

Oldenburger 3D-Tage 2024

Messtechnische Charakterisierung des Photogrammetriesensors goSCOUT3D nach VDI2634

Andreas Breitbarth ^{1,2}, Jan Dittmann ², Roland Ramm ¹, Marc Preißler ¹, Gunther Notni ^{1,2}

¹ Fraunhofer IOF Jena, ² Technische Universität Ilmenau

Mobiler photogrammetrischer Handscanner

goSCOUT3D – Aufbau & Anwendung

Sensoraufbau / Messansatz:

- Bildaufnahme: 1x 20 Megapixel RGB-Kamera
- LED-Ringlicht zur Steigerung der Grundhelligkeit
- Photogrammetrischer Messansatz
- Triangulation über Sensorbewegung
- Nutzersteuerung: 5,5"-Touchdisplay

Anwendungsfelder:

- Wareneingangs- und Ausgangsprüfung
- Dokumentation von Arbeitsprozessen
- Augmented Reality
- Cultural Heritage



Sensorgewicht: 1,3 kg

5,5" Touchdisplay zur Steuerung & Anzeige

Konzentrisches Ringlicht

Hochauflösende 20 MP Messkamera

Tracking Kamera + IMU

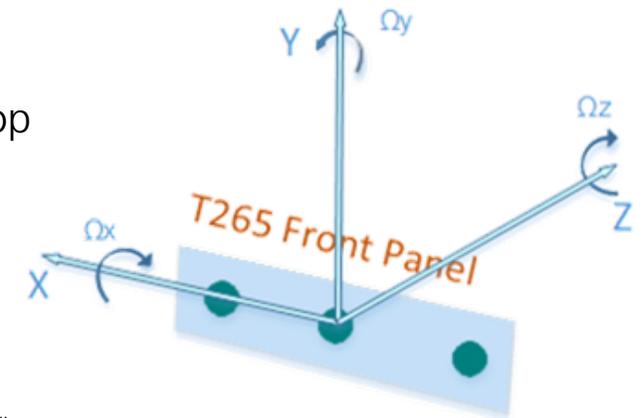
Photogrammetrische Triangulation

goSCOUT3D – Aufbau & Anwendung

- **Oberflächenerfassung von max. 6 m² in 60 s**
- bis ca. 1000 2D-Einzelaufnahmen verarbeitbar

Ergänzung der Orientierungs- und Positionsdaten mit „Inertial Measurement Unit“ (IMU):

- Intel® RealSense™ Tracking Camera T265
 - zwei Sensoren mit Fischaugenobjektiv (IMU + VPU)
 - 12-Bit-Beschleunigungs- und triaxiales 16-Bit-Winkelgeschwindigkeits-Gyroskop
- 2D-Bilder zeitsparend verarbeiten
- Sensorpositionen bei der Messung bestimmbar
- überlappende Bildinhalte in den einzelnen Aufnahmen leichter auffindbar
- robuste Rekonstruktion durch gute Startwerte
 - Reduktion der Rechenzeit: wenige Minuten für virtuelle 3D-Modelle



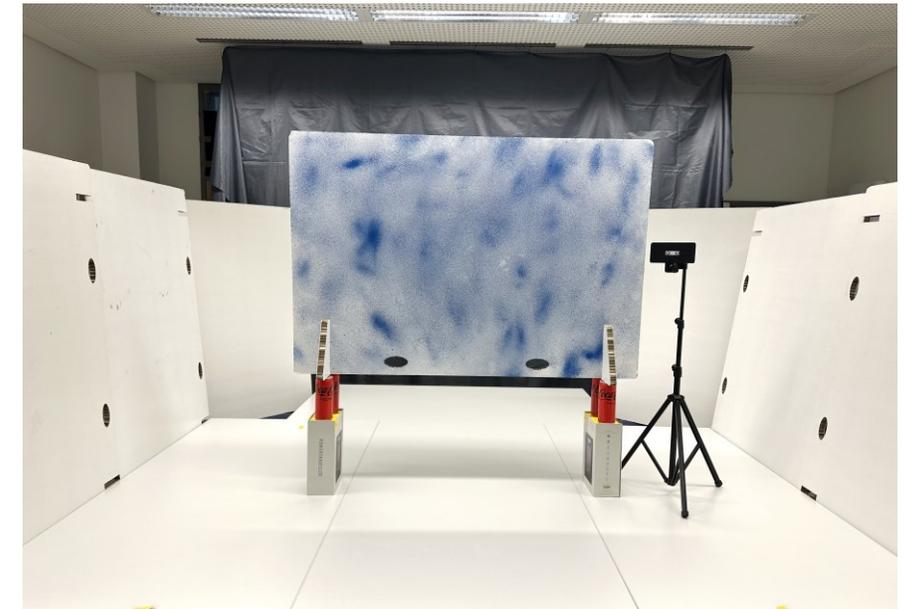
Quelle:
<https://www.intelrealsense.com/how-to-getting-imu-data-from-d435i-and-t265/>

