CSL Industrielle Messtechnik

GASTREFERAT · FHNW · KOMPAKTFASSUNG

Gastreferat zum Thema Industrielle Messtechnik

Dienstag, 13.10.2026 · 13.15 Uhr
FHNW Windisch · Raum 1.313

Christian Schärer
Inhaber und Geschäftsleiter, CSL Industrielle Messtechnik GmbH

Unsere Präzision. Ihr Erfolg.

HINWEIS

Kompaktfassung

Diese Fassung enthält eine Auswahl der Folien aus dem Gastreferat.

Nicht enthalten sind unter anderem:

→ Über CSL

→ Übersicht der erreichbaren Messunsicherheit

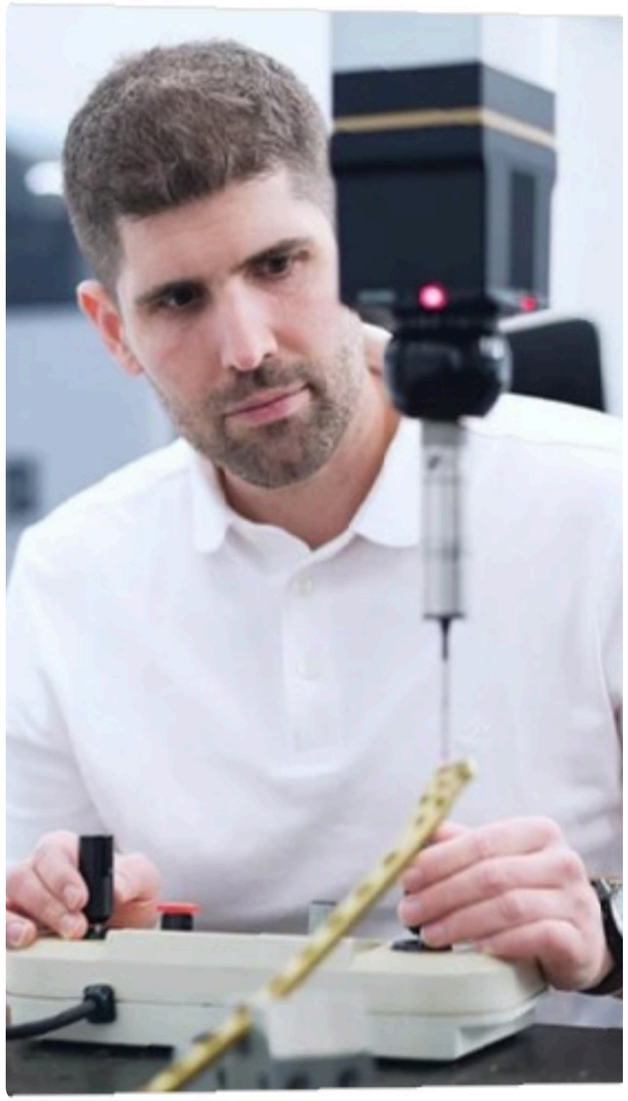
→ Taktil: Bauarten, Massstab, Taster und Multisensor am KMG

→ Tastschnitt: Kontur

→ Optisch: Videomesssystem und Grundlagen Streifenlicht

→ Computertomographie

Fragen zu den fehlenden Kapiteln: christian.schaerer@csl-imt.ch



INHABER · GESCHÄFTSLEITER

Christian Schärer

CSL Industrielle Messtechnik GmbH, Wohlen AG

Seit 2007 in der Messtechnik. Erster Ansprechpartner für Machbarkeit, Messstrategie, Offerten, ISO-GPS-Workshops und Zeichnungskontrollen.

ISO-GPS **ASME Y14.5** taktil optisch 3D-Scan Computertomographie

Ausbildung

Polymechaniker EFZ · SAQ Qualitätstechniker · AUKOM Stufe 2 · Interner Auditor

Ehrenamt

Normenausschuss Swissmem NK1 / ISO TC 213: Mitarbeit an ISO-GPS-Normen

Branchenerfahrung

Maschinenbau und Turbolader (Accelleron, Rapid Technic) · Medizintechnik und Kunststoff (Gsell Medical Plastics) · Pharma und Diagnostik (Roche Diagnostics)

Messsoftware (seit)

Zeiss Calypso 2007 · Zeiss Holos 2011 · Schneider Saphir 2014 · Mitutoyo MCOSMOS 2017 · Werth WinWerth 2020 · Zeiss Inspect 2021 · Hexagon VGSTUDIO 2021 · Hexagon PC-DMIS 2026

Konstruktion Fusion 360 · SolidWorks · Catia V5 **Programmierung** Python **Sprachen** Deutsch · Englisch

UNTERNEHMEN

Branchen unserer Kunden



Medizintechnik



Luftfahrt



Raumfahrt



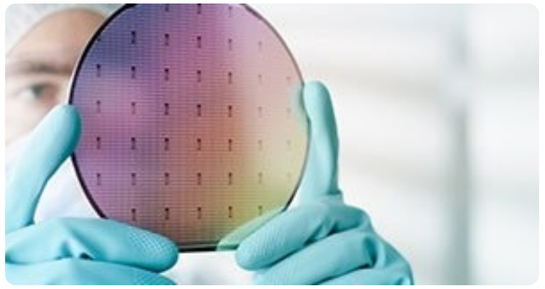
Defence



Automotive



Bahn und Transport



Halbleiterindustrie



Uhrenindustrie

Ausserdem: Maschinenbau · Kunststoff- und Spritzgusstechnik

UNTERNEHMEN

Unsere Dienstleistungen

Auftragsmessung
Prototypen, Erstmuster und Serien, im Prüflabor oder beim Kunden. Taktil, optisch, 3D-Scan und CT.

CSL Quality Gate
Prüfung ganzer Lieferlose, Stichproben und kritischer Merkmale vor der Montage.

Reverse Engineering
Vom realen Bauteil zum CAD-Modell, Standardlieferung als STEP-Datei.

