

Messprinzipien und Aufnahmesensorik in der mobilen Geodatenerfassung – eine Übersicht

Prof. Dr. Stephan Nebiker
FHNW Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik
Institut Vermessung und Geoinformation
stephan.nebiker@fhnw.ch

4. Hamburger Anwenderforum Terrestrisches Laserscanning
HCU, Hamburg, 23. Juni 2011

Mobile Messsensoren – es lebe die Vielfalt ...



Inhalt**Messsensorik – Zielsetzung und