Messtechnische Charakterisierung nach VDI2634-Richtlinie

Vorbereitungen / Messumgebung

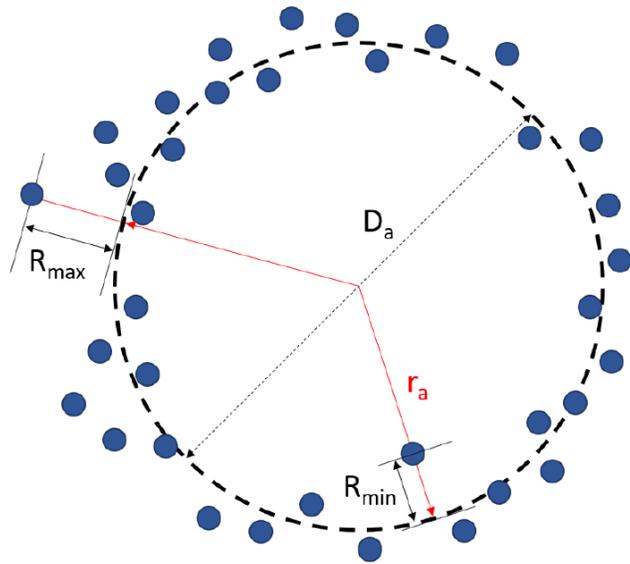
- Labor an der TU Ilmenau
- vorhandene Fenster präpariert → **keine direkte Sonneneinstrahlung**
- **künstliche Beleuchtung** durch Niederdruck-Gasentladungsröhren mit elektronischem Vorschaltgerät (**3.300 – 5.300 K**)
- Durchschnittstemperatur: $22 \pm 1 \text{ °C}$
- dunkler Hintergrund, matt-weiße Seitenwände

- **Messvolumen: 1.500 mm × 1.500 mm × 1.500 mm**
- Prüfobjekte: matt-weiße Grundfärbung mit **zufällig verteiltem Punktmuster** in blauer Farbe (Textur passend zu Kameraauflösung)
- **Messobjekt Kugel:** $D_p = 99,181 \text{ mm}$
- **Messobjekt Kugelstab:** $L_p = 995,72 \text{ mm}$



Messtechnische Charakterisierung nach VDI2634-Richtlinie (Blatt 2)

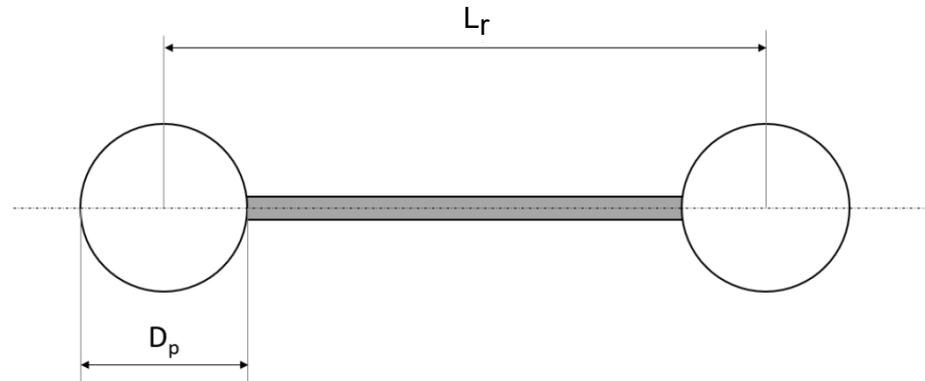
Ermittlung der Abweichungswerte



Antastabweichung Form/Maß

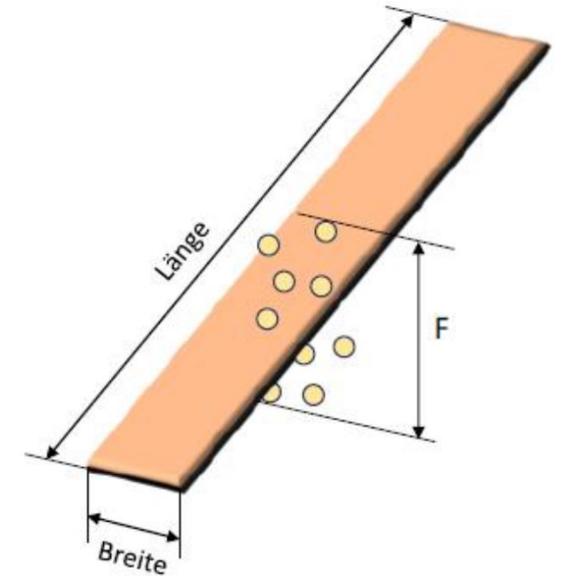
$$P_F^i = R_{max}^i - R_{min}^i$$

$$P_S^i = D_a^i - D_r$$



Kugelabstandabweichung

$$SD^i = L_a^i - L_r$$



Ebenheitsmessabweichung

$$F^i = R_{max}^i - R_{min}^i$$

Quelle Abbildungen (3): Nguyen, M.: Messtechnische Evaluierung von Consumer-3D-Sensor-Systemen nach VDI 2634, Masterarbeit, Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, 2017

Messtechnische Charakterisierung nach VDI2634-Richtlinie (Blatt 2)

