

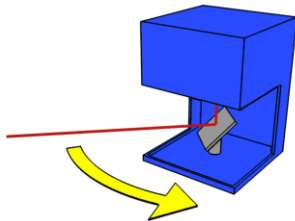
Beispiel für eine kinematische Vermessungsaufgabe: Klassische / Mechanische Laserscanner

2D Zeilenscanner



verändert nach sick.com

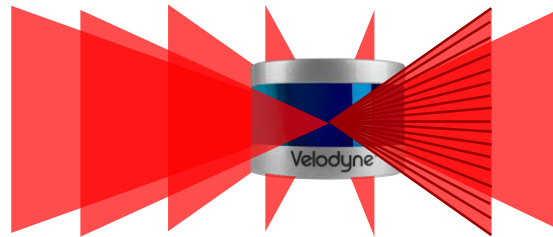
Field of View 360° x -



wikimedia.org @Mike1024

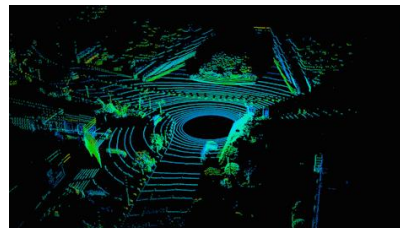
3D Fächerscanner

扇形



verändert nach velodynelidar.com

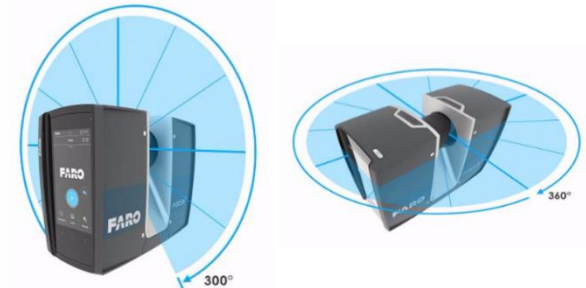
Field of View 360° x [15 - 40°]



hesaitech.com

3D Panoramascanner

全景



hydrosurveyor.me

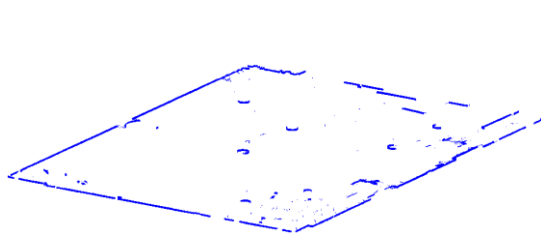
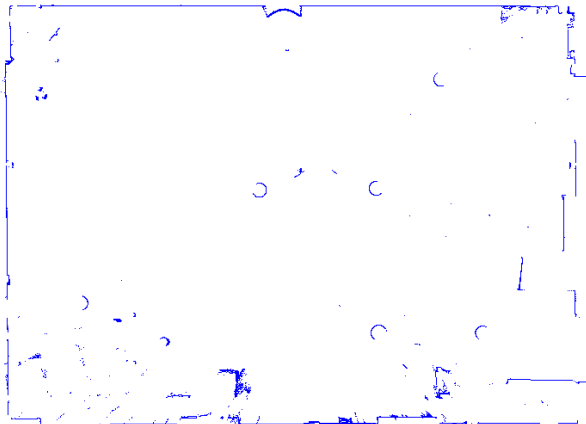
Field of View 360° x 320°



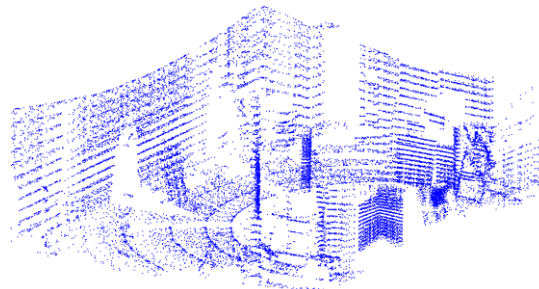
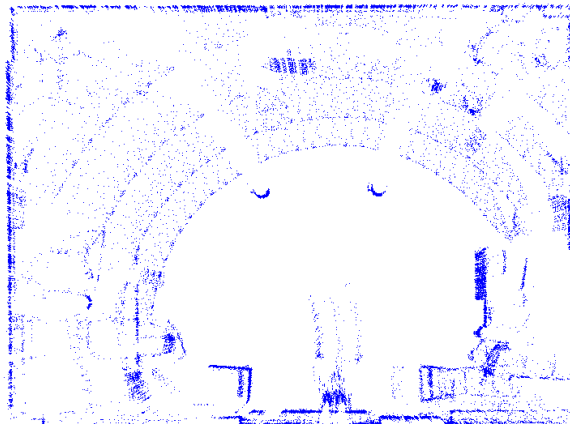
realityimt.com

Beispiel für eine kinematische Vermessungsaufgabe: Klassische / Mechanische Laserscanner

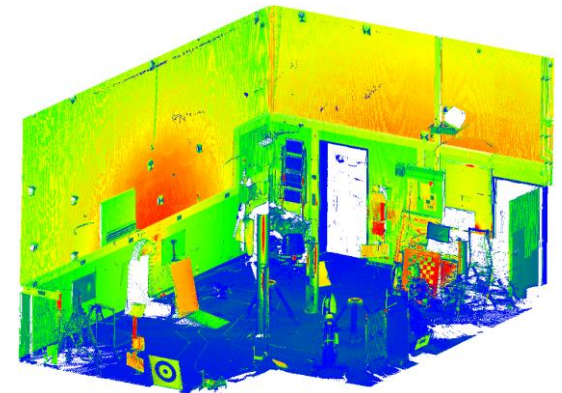
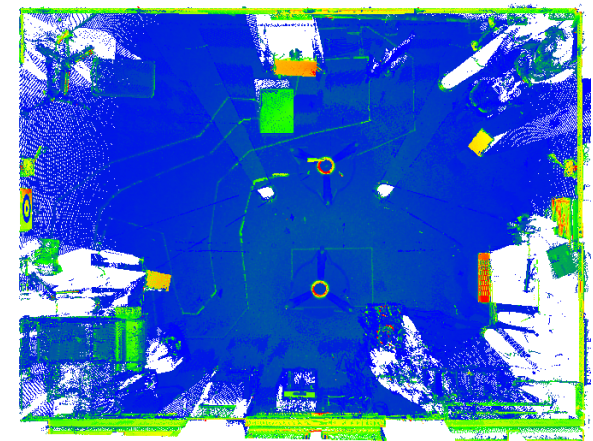
2D Zeilenscanner