Messprogrammerstellung
Offline für MCOSMOS, Calypso, Zeiss Inspect und PC-DMIS, ohne Maschinenstillstand.

Messvorrichtungen
Aufspannkonzepte für schnellen Bauteilwechsel und eindeutiges Einlegen nach Poka Yoke.

Prüfprozesseignung
MSA, VDA 5 und Messunsicherheit nach GUM: Ursachen statt nur Kennzahlen.

ISO-GPS-Zeichnungsprüfung
Basic, Advanced oder Expert, Korrekturvorschläge direkt im PDF.

ISO-GPS-Beratung im Projekt
Funktion, Spezifikation, Fertigung und Messstrategie abstimmen.

ISO-GPS-Workshops
Praxisworkshop an realen Zeichnungen, direkt beim Kunden.

Klimatisiertes Prüflabor in Wohlen AG nach VDI/VDE 2627, Güteklasse 3 · Mitarbeit an den ISO-GPS-Normen (Swissmem NK1, ISO/TC 213)

CSL Industrielle Messtechnik

→ csl-imt.ch/#dienstleistungen

WIESO MESSTECHNIK?

Wieso und wo braucht es Messtechnik?

ENTWICKLUNG

«Was bewirkt die Abweichung?»

Diese messbare Gestaltabweichung führt zu diesem Ergebnis, eine andere zu einem anderen. Daraus entstehen Toleranzen und Grenzmuster.

PRODUKTION UND MONTAGE

«Läuft der Prozess? Passt das?»

Messwerte überwachen die Qualität, zeigen, wo nachgestellt werden muss, und stoppen fehlerhafte Lose vor der Montage.

LIEFERANT UND WARENEINGANG

«Wer hat recht?»

Lieferant und Kunde brauchen eine nachvollziehbare Grundlage für den Entscheid: konform oder nicht.

SICHERHEITSKRITISCH: «IST ES SICHER?»

Luftfahrt: Je nach Teileklasse, z.B. Klasse 1 bis 3, wird jedes Teil vermessen.

Medizintechnik: Aktive Implantate 100 %, teils beim Lieferanten und im Wareneingang. Passive Implantate: Stichprobe nach AQL.

CTQ, Critical to Quality: Kritische Merkmale wie Wandstärken festlegen und dort am strengsten prüfen.

Messen ist kein Selbstzweck: Der ganze Prozess führt auf eine Bewertung hin, konform oder nicht konform.

Funktion → **Spezifikation** → **Messstrategie** → **Prüfung** → **✓ konform** **✕ nicht konform**

Zwei Arten von Messberichten

Messbericht

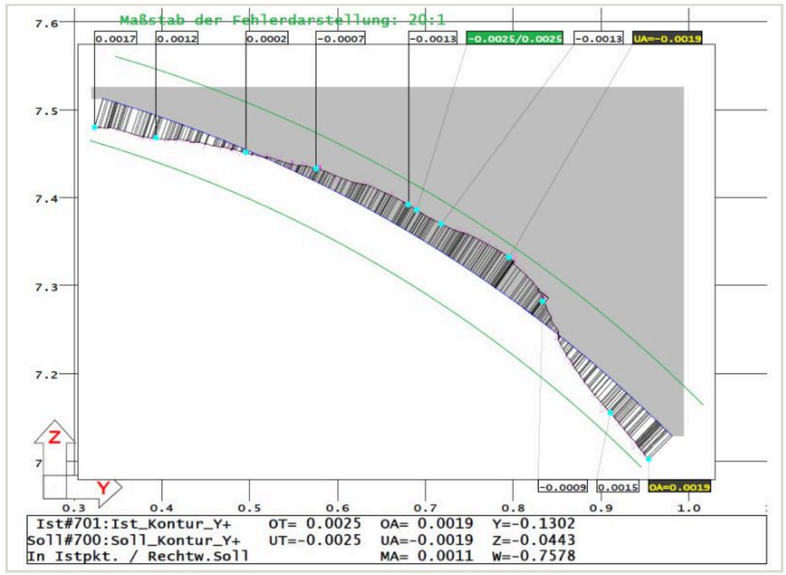
Weist die Konformität nach: ✓ konform oder ✕ nicht konform.

Element name Characteristic	Nominal	Upper tol.	Lower tol.	Actual	Deviation	Tol. graphic
Zweipunktmass Minimum	1.900	0.050	-0.050	1.885	-0.015	
Zylinder Durchmesser	2.000	0.024	0.010	2.012	0.012	
Zweipunktmass Maximum	2.000	0.024	0.010	2.023	0.023	
Zylinder Durchmesser	2.000	0.024	0.010	2.001	0.001 -0.009	
Zweipunktmass Maximum	2.000	0.024	0.010	2.021	0.021	

Schwarz/grün: konform · Blau: konform, nahe an der Grenze · Rot: nicht konform

Abweichungsbericht

Zeigt mit Grafiken, wo die Kontur abweicht: Grundlage für Korrekturen in der Fertigung.



✓ **Linienform 0.0037 mm** bei Toleranz 0.005 mm

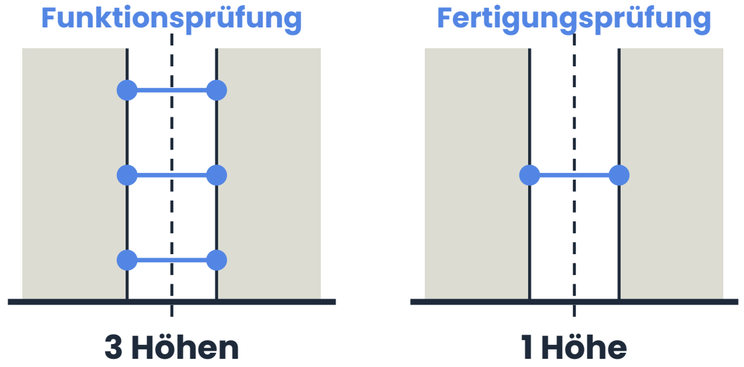
→ Mehr: csl-imt.ch/wissen/pruefbericht-varianten

WIESO MESSTECHNIK?