Positionen von Prüfobjekten im Messvolumen

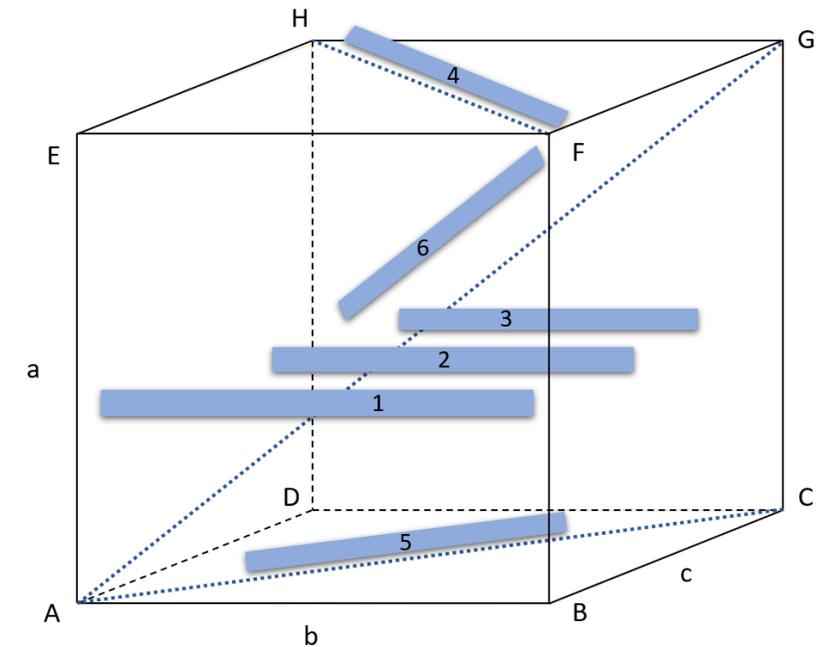
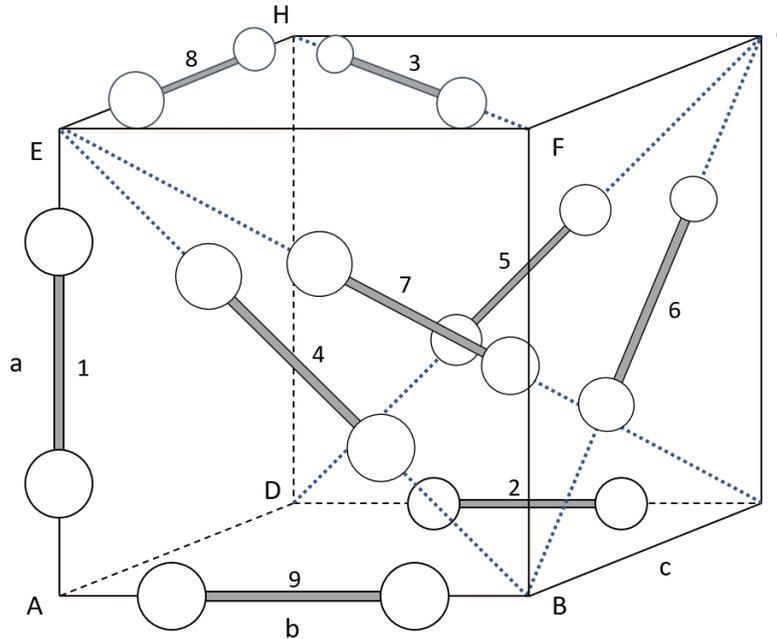
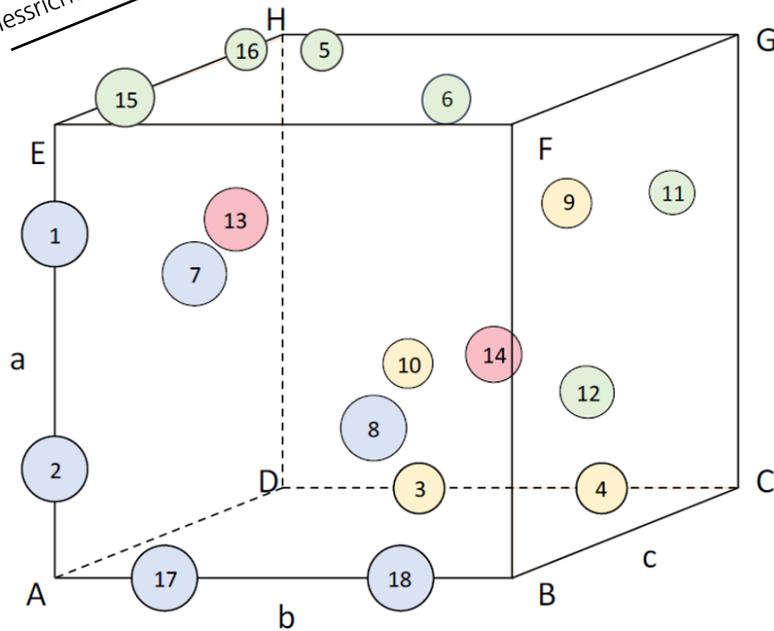
18 Kugelpositionen (P_F, P_S)

9 Positionen der Prüfhantel (SD)

6 Ebenenpositionen (F)

Messrichtung des Sensors
↗

jeweils 5 Messungen pro Position



Quelle Abbildungen (3): Nguyen, M.: Messtechnische Evaluierung von Consumer-3D-Sensor-Systemen nach VDI 2634, Masterarbeit, Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, 2017

Vergleichssensor: iPhone 14 Pro Max



Quelle:
<https://www.apple.com/de/newsroom/2022/09/apple-debuts-iphone-14-pro-and-iphone-14-pro-max/>

- Patent US10795001B2
- **Mustererzeugung: Laserstreuung durch DOE** (diffraktives optisches Strahlenelement) → Array mit 576 Punkten
- ARKit zur Geometrieerfassung sowie teilweise Objekterkennung
- **Einsatz von Beschleunigungssensor**