3D Fächerscanner



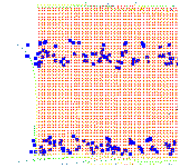
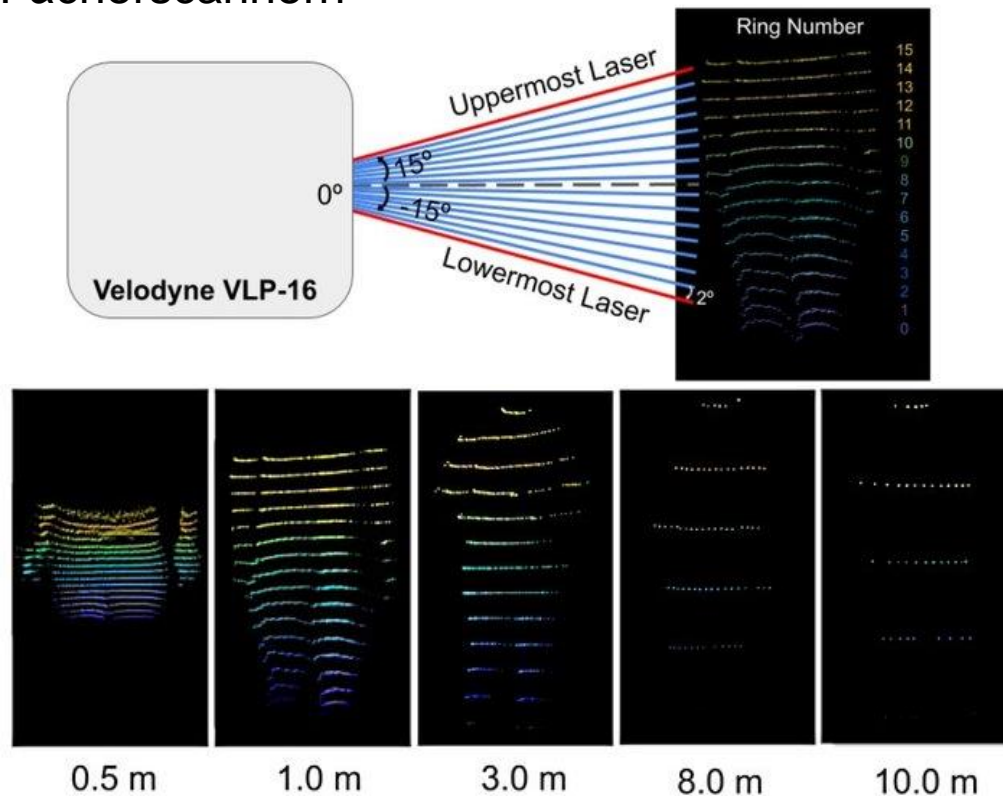
3D Panoramascanner



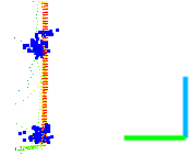
Beispiel für eine kinematische Vermessungsaufgabe: Klassische / Mechanische Laserscanner

- Begrenzte Auflösung der Punktwolke als eine zentrale Herausforderung bei Fächerscannern

Collado & Navarro-Serment (2019)

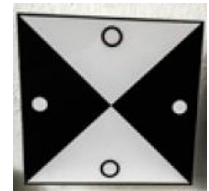
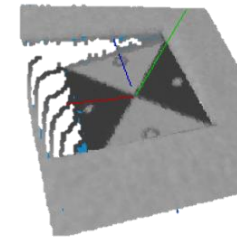