Funktionsprüfung, dann Fertigungsprüfung

	Funktionsprüfung	Fertigungsprüfung
Frage	**«Erfüllt das Teil seine Funktion?»**	**«Läuft der Prozess stabil?»**
Wann	Erstmuster, Prozessänderung, Reklamation	In der laufenden Serie
Umfang	Vollständig nach Zeichnung	Reduziert auf das, was sich im Prozess ändern kann
Ergebnis	Entscheid: Teil freigeben oder sperren	Korrekturwerte und Trends für die Maschine

BEISPIEL: POSITION EINER BOHRUNG



Funktionsprüfung: Zylinder auf 3 Höhen antasten. Die Achse wird über die ganze Länge bewertet.

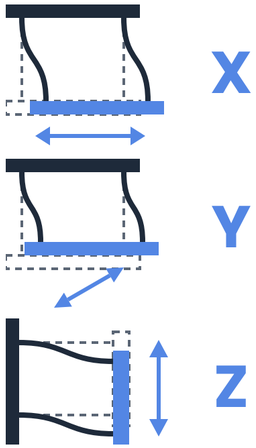
Fertigungsprüfung: Nur noch 1 Höhe, das spart Messzeit und Kosten. Zulässig, weil bewiesen ist, dass die Bohrung rechtwinklig liegt.

Erst vollständig beweisen, dann reduziert prüfen: So spart die Fertigung Messzeit und Kosten.

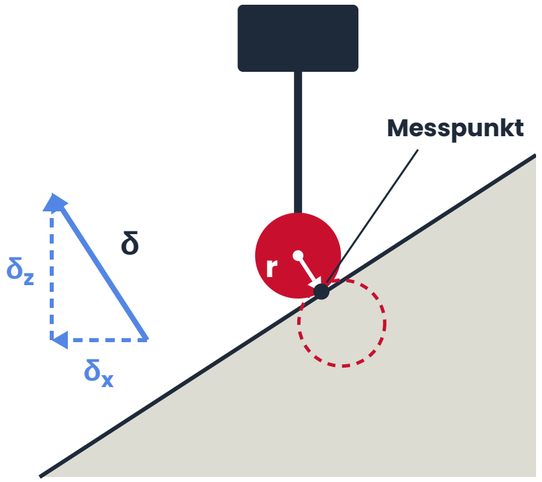
TAKTIL · KMG · FUNKTION 1/2

Der Tastkopf

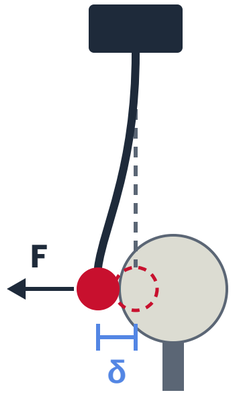
Federparallelogramme



Schräge: Auslenkung und Radius

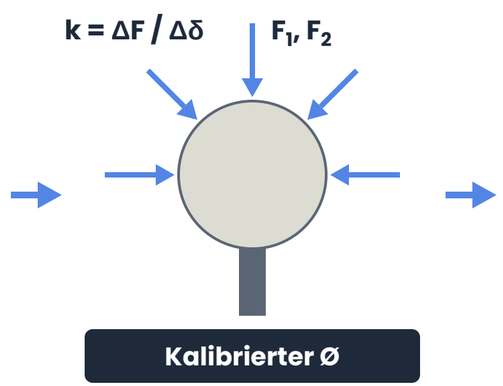


1 Durchbiegung



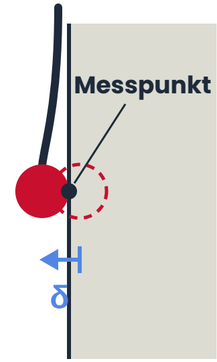
Antastkraft F biegt den Taster um δ

2 Steifigkeitstest



Mit zwei Kräften aus allen Richtungen antasten

3 Kompensation



Jeder Messpunkt wird um δ korrigiert

Messender Tastkopf

Drei Federparallelogramme, eines pro Achse, führen den Taster, Spule und Kern messen die Auslenkung. An einer Schräge lenken X und Z gleichzeitig aus: Das KMG kennt die Antastrichtung und korrigiert darin den Kugelradius r.

Tastereinmessung am Kugelnormal

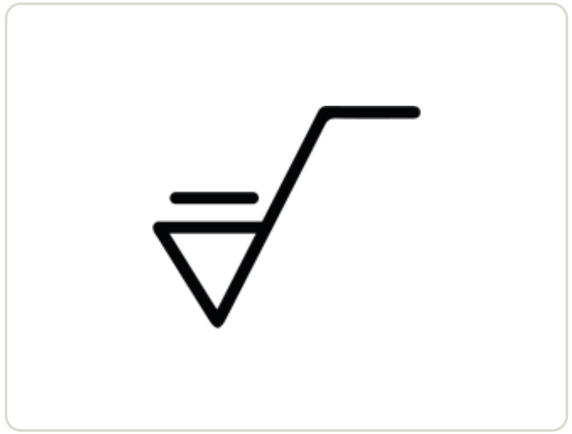
Vor der Messung wird jeder Taster an einer kalibrierten Referenzkugel eingemessen: Lage, wirksamer Durchmesser und Biegung. Das KMG kompensiert die Durchbiegung danach bei jedem Messpunkt.