Komponente	Ausführung
Lidar-System	Flash-Lidar (Solid-State Lidar (SSL)) mit 15 fps
Wellenlänge	$\lambda = 1550$ nm (Herstellerangabe), $\lambda = 940$ nm (Messung)
Detektorart	Single-Photon-Avalanche-Diode (SPAD)
Objektstand	0,25 bis 5,00 m
Kamera	12 Megapixel (Hauptkamera)
Display	7,6"-Touchscreen
Gewicht	0,240 kg

goSCOUT3D / iPhone 14 Pro Max

Durchführung der Messungen – Einstellungen der Messsysteme

goSCOUT3D:

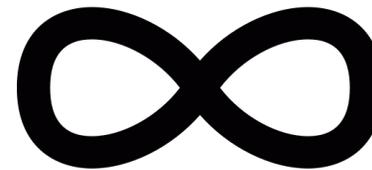
- Ringlicht aktiviert
- Helligkeit konstant bei Stufe 4

iPhone 14 Pro Max:

- Nutzung 3d Scanner App™
- automatische Texturierung und Orientierung von kleinen Modellen
- Energiesparmodus deaktiviert
- LiDAR: Modus mit Filter (ARKit)
- Point Cloud: rohe Punktwolkendaten
- Photos: Aufnahme von Fotos

Trajektorienlinie:

- Photogrammetrie mit 1 Sensor → Bewegung erforderlich
- Unendlichkeitszeichen / liegende Acht



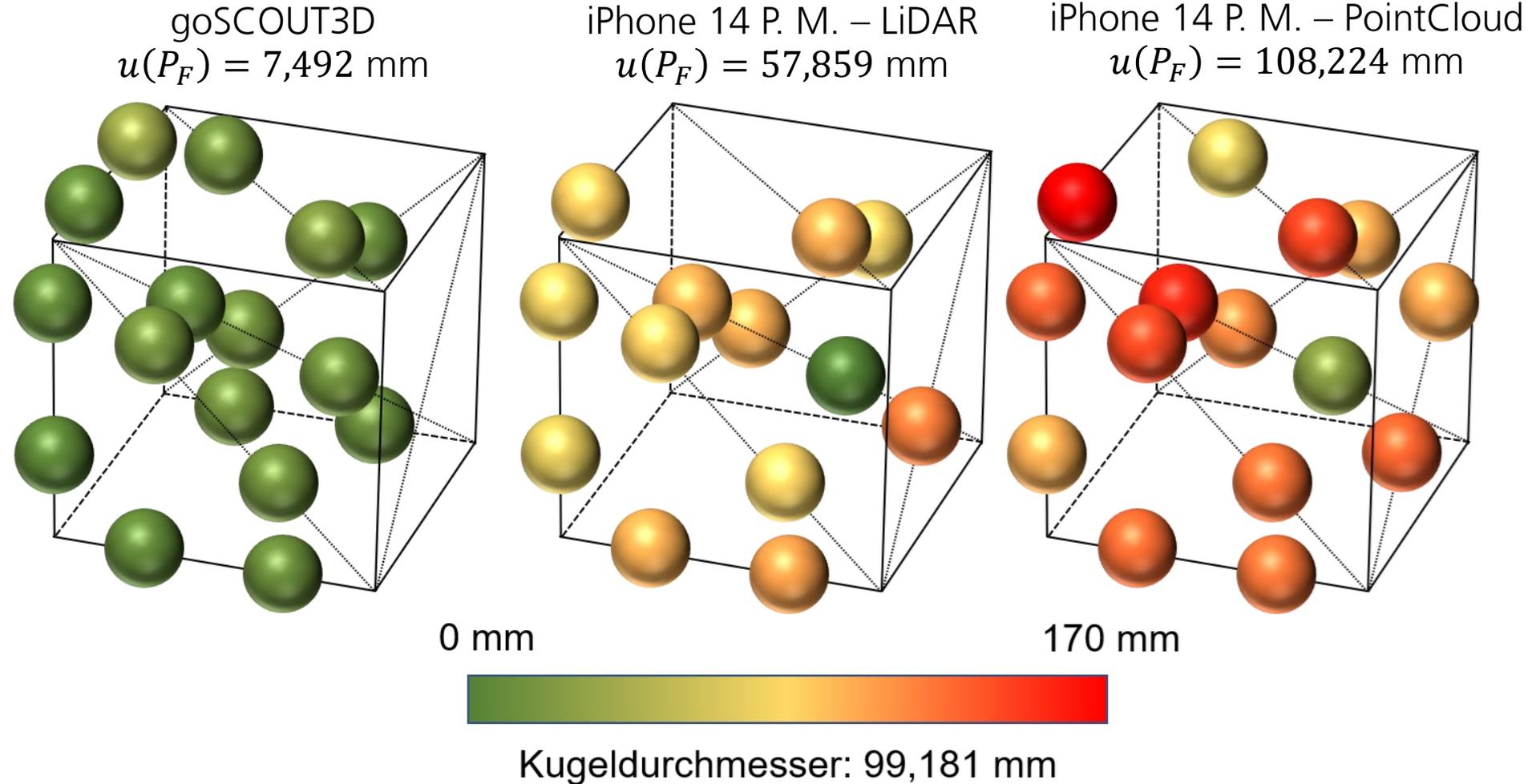
Quelle:
<https://icon-icons.com/de/symbol/Unendlichkeit-Zeichen/83762>