Draufsicht

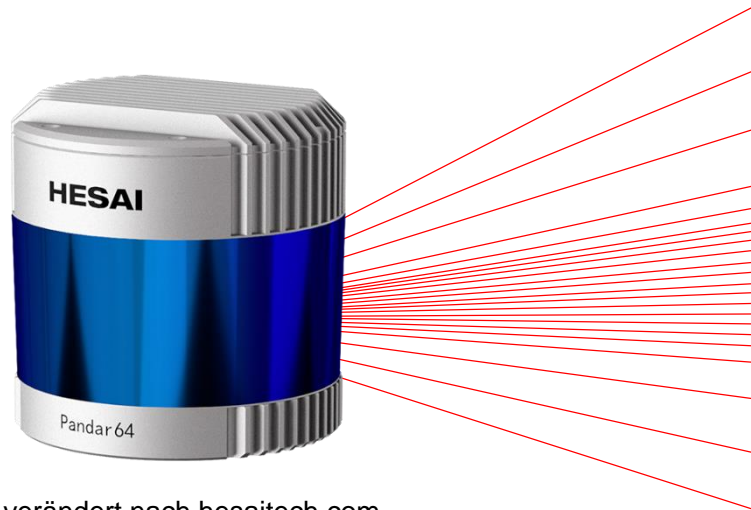


Seitenansicht

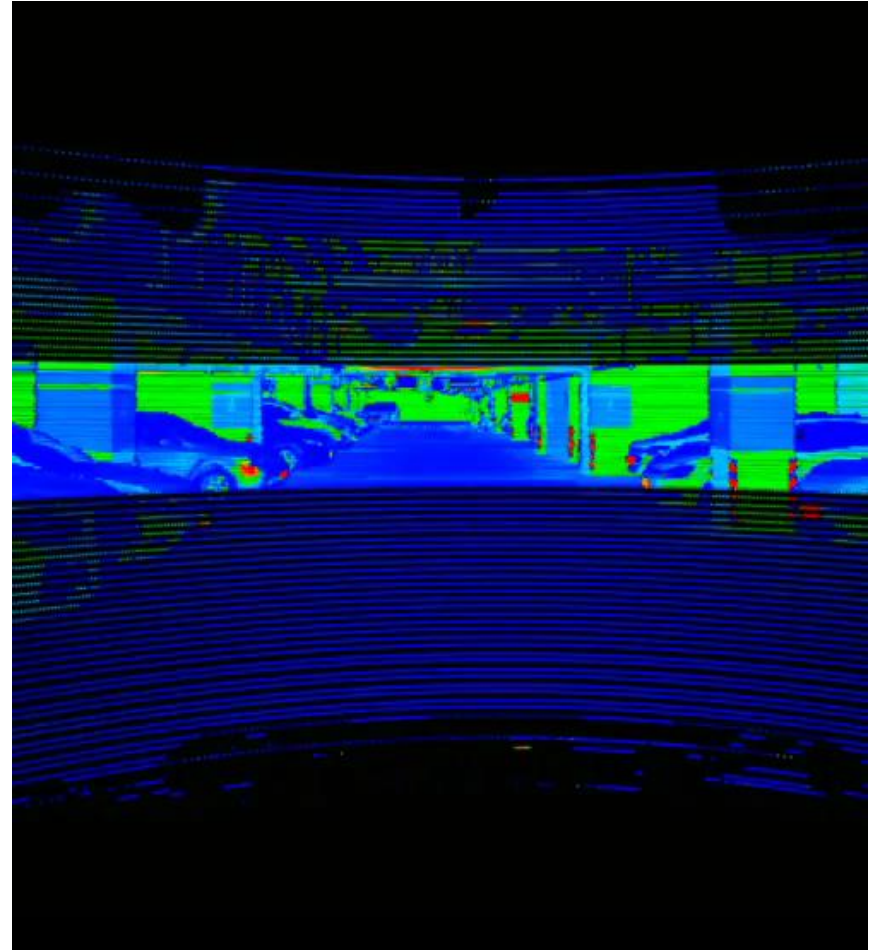
Im Vergleich: Dichte Punktwolke beim TLS



Beispiel für eine kinematische Vermessungsaufgabe: Klassische / Mechanische Laserscanner



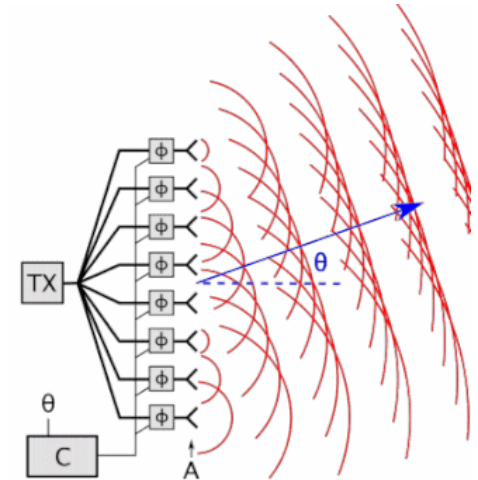
verändert nach hesaitech.com



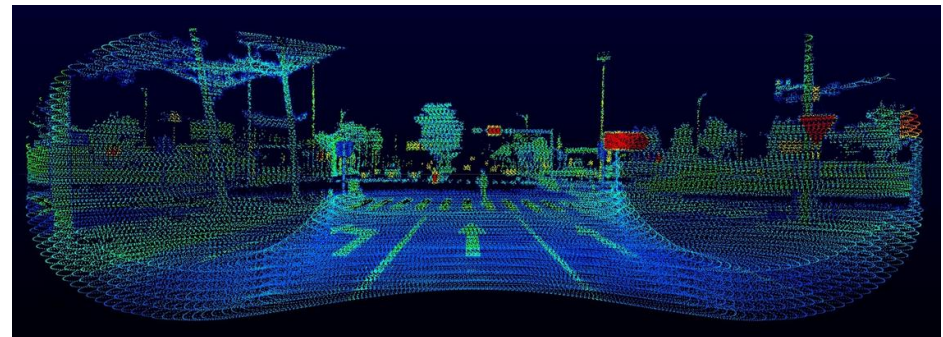
hesaitech.com

Beispiel für eine kinematische Vermessungsaufgabe: Solid State Laserscanner

- Verwendung eines **optischen Phasen-Arrays (OPA)**
 - Gruppierung von einzelnen Antennenelementen
→ Erzeugen Wellenstrahl, der elektronisch in verschiedene Richtungen gelenkt (Phasenverschiebung) werden kann
 - FOV ist durch Abstand der Antennen begrenzt
 - $1 \mu\text{m} \rightarrow 51^\circ$
 - Keine beweglichen Teile notwendig!
- Complementary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS) wandeln einfallendes Licht in elektrische Ladung bzw. Spannung um (Photoelektrischer Effekt)
- Anwendung vom „Time of Flight (ToF)“-Prinzip für Distanzen

