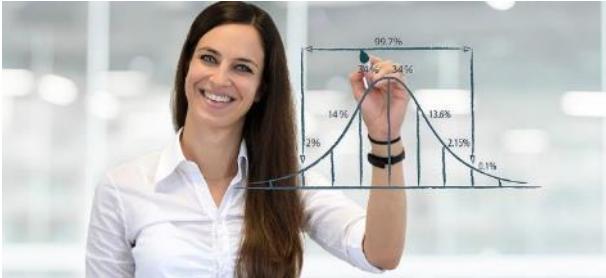
**Begleiten Sie uns auf dem Weg zur
Leading Quality, Made in Europe**

07.11.2025

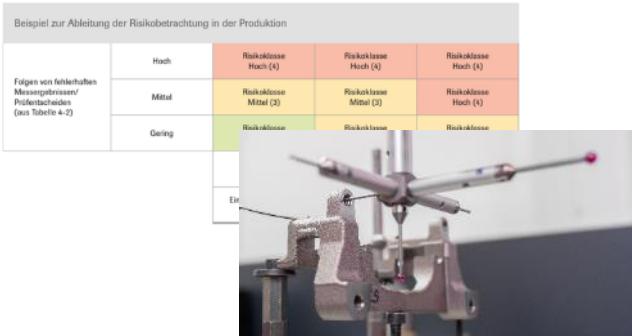
www.testotis.de

Schulung und Beratung

1 Schulungen

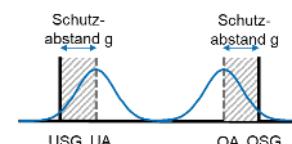


2 Pilotprojekte



3 Coaching

先生



Prüfmittelmanagement

Der Prüfmittelbeauftragte (TÜV)

Sicher durch das Audit

Das Kalibrierzertifikat

Automotive Core Tools

APQP – FMEA, MSA, SPC und PPAP

Statistische Prozesslenkung (SPC)

Messsystemanalyse/Eignungsna chweise (MSA/VDA 5)

Weitere

Six Sigma

ISO/IEC 17025

ISO 10012