Skalierstab:

- idealerweise in Prüfobjektnähe positioniert
- automatische Erkennung in Agisoft Metashape Professional
- Ergänzung von Rohdaten der Intel® RealSense™ Tracking Camera T265

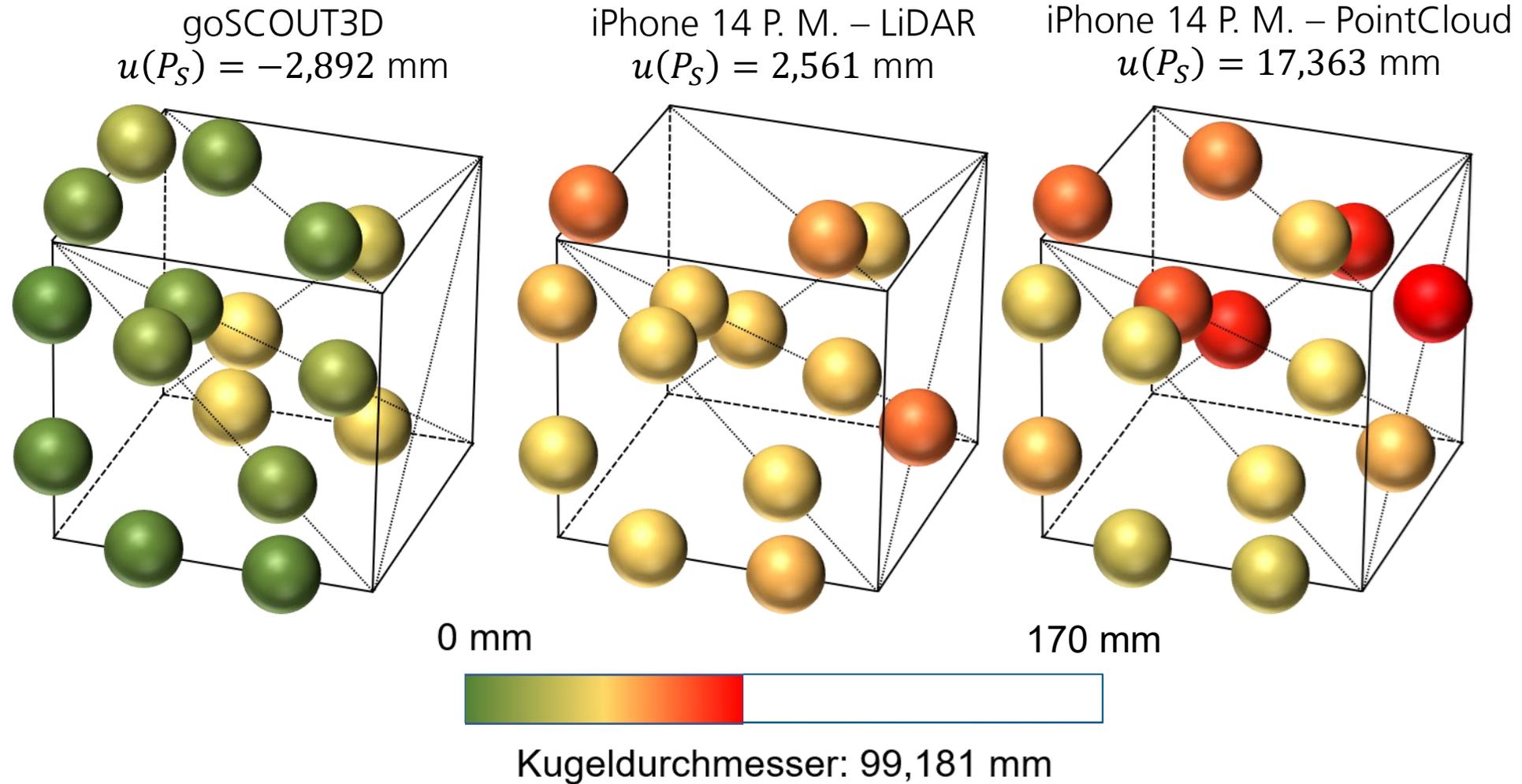
Ergebnisdarstellung (1/4)