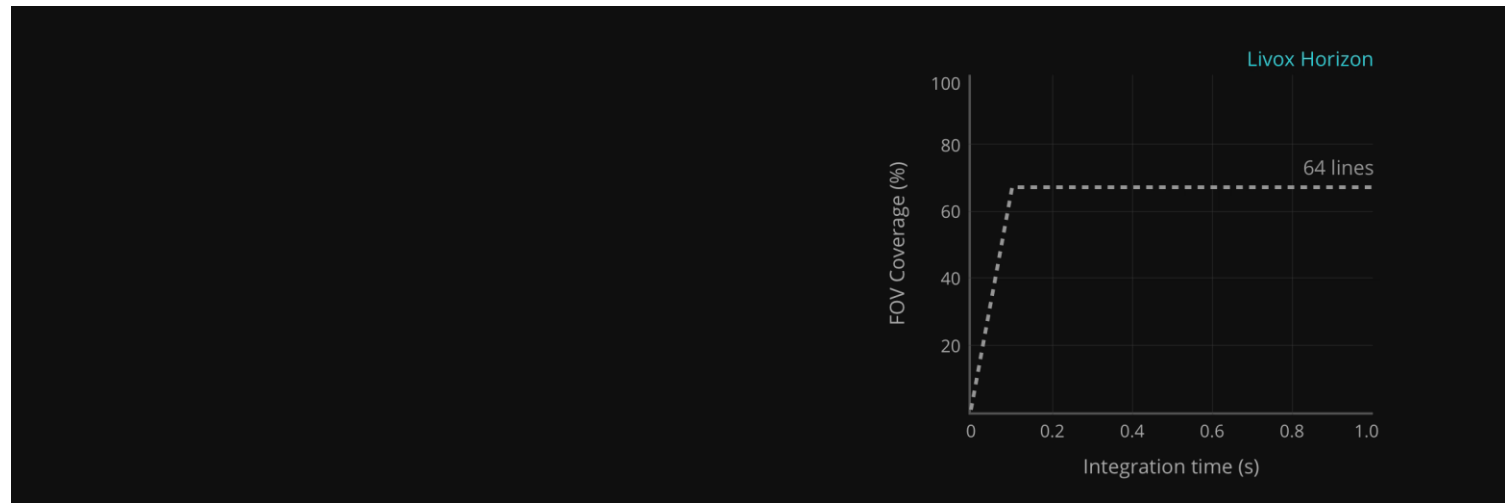


analogphotonics.com

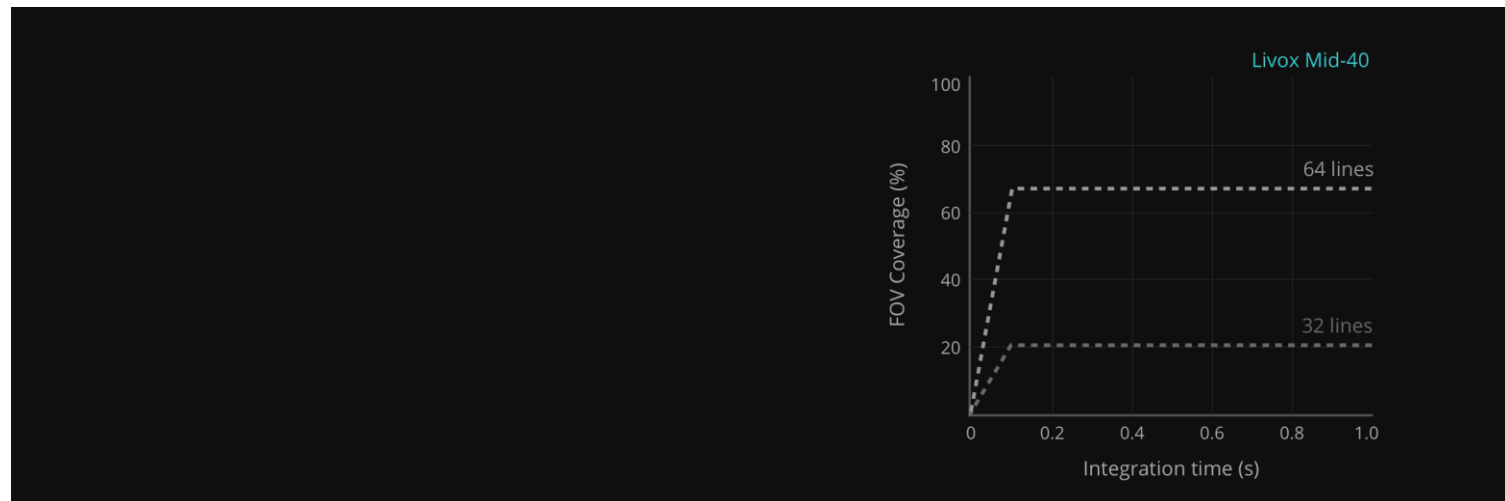


livoxtech.com

Beispiel für eine kinematische Vermessungsaufgabe: Solid State Laserscanner

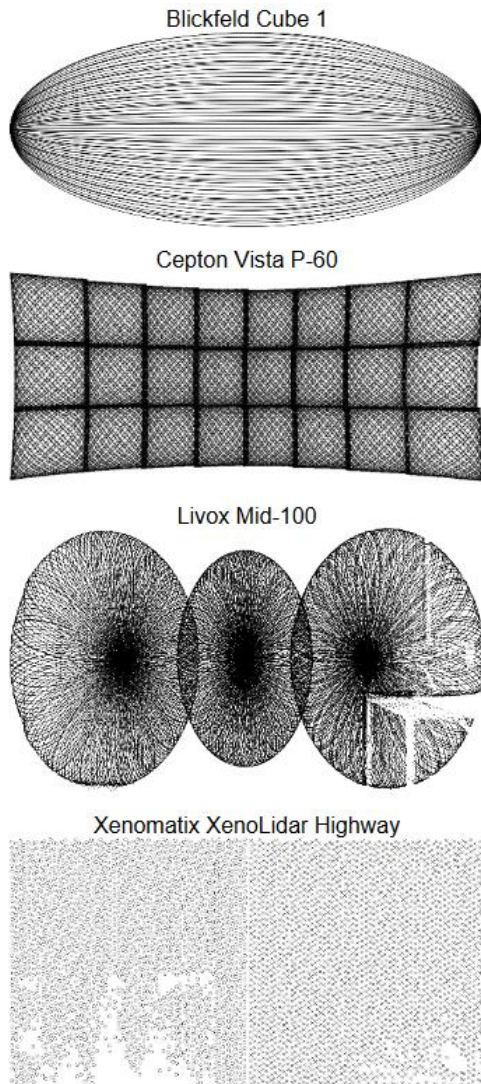


<https://www.livoxtech.com/3296f540ecf5458a8829e01cf429798e/assets/horizon/04.mp4>



https://www.livoxtech.com/3296f540ecf5458a8829e01cf429798e/assets/Mid_Page/09-%E8%A7%86%E9%A2%91.mp4