→ Mehr: csl-imt.ch/wissen/tastereinmessung

TASTSCHNITT · RAUHEIT

Rauheitsmessung im Tastschnitt

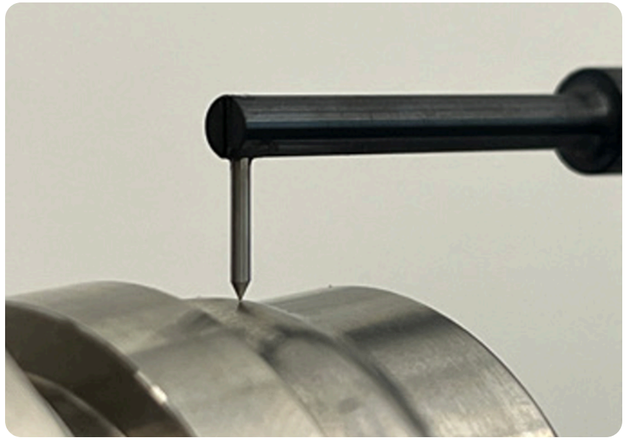
1 Spezifizieren



Das Oberflächensymbol auf der Zeichnung legt Kenngrösse und Grenzwert fest, zum Beispiel Ra oder Rz.

→

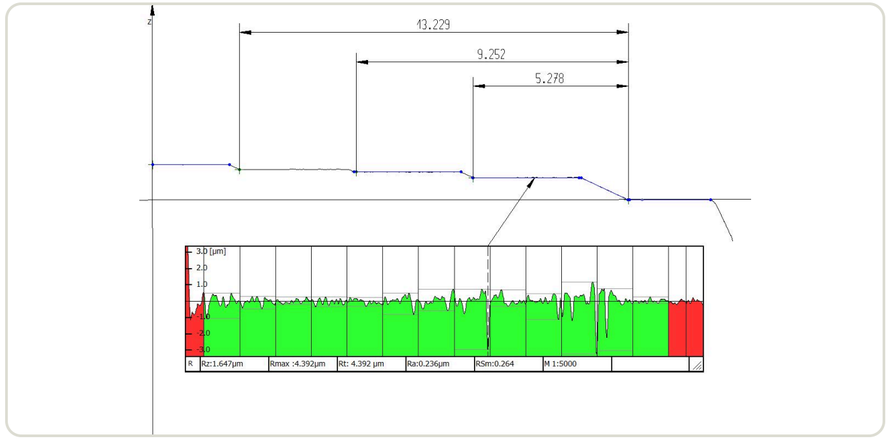
2 Antasten



Die Diamant-Tastspitze mit 2 µm oder 5 µm Radius wird über die Oberfläche gezogen und erfasst das Profil.

→

3 Auswerten



Rauheit und 2D-Kontur aus einem Messlauf, auch kombiniert. Im Beispiel: Ra 0.236 µm, Rz 1.647 µm.