Antastabweichung P_F



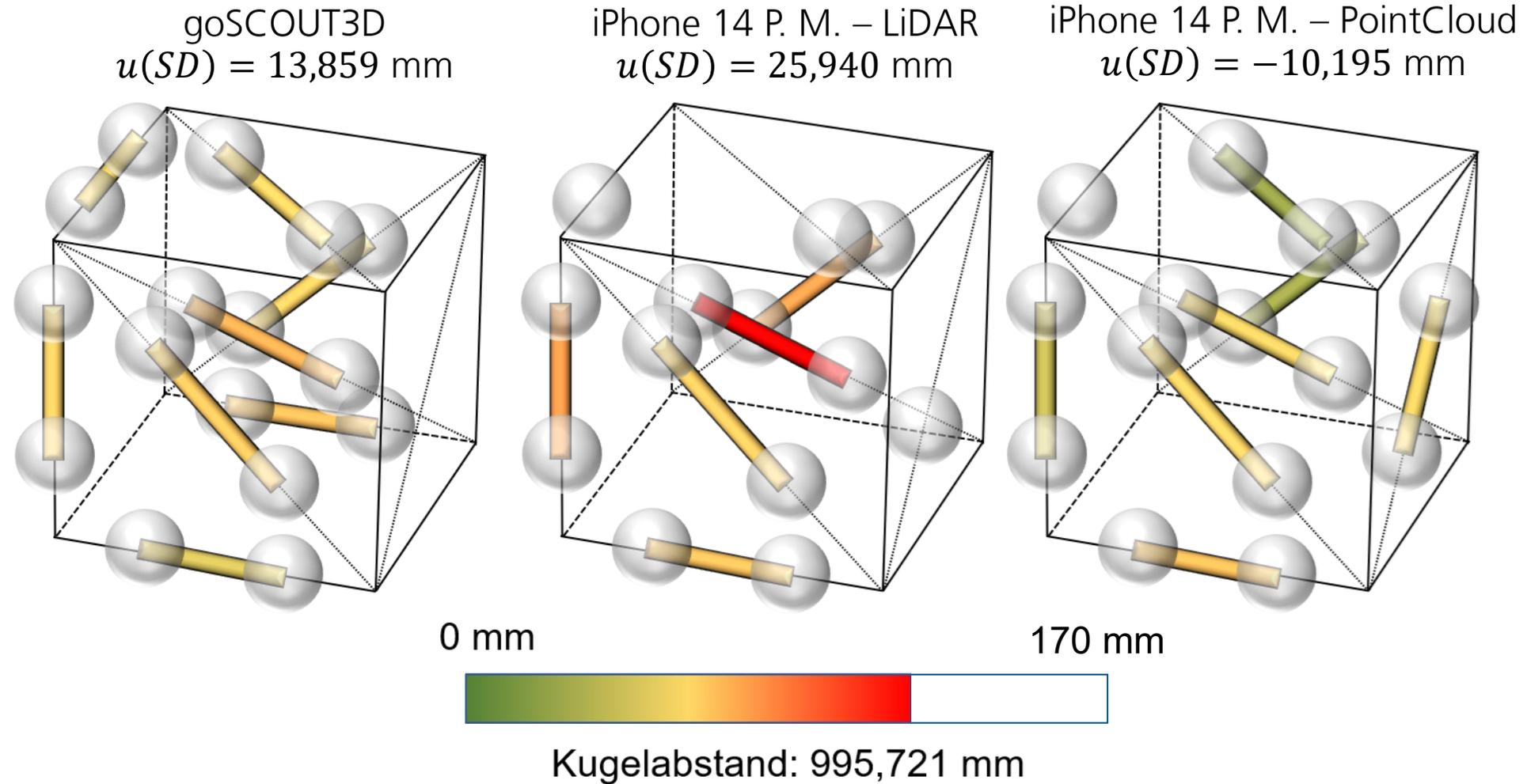
Ergebnisdarstellung (2/4)

Antastabweichung P_S



Ergebnisdarstellung (3/4)

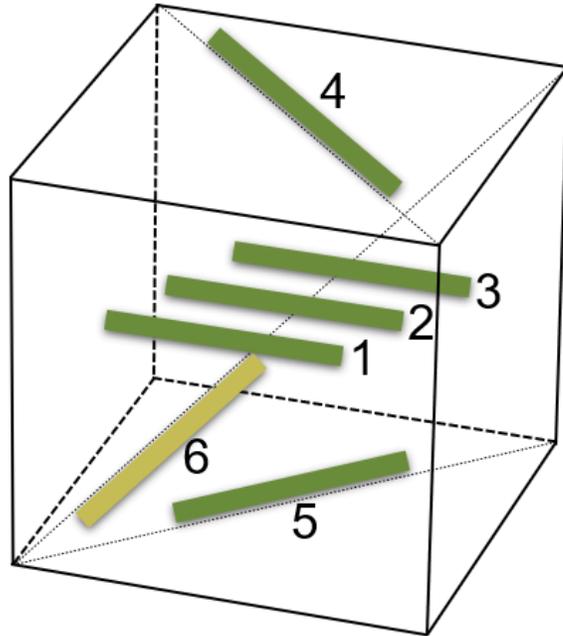
Antastabweichung SD



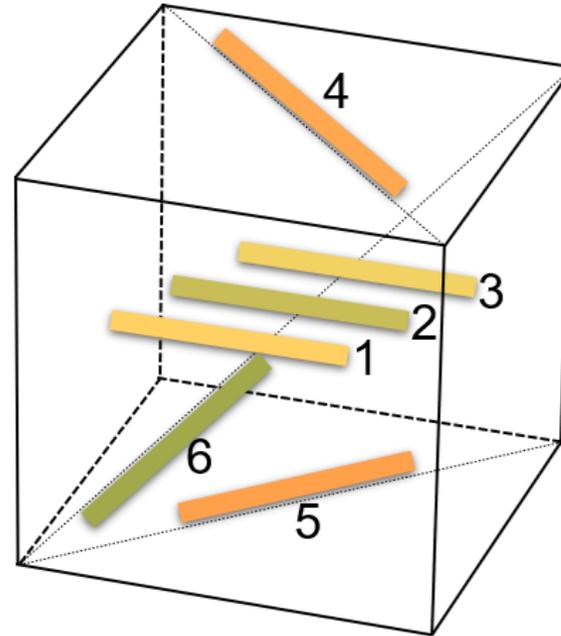
Ergebnisdarstellung (4/4)