Beispiel für eine kinematische Vermessungsaufgabe: Solid State Laserscanner



blickfeld.com



cepton.com



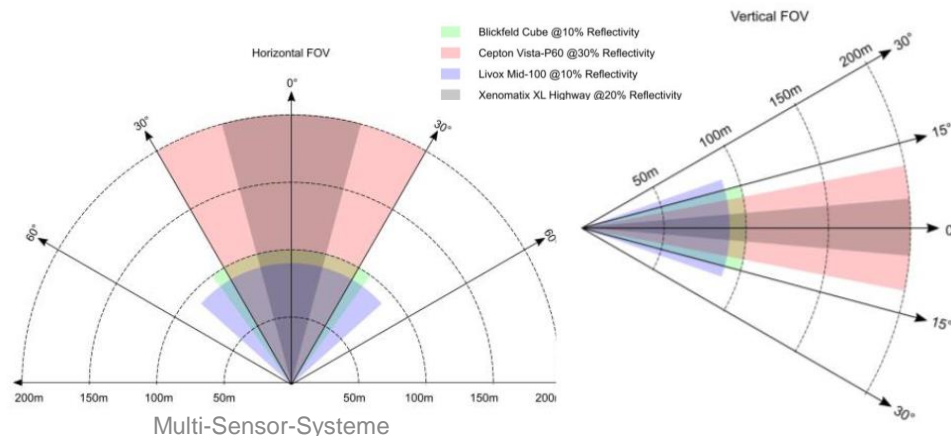
livoxtech.com



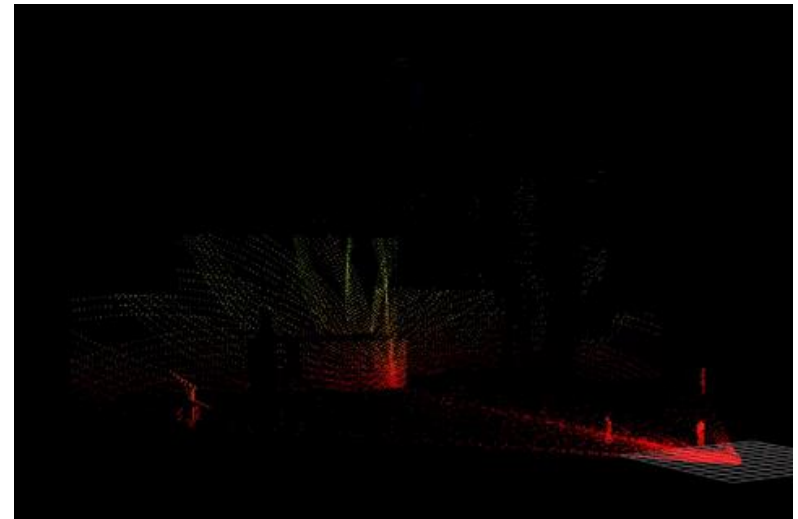
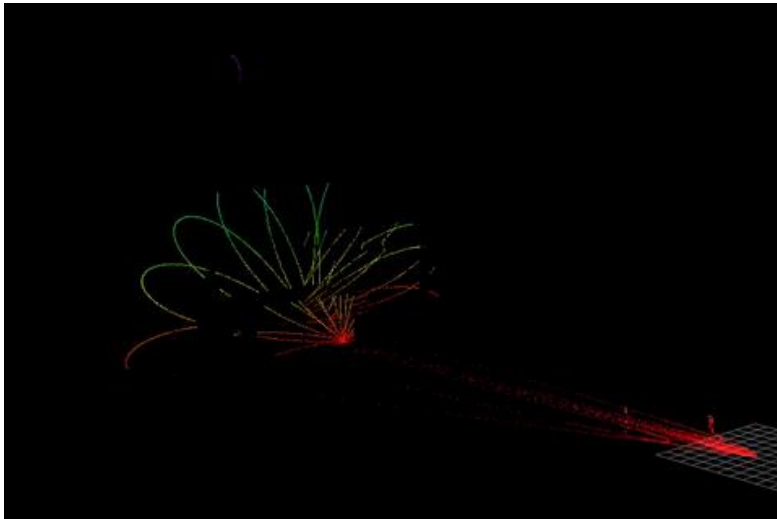
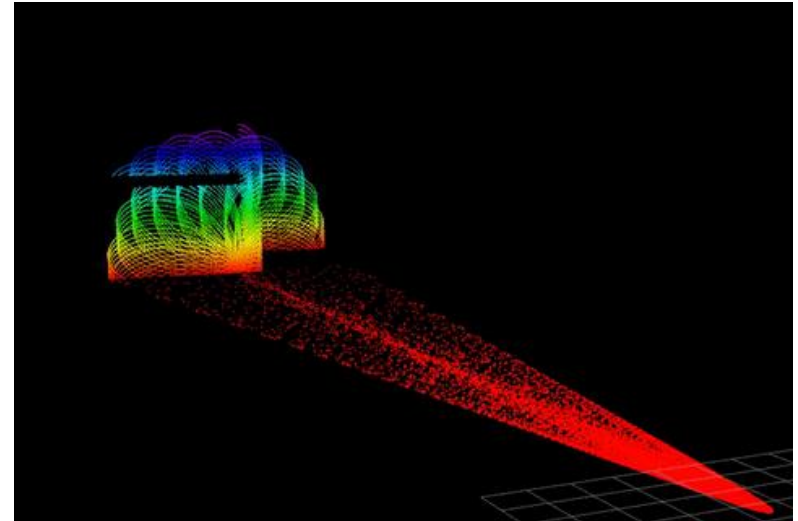
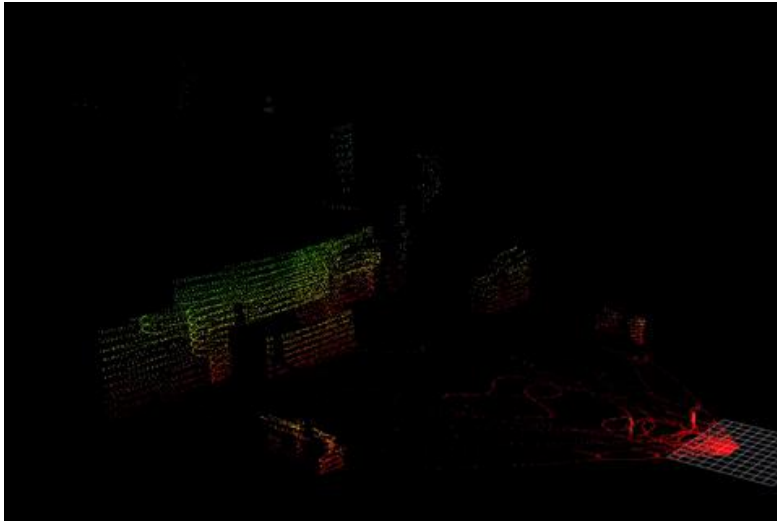
xenomatrix.com