CSL Industrielle Messtechnik

→ Mehr: csl-imt.ch/wissen/iso-21920-oberflaechenbeschaffenheit

OPTISCH · STREIFENLICHT

Workflow: vom Scan zum Prüfentscheid

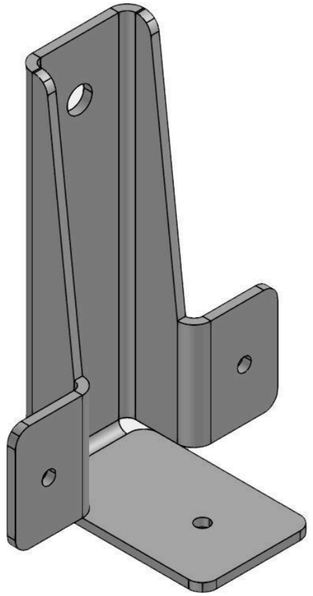
1 STL



Scan als Dreiecksnetz

→

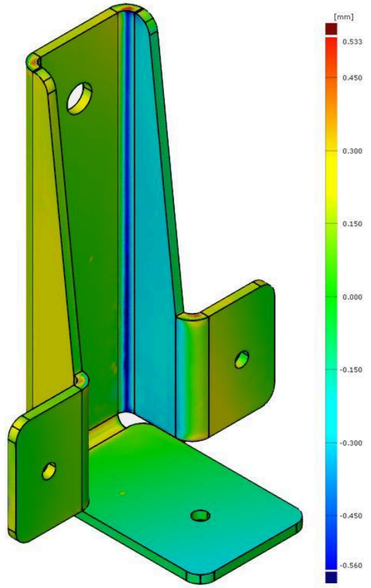
2 CAD



Sollgeometrie aus der Konstruktion

→

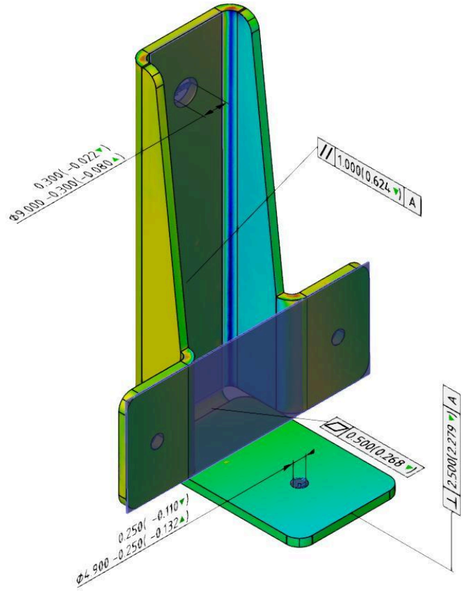
3 Vergleich



Abweichung als Farbkarte

→

4 Bewertung



Merkmale nach ISO-GPS oder ASME Y14.5

OPTISCH · STREIFENLICHT · PRAXIS

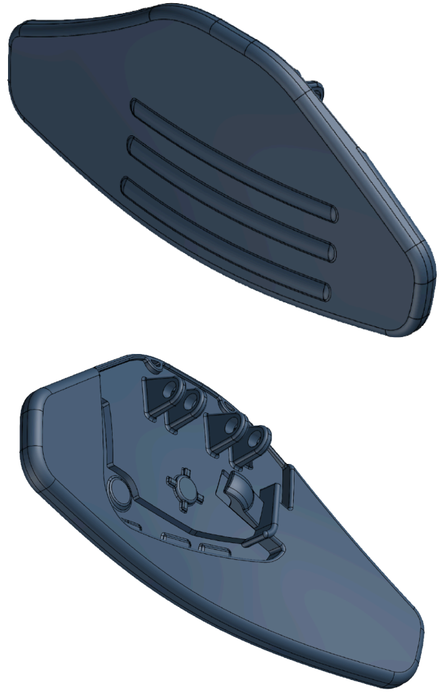
Reverse Engineering: Schaltwippe

1 Bauteil scannen



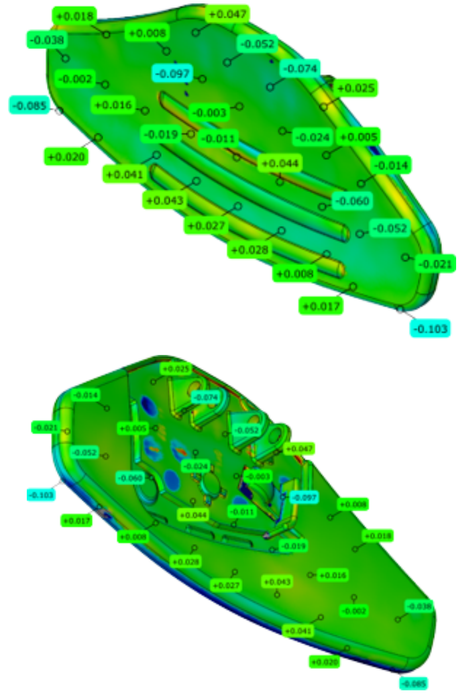
Referenzpunkte geklebt

2 Flächen rückführen

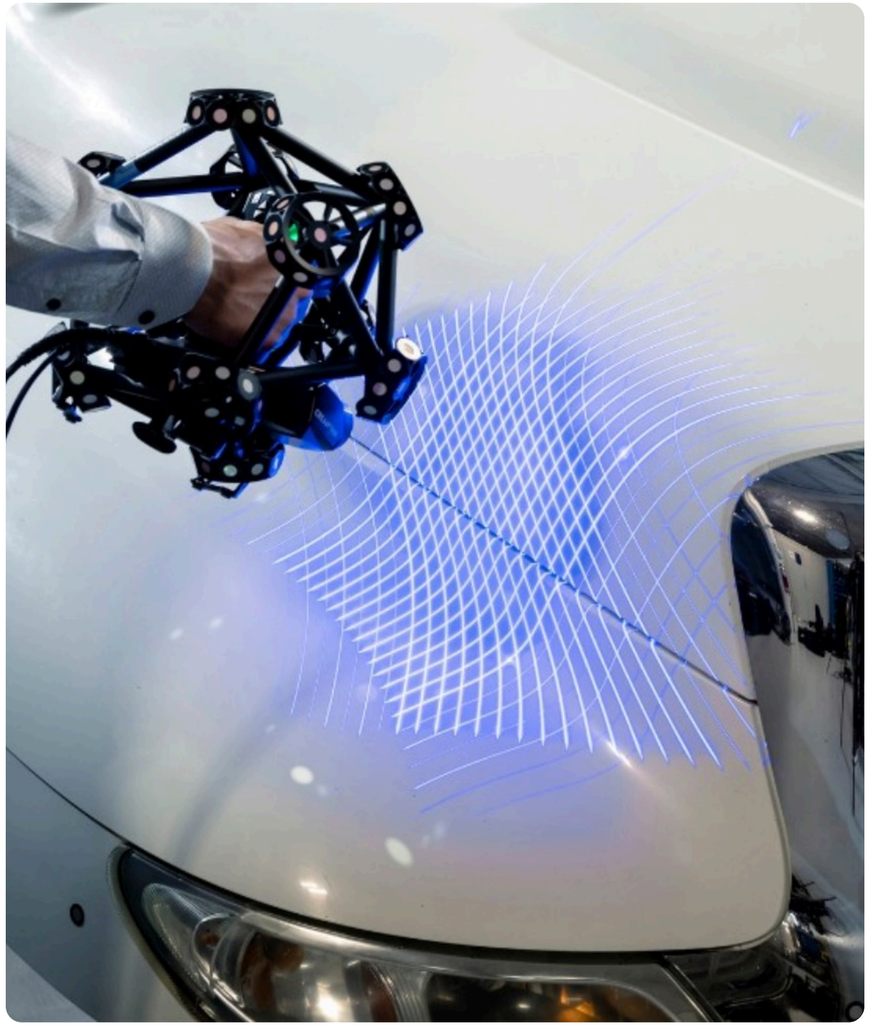


CAD als STEP und nativ

3 Qualität prüfen



Abweichung Scan zu CAD



OPTISCH · LASER

Laserlinien-Triangulation

- Der Scanner projiziert mehrere Laserlinien auf die Oberfläche.
- Kameras erfassen die Form der Linien aus einem bekannten Winkel.
- Per Triangulation entstehen daraus 3D-Punkte.
- Ergebnis: Punktewolke für Soll-Ist-Vergleich und Reverse Engineering.