Antastabweichung F

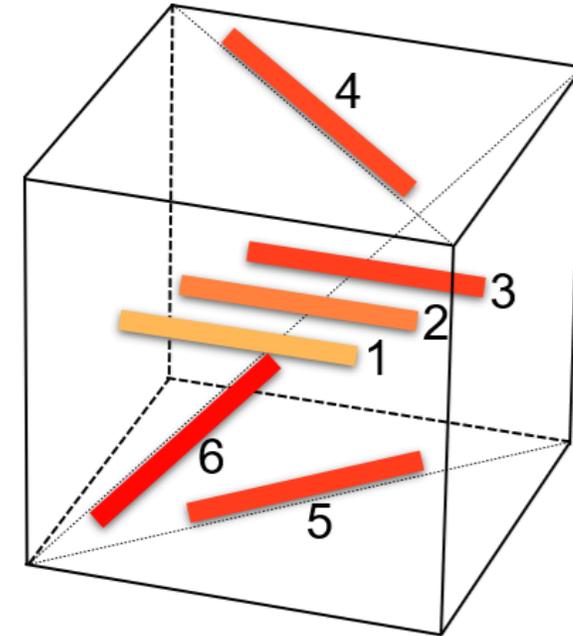
goSCOUT3D
 $u(F) = 9,577$ mm



iPhone 14 P. M. – LiDAR
 $u(F) = 44,004$ mm



iPhone 14 P. M. – PointCloud
 $u(F) = 95,736$ mm



0 mm

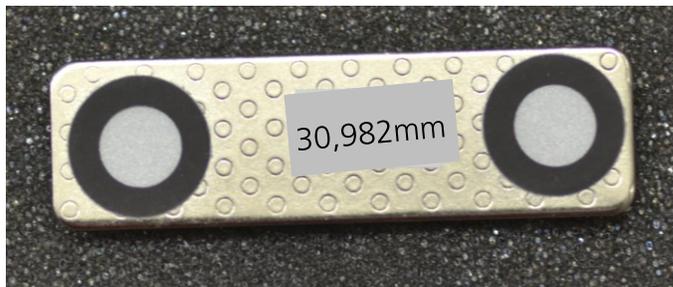
170 mm



Ebenheitsmessung

goSCOUT3D – bessere Maßhaltigkeit mittels Skalierstab

- **Grobskalierung** wird **durch IMU** während Aufnahmen durchgeführt
- **Skalierstäbe bilden Referenzlänge**
→ **Maßhaltigkeit** (im Sichtfeld des Messvolumens)
- konkret: Einsatz von 2 Kreismarken
 - automatische Erkennung in Auswertetool Agisoft Metashape Professional
 - Abstand Mittelpunkte: 30,982 mm