	Blickfeld Cube 1	Cepton Vista P60	Livox Mid-100	Xenomatrix XenoLidar Highway
Sichtfeld (H x V) [°]	72 x 30	60 x 22	98,4 x 38,4	60 x 20
Reichweite	100m@10%	200m@30%	90m@10%	200m@20%
Punkte pro Sekunde [pts / s]	abhängig von Scanrate max. 270.000	315.000	300.000	150.000
Gewicht [g]	ca. 275	900	ca. 2200	ca. 1100 (ohne IPC)
Größe (L x B x H) [mm]	82 x 50 x 60	102 x 101 x 58	142 x 230 x 70	117 x 160 x 81
Leistungsaufnahme [Watt]	Typ 8.5 (max. 15)	12	30	150 (mit IPC)



Beispiel für eine kinematische Vermessungsaufgabe: Solid State Laserscanner



https://github.com/Livox-SDK/livox_laser_simulation

Beispiel für eine kinematische Vermessungsaufgabe: Stereokamera, IMU, GNSS, etc.

立体 (Stereo-)Kamera



nerian.de

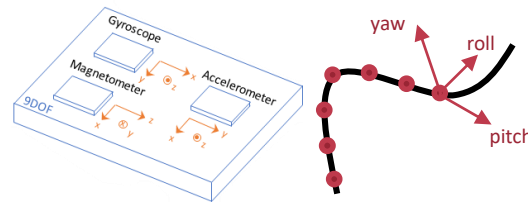


Schön et al. (2018)

Inertial Measurement Unit



vectornav.com

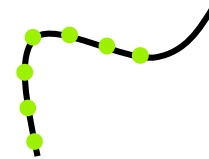


mathworks.com

GNSS



javad.com



- Zahlreiche Einflussfaktoren wie Aufnahmekonfiguration, Objekteigenschaften, Kameraparameter
- Hohe Bildraten bis zu über 2 kHz möglich

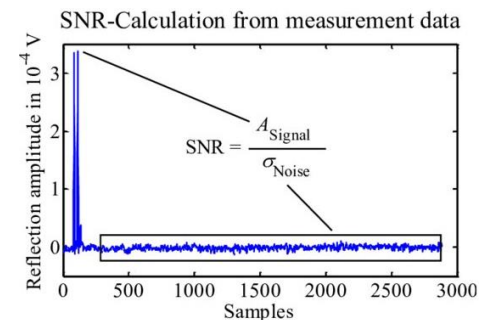
- (Quadratische / Kubische) Drift je nach Sensorqualität innerhalb weniger Sekunden
- Hohe Messfrequenzen bis zu über 1 kHz möglich
- Sehr kleine **Abmessungen** dank MEMS realisierbar 外形操作

- Ausreichende Anzahl von Satelliten erforderlich (im Freien)
- Abtastraten von bis zu 100 Hz mit Genauigkeiten von 1 – 2 cm

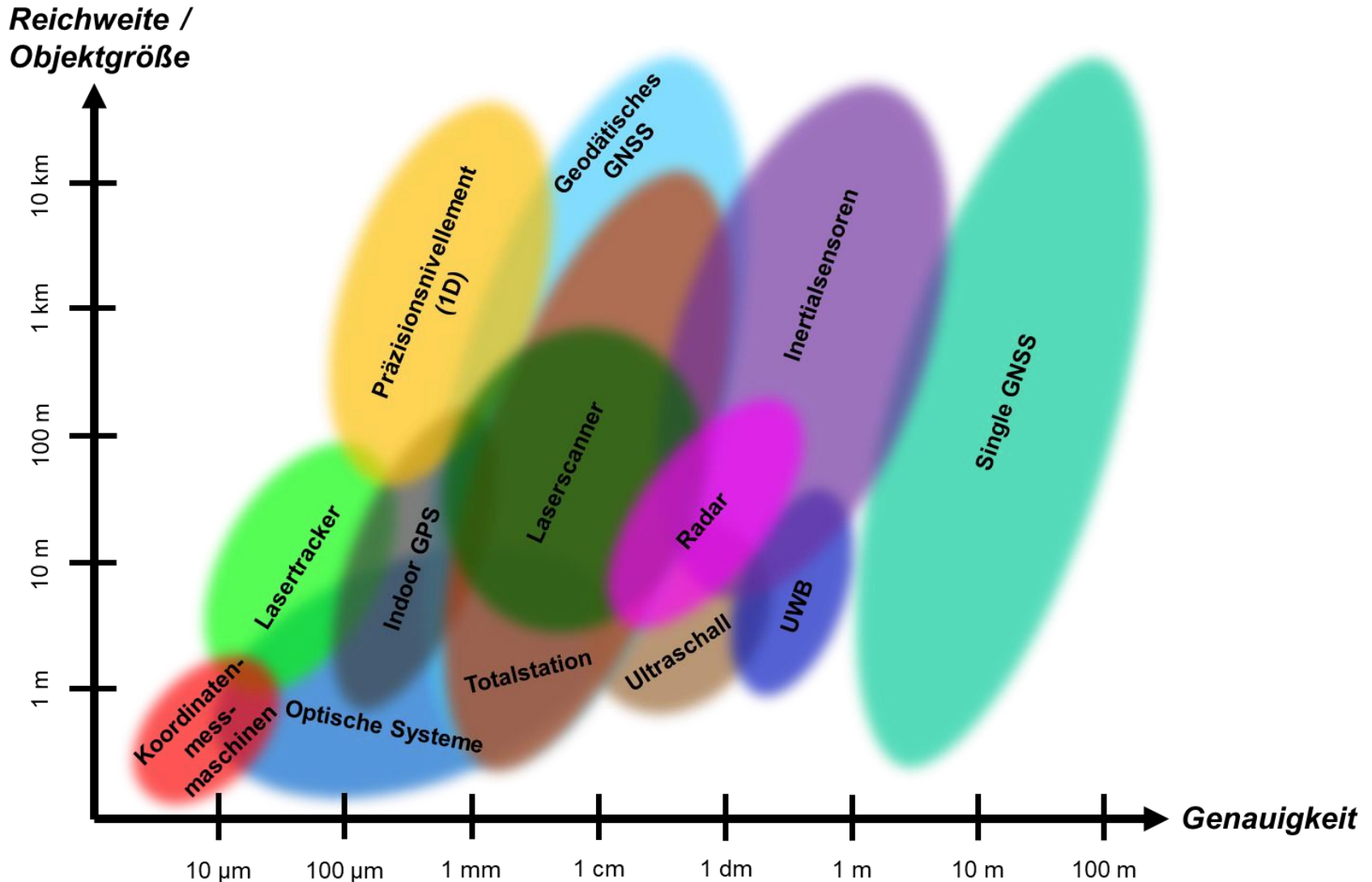
- Kinematischer Aspekt
 - stellt neue Anforderungen an die Sensoren, die über die Genauigkeit hinausgehen
 - Beachte: Neben der Auswahl eines bestimmten Sensors ist das Konzept seiner Verwendung innerhalb der spezifischen Aufgabe entscheidend