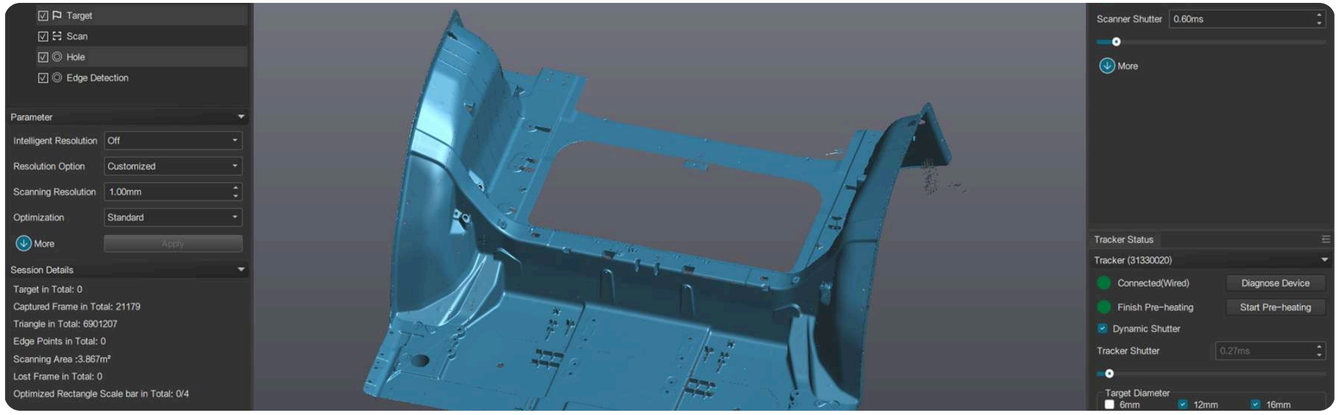
OPTISCH · LASER · HEXAGON HYPERSCAN

HYPERSCAN: heute live dabei

HEXAGON







CSL Industrielle Messtechnik

Bilder: Hexagon · Gastreferat FHNW · 13.10.2026

OPTISCH · LASER · HEXAGON HYPERSCAN

HYPERSCAN: getrackt, ohne Referenzpunkte

0

Referenzpunkte

Was heisst das für die Messaufgabe?

→ Keine Referenzmarken aufkleben und wieder entfernen

→ Weniger Vorbereitung, die Messung kann sofort starten

→ Ein optischer Tracker bestimmt laufend die Lage des Scanners im Raum

Zertifiziert nach VDI/VDE 2634-3, validiert durch ein nach ISO/IEC 17025 akkreditiertes Labor. Quelle: Hexagon, Februar 2026.

OPTISCH · LASER · HEXAGON HYPERSCAN

Was das optische Tracking ändert

Ohne Referenzpunkte

Kein Bekleben des Bauteils. Scannen ohne Vorbereitung und ohne Umpositionieren.

Bewegung wird kompensiert

Der Tracker liefert die absolute Position in Echtzeit. Bauteil oder Bediener dürfen sich bewegen, Vibrationen werden ausgeglichen.

Scannen und Antasten

HYPERPROBE tastet verdeckte Merkmale im selben Koordinatensystem an, Antastgenauigkeit bis 0.05 mm.

Automatisierbar

Von Hand oder am Roboter, mit Drehtisch oder Cobot. Datenübergabe an PC-DMIS, Inspire, SpatialAnalyzer und weitere Software.

→ Seit September 2026 ergänzt HYPERSCAN SR das System um vollständig kabelloses optisches Tracking.

MESSUNSICHERHEIT

Genauigkeit und Präzision

Was ist Genauigkeit?

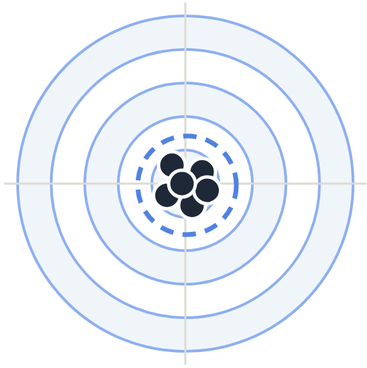
Wie nah liegen die Messwerte am wahren Wert?

Roter Pfeil: Abweichung vom Zentrum

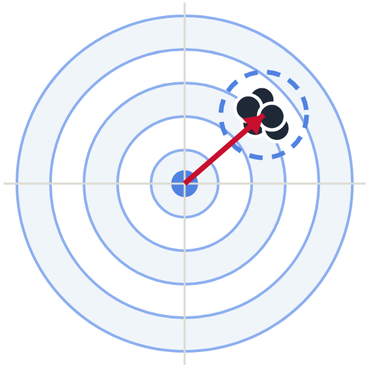
Was ist Präzision?

Wie eng streuen die Messwerte bei Wiederholung?

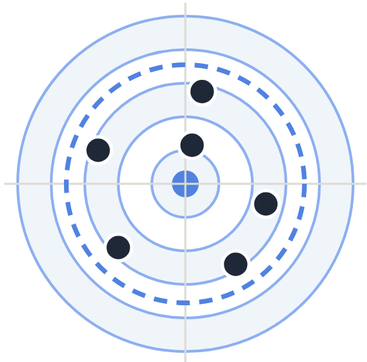
Blauer Kreis: Streuung der Treffer



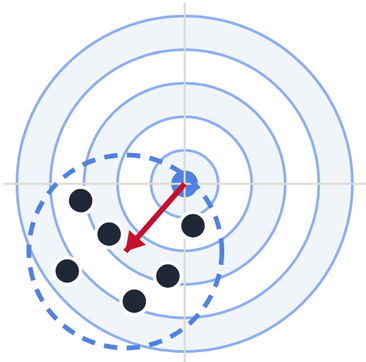
✓ genau
✓ präzise



× genau
✓ präzise



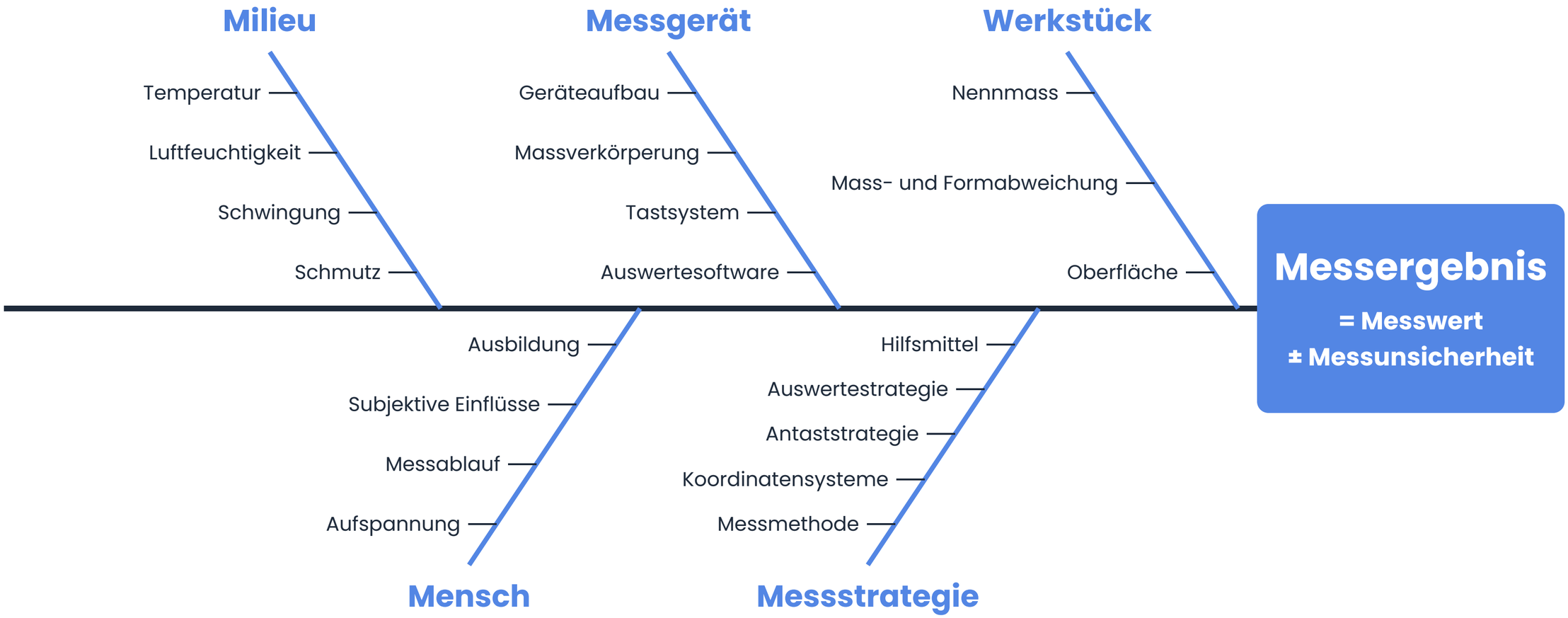
✓ genau
× präzise



× genau
× präzise

MESSUNSICHERHEIT

Die gängigsten Einflussfaktoren



→ Mehr: csl-imt.ch/wissen/referenztemperatur-20-grad

MESSUNSICHERHEIT

Erweiterte Messunsicherheit

Der wahre Wert einer Messgrösse ist unbekannt. Jede Messung liefert nur eine Schätzung. Die Messunsicherheit gibt an, in welchem Bereich der wahre Wert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegt, üblicherweise 95 %.

Messergebnis = Messwert ± U

Formabweichungen
Form deviations

Benennung *Term*	**Püfmerkmal** *Feature*	**Kalibrierter Wert** *Calibrated value*	**Mess-unsicherheit** *Measurement uncertainty*	**Einheit** *Dimension*
1.1.01_A1.SL1_ST1+A2.SL1_ST1	DIN Geradheit (kartesisch)/ *Straightness (cartesian)*	0,0058	0,0020	mm

ISO 14253-1 regelt, wie die Messunsicherheit beim Entscheid «konform oder nicht konform» berücksichtigt wird. In der Industrie ist das noch wenig etabliert.

→ Mehr: csl-imt.ch/wissen/messunsicherheit-kontrollieren

MESSUNSICHERHEIT

Messunsicherheit bestimmen

Abschätzung nach VDI 2617 Blatt 11

Vereinfachtes, analytisches Verfahren
Mathematisches Messmodell
Einflussgrössen bestimmen
Überschätzt die Messunsicherheit

Genauigkeit 2 / 5

Aufwand 1 / 3

Kalibrierter Prüfkörper (ISO 15530)

Berechnung nach GUM
Prüfkörper mit allen Merkmalen nach ISO 1101 und Bearbeitungsspuren
50 Messungen
Nach Crash oder bei Unsicherheit Prüfkörper messen

Genauigkeit 3 / 5

Aufwand 2 / 3

→ So arbeitet CSL heute

VCMM-User

Virtuelle Messmaschine
Parameter aus Datenbank ähnlicher Maschinen der Industrie
Entsprechende Messraumklasse
Monte-Carlo-Simulation

Genauigkeit 4 / 5

Aufwand 2 / 3

VCMM

Virtuelle Messmaschine
Parameter aus Einmessung mit Kugelplatte
Ca. 1 Woche Einmesszeit
Monte-Carlo-Simulation

Genauigkeit 5 / 5

Aufwand 3 / 3

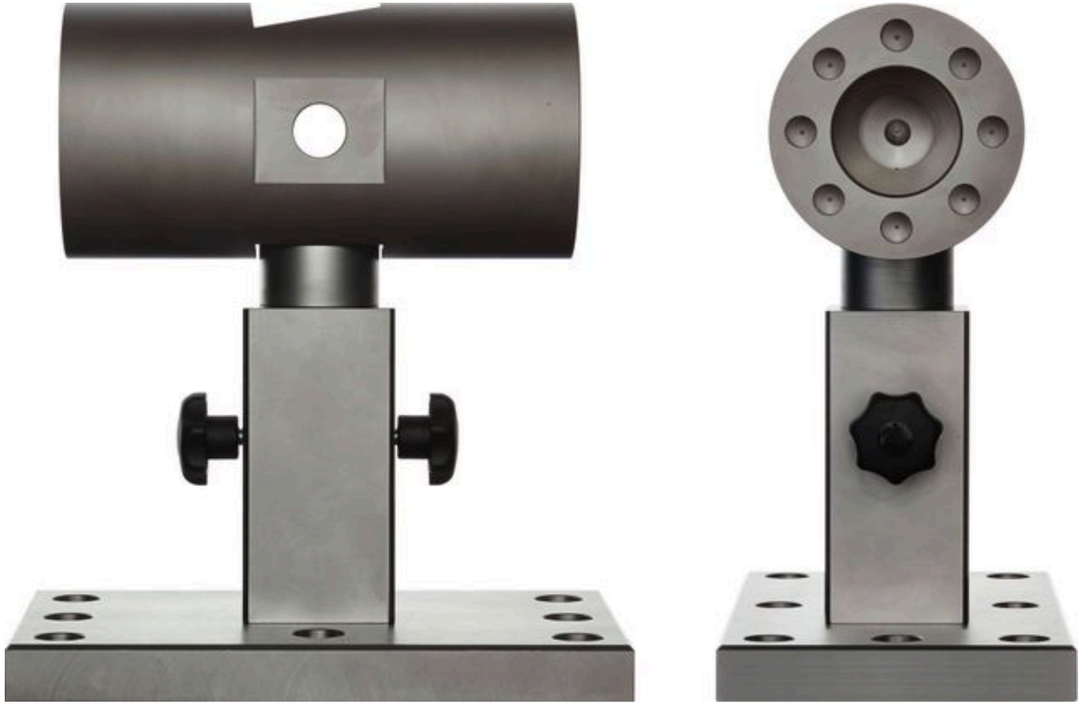
→ Dahin wollen wir

CSL Industrielle Messtechnik

→ Mehr: csl-imt.ch/wissen/messunsicherheit-iso-15530-3

MESSUNSICHERHEIT · ISO 15530-3

Unsere kalibrierten Prüfkörper



Echte Fräs- und Drehspuren: Der Prüfkörper verkörpert möglichst nah ein reales Bauteil.

→ Über 50 Merkmale: Ebenheit, Rundheit, Abstände, Winkel, Position, Lauf

→ Von einem Kalibrierlabor mit bekannter Unsicherheit kalibriert

→ Gemessen wie ein Kundenteil: gleiches Programm, gleiche Taster und Tasterstellungen

→ Ergebnis: erweiterte Messunsicherheit U (k = 2)

→ Kontrolle in festen Abständen, nach einer Kollision und bei Auffälligkeiten

CSL Industrielle Messtechnik

→ Mehr: csl-imt.ch/wissen/messunsicherheit-iso-15530-3

FAZIT

Welches Verfahren wofür?

Verfahren	Unsicherheit ca.	✓ Stärke	✕ Grenze
KMG	1.5–0.5 µm	Goldstandard, hohe Genauigkeit	Punktmessung, langsamer
Kontur	1.5 µm	Profil im Schnitt: Radien, Winkel, Übergänge	Nur Linie, berührend
Rauheit	200–10 nm	Oberflächenkennwerte von Funktionsflächen	Kurze Taststrecke, berührend
Videomesssystem	2 µm	Schnell, berührungslos, Serie	2D, oberflächenabhängig
Streifenlicht	20 µm	Flächig, Freiformflächen	Reflexion, Transparenz
Laser / HYPERSCAN	> 30 µm	Grosse Bauteile, ohne Referenzpunkte	Glanz, verdeckte Bereiche
Computertomographie	4 µm	Innen und aussen in einem Scan	Dichte, Scanzeit, Kosten

WISSEN ZUM MITNEHMEN

Fachwissen für Konstruktion, Fertigung und Qualität

Tipps für die FHNW

→ Eindeutige Spezifikationen durch Bemassung (Gastbeitrag der FHNW)

→ Die Zeichnung ist das Gesetz

→ Referenztemperatur 20 °C

→ Messunsicherheit nach ISO 15530-3

Werkzeuge, frei nutzbar

→ ISO-GPS-Symbolübersicht (PDF, DE/EN)

→ Längenausdehnungsrechner (über 40 Werkstoffe)

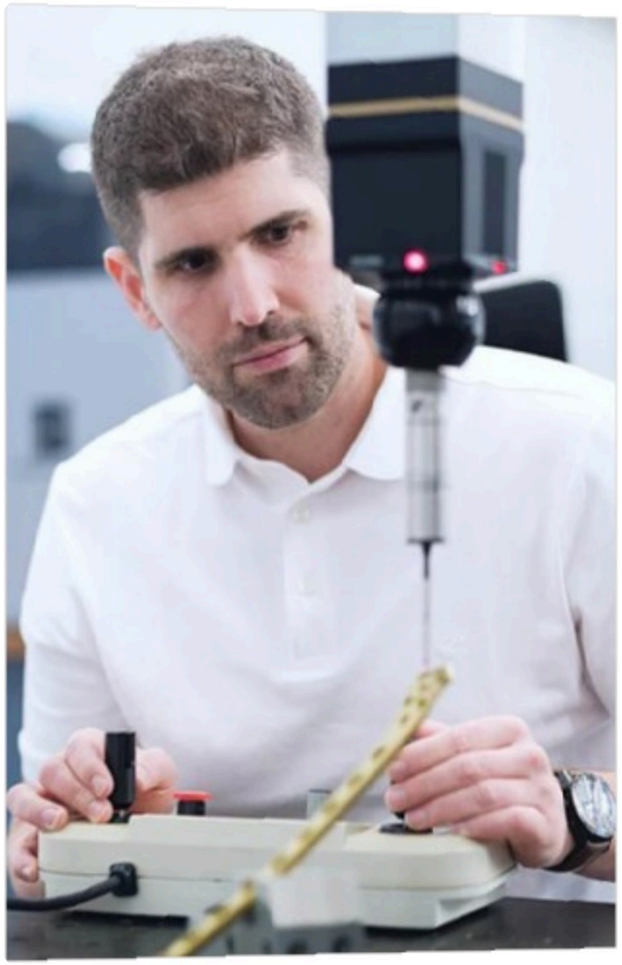
→ ISO 2768 Toleranzrechner und Tabellen

csl-imt.ch/wissen

Newsletter abonnieren

CSL-Newsletter zu Messtechnik und ISO-GPS, etwa einmal pro Monat. Themen und Sprache wählbar, jederzeit abbestellbar.

→ **csl-imt.ch/newsletter**



KONTAKT

Fragen?

CSL Industrielle Messtechnik GmbH
Gewerbering 14 · 5610 Wohlen · Schweiz

christian.schaerer@csl-imt.ch
+41 55 511 50 85
www.csl-imt.ch

CSL Industrielle Messtechnik

LinkedIn

Unsere Präzision. Ihr Erfolg.