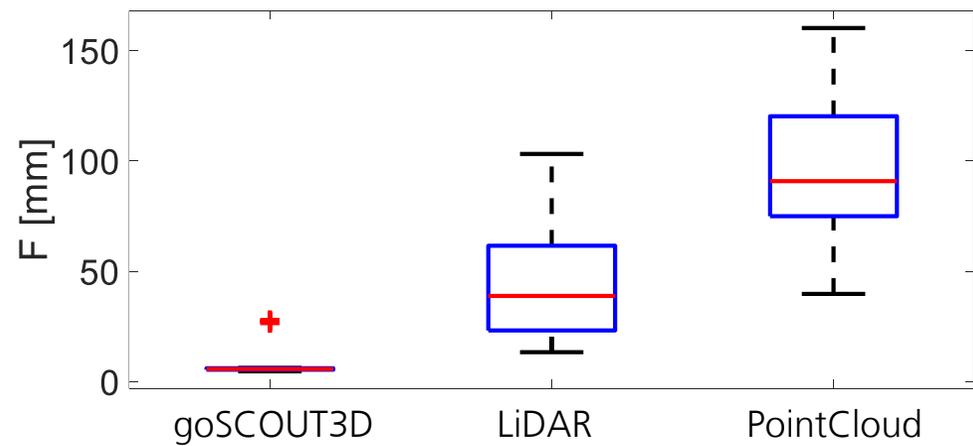
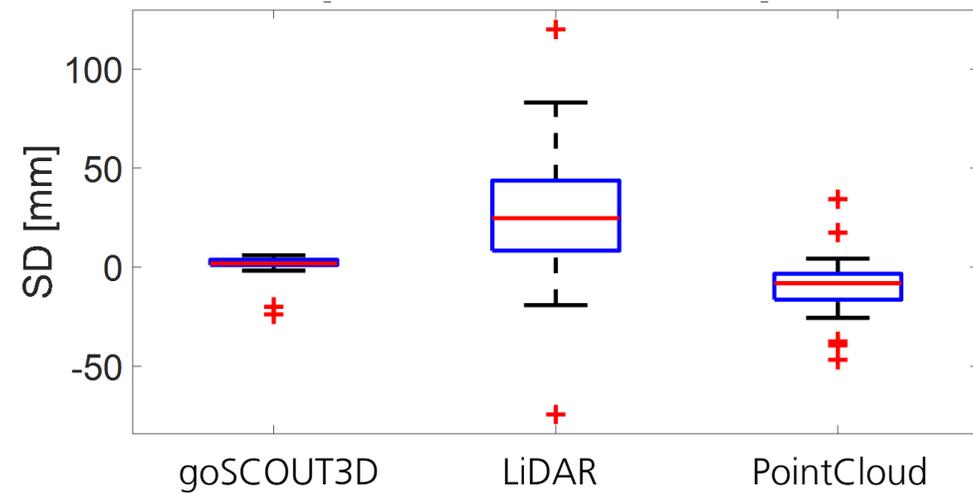
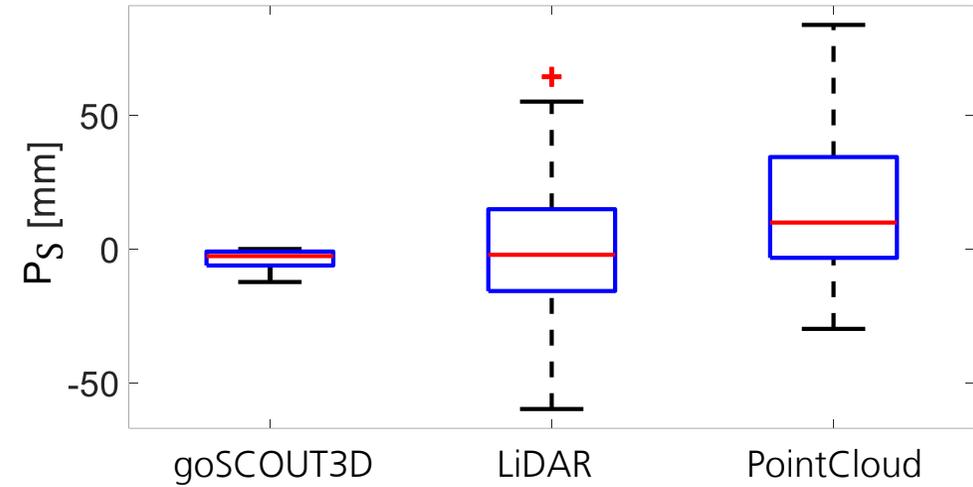
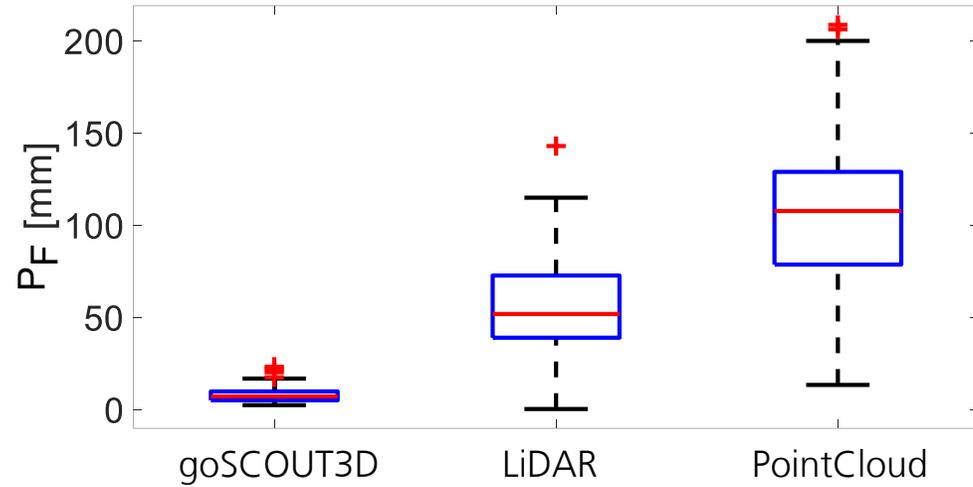
Position	P_F [mm]		P_S [mm]		SD [mm]		F [mm]	
	skaliert	nicht skaliert	skaliert	nicht skaliert	skaliert	nicht skaliert	skaliert	nicht skaliert
1	6,047	4,642	1,511	0,817	1,361	20,279	5,268	5,651
2	4,824	3,116	0,903	1,279	3,740	27,500	5,827	5,836
3	7,200	8,417	10,346	9,280	2,188	16,390	5,843	5,843
4	6,845	5,603	9,646	9,382	1,898	23,000	5,977	5,836
5	13,085	8,087	1,193	2,472	2,346	17,639	5,515	5,385
6	8,652	11,249	2,625	2,062	x	x	27,376	28,910
7	8,885	9,304	1,976	3,333	12,163	34,779		
8	9,809	8,042	1,668	2,843	3,483	14,279		
9	4,907	5,478	7,056	7,467	2,915	12,390		
10	9,567	8,590	7,802	10,065				
11	x	x	x	x				
12	x	x	x	x				
13	7,541	4,677	2,180	2,397				
14	9,856	7,452	5,496	4,477				
15	5,791	5,187	3,053	2,556				
16	19,169	19,223	7,216	5,514				
17	6,411	4,293	0,316	1,133				
18	5,849	6,024	0,407	1,099				

alle Angaben
goSCOUT3D

grün: größte Optimierung

rot: schlechteste Optimierung

Zusammenfassung



Kontakt

Dr. Andreas Breitbarth
Abteilung Bildgebung & Sensorik
Tel. +49 3641 807-234
Fax +49 3641 807-602
andreas.breitbarth@fraunhofer.de

Fraunhofer IOF
Albert-Einstein-Straße 7
07745 Jena
www.iof.fraunhofer.de