a) Genauigkeit

- Für kinematische Sensoren kann diese nicht mehr allgemein angegeben werden
 - nur in Bezug auf das Objekt und seine Bewegung
- Wichtige Kriterien: **Signal-Rausch-Verhältnis (SNR)**
 - *Signalstärke* in Relation zum *Leistungspegel des Hintergrundrauschens*
 - Signal ist stärker als das Rauschen für $SNR > 1$



Bentz et al. (2014)



- Die **Messfrequenz** muss entsprechend der Bewegung des Objekts und im Hinblick auf die Anwendung gewählt werden
- Beispiel:
 - Schwingung ↔ **Abtasttheorem** 采样定理
 - Die Abtastfrequenz muss mindestens doppelt so hoch sein wie die maximale Signalfrequenz, die von Interesse ist (in der Praxis: noch kürzere Abtastrate wählen)
 - aperiodische Ereignisse ↔ Häufigkeit ihres Auftretens, Änderungsrate
- Es erfordert vorherige Informationen über die Art der zu bestimmenden Bewegung

- Die Messfrequenz muss an den jeweiligen Bewegungsablauf angepasst sein
- Beobachtungen bei kinematischen Messaufgaben sind normalerweise nicht redundant
- Bei kinematischen Messungen immer auch noch mit Ausreißern rechnen
 - Informationen über die Zuverlässigkeit werden noch benötigt
→ Integrität 完整
- Möglicher Ansatz
 - Kompensation der fehlenden Redundanz durch Stichproben mit höherer Messrate als nötig

- Automatisierung der
 - Messung,
 - Zielverfolgung,
 - Speicherung und
 - (Echtzeit)-Verarbeitung
- Ergebnis der angestrebten hohen Messfrequenzen:
 - die manuelle Messung für die beobachtete Bewegung ist zu langsam
 - Datenausgabe an eine Speicher- und Verarbeitungseinheit
 - Rate und Menge der Daten machen eine manuelle Handhabung unmöglich (→ big data)
- Kontrollaufgaben erfordern eine Auswertung und Analyse der Daten in Echtzeit → automatischer Datenfluss

- In Messsystemen werden verschiedene Sensoren und Sensortypen verwendet
- Beobachtungen müssen verknüpft werden
 - zwischen einander und
 - mit dem Bewegungspfad
- Möglichkeiten:
 - unabhängige Zeitmarken für die Beobachtungen
 - zentrale Steuerung der Sensoren

e) weitere zeitliche Aspekte & f) Stabilität der Parameter

e) Kurze Ansprech- und Messzeit

- Gültiger Zeitstempel, genau dann, wenn die Datenerfassung direkt nach der automatischen Aktivierung des Prozesses erfolgt
- Ansprech- und Messzeit sollten wesentlich kürzer als die Messdauer sein, um Totzeiten zu vermeiden

f) Stabilität der instrumentellen Parameter (Skalierung, Nullpunkt)

- Verursachen sonst systematische Abweichungen der Beobachtungen
- Die Stabilität ist durch andere Sensoren, die parallel laufen, kontrollierbar
- Die Eigenschaften der Sensoren sollten als Ergebnis detaillierter Kalibrierungen bekannt sein und berücksichtigt werden
- Möglichkeit des verschleißfreien Dauerbetriebs

a) Genauigkeit

→ Es zählen nicht nur die Werte aus dem Datenblatt, sondern der gesamte Messprozess (z.B. Bewegung des Systems/Objektes)

b) Hohe Messfrequenz

→ Auswahl in Bezug auf die Bewegung (Art, Geschwindigkeit, Entfernung, Dauer) 保证

→ Gewährleistung von Redundanz

→ Totalstation: 0.5 – 20 Hz, Lasertracker 1 kHz, Laserscanner >2 Mio pts/s, IMU 100 – >1 kHz

c) Automation

→ Der Bedarf an Echtzeitanwendungen erfordert einen hohen Automatisierungsgrad (Messung, Zielerfassung/-verfolgung, Speicherung, Auswertung, ...)

d) Synchronisiert und Zeitreferenziert

→ Relative Zeit zwischen einzelnen Sensoren und globaler Zeitreferenz (falls erforderlich)

e) Kurze Ansprech- und Messzeit (bezogen auf den tatsächlichen Erfassungszeitraum)

f) Stabilität der instrumentellen Parameter

- Häufig können kinematische Probleme nur durch die Verwendung mehrerer (identischer oder unterschiedlicher) Sensoren gelöst werden
→ Multi-Sensor-System (MSS)

- Die Ergebnisse jedes einzelnen Sensors haben eine spezifische Rolle im Gesamtkonzept des Messsystems:
 - Korrektur der Messung von anderen Sensoren
 - 查明 ■ Ermittlung eines Zustandsparameters
 - Redundanz, wobei die Ausgaben anderer Sensoren als Kontrolle verwendet werden

- Witte, B. und Sparla, P. (2015): Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen, 8. Auflage, Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Neumann, I. und Alkhatib, H. (2022): Qualitätssicherung geodätischer Mess- und Auswertverfahren – das Handwerkszeug. 208. DVW-Seminar zur Qualitätssicherung geodätischer Mess- und Auswertverfahren 2022, DVW-Schriftenreihe 101.
- JCGM (2008a): JCGM100: Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG1)
- JCGM (2008b). JCGM 101: Evaluation of Measurement Data - Supplement 1 to the "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" - Propagation of distributions using a Monte Carlo method. Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG1).
- JCGM (100:2008): Evaluation of measurement data – An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents. Auswertung von Messdaten – Eine Einführung zum „Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen“ und zu den dazugehörigen Dokumenten. <https://www.bipm.org/utls/common/documents/jcgm/JCGM1002008E.pdf> (26.11.2019).
- JCGM (104:2009): Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 100, 2008; <https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung8/8.4mathematischemodellierung/8.40/JCGM1042009DE2011-03-30.pdf> (04.10.2019).
- DIN 55350-13:1987-07 Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik; Begriffe zur Genauigkeit von Ermittlungsverfahren und Ermittlungsergebnissen. Beuth, Berlin.
- DIN V ENV 13005:1999-06 Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen. ENV 13005. Beuth, Berlin (Vornorm wurde zurückgezogen).
- DIN V ENV 13005 Beiblatt 1: (Vornorm-Entwurf) Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen – Beiblatt 1: Fortpflanzung von Verteilungen unter Verwendung einer Monte-Carlo-Methode, deutsche Übersetzung des GUM S1, 2010. Beuth, Berlin.
- Schwarz, W., Hennes, M. (2017). Qualitätsbewertungen in der Ingenieurgeodäsie. In: Schwarz, W. (eds) Ingenieurgeodäsie. Springer Reference Naturwissenschaften . Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- Sommer, K.-D. and Siebert, B. R. L.. "Praxisgerechtes Bestimmen der Messunsicherheit nach GUM (Practical Determination of the Measurement Uncertainty under GUM)" tm - Technisches Messen, vol. 71, no. 2, 2004, pp. 52-66.
- Paffenholz, J., Alkhatib, H., Stenz, U., & Neumann, I. (2017). Aspekte der Qualitätssicherung von Multi-Sensor-Systemen. allgemeine vermessungs-nachrichten (avn), 124(4), 79-91.
- Ernst, D. (2021): Development of a quality model for the uncertainty judgement of a kinematic TLS-based multi-sensor system. Master Thesis (unpublished). Leibniz Universität Hannover. Geodätisches Institut.
- Heinz, E. (2021): Beiträge zur Kalibrierung und Evaluierung von Multisensorsystemen für kinematisches Laserscanning. Ph.D. Thesis. Bonn.
- Vogel, S. (2020): Kalman Filtering with State Constraints Applied to Multi-sensor Systems and Georeferencing, Dissertation. München: DGK, Reihe C, Nr. 856.
- Degond, P., Diez, A., & Na, M. (2021). Bulk topological states in a new collective dynamics model. arXiv preprint arXiv:2101.10864.
- Heunecke, O., Glabsch, J., & Schuhbäck, S. (2011). Landslide monitoring using low cost GNSS equipment. Experiences from two alpine testing sites. Journal of civil engineering and architecture, 5(8), p. 661-669.
- Ritter, Markus und Dillinger, Johannes (2011) Nonlinear numerical flight dynamics for the prediction of maneuver loads. In: Proceedings "IFASD 2011". IFASD 2011 - 15th International Forum on Aeroelasticity and Structural Dynamics, 26 - 30 June 2011, Paris, Frankreich.
- T. Ulrich and S. Irgenfried, "Uncertainty estimation for kinematic laser tracker measurements incorporating the control information of an industrial robot," 2014 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2014, pp. 68-76.
- Willi, D., and Guillaume, S.. "Calibration of a Six-Axis Robot for GNSS Antenna Phase Center Estimation." Journal of Surveying Engineering 145.4 (2019).
- Lackner, S.; Lienhart, Werner (2016): Impact of prism type and prism orientation on the accuracy of automated total station measurements. In: Proceedings of 3rd Joint International Symposium on Deformation Monitoring, S. 1–8.
- Collado, I. und Navarro-Serment (2019): Detection of Static Pedestrians from Vertically Sparse 3D Point Clouds. Link: <https://www.researchgate.net/publication/343390637>
- Abayev, R., von Gladiss, A., & Paulus, D. (2021): Eigenschaften verschiedener Solid-State-LIDAR-Systeme. Link: <https://userpages.uni-koblenz.de/~agas/Public/Abayev2021EVS.pdf>
- Schön, S.; Brenner, C.; Alkhatib, H.; Coenen, M.; Dbouk, H.; Garcia-Fernandez, N.; Fischer, C.; Heipke, C.; Lohmann, K.; Neumann, I.; Nguyen, U.; Paffenholz, J.-A.; Peters, T.; Rottensteiner, F.; Schachtschneider, J.; Sester, M.; Sun, L.; Vogel, S.; Voges, R. und Wagner, B. (2018): Integrity and Collaboration in Dynamic Sensor Networks. In: Sensors 18(7), 21.
- Bentz, C.M.; Baudzus, L.; Krummrich, P.M. Signal to Noise Ratio (SNR) Enhancement Comparison of Impulse-, Coding- and Novel Linear-Frequency-Chirp-Based Optical Time Domain Reflectometry (OTDR) for Passive Optical Network (PON) Monitoring Based on Unique Combinations of Wavelength Selective Mirrors. Photonics 2014, 1, 33-46.
- Mautz, R. (2011): Overview of Indoor Positioning Technologies - Keynote, IPIN Conference, 2011.
- K. Poppe, V. Schwieger und R. Staiger. "Grundlagen kinematischer Mess- und Auswertetechniken." In: Kinematische Messmethoden "Vermessung in Bewegung,, 58. DVW-Schriftenreihe. 2004.
- Ozdenizci, B.; Coskun, V.; Ok, K. NFC Internal: An Indoor Navigation System. Sensors 2015, 15, 7571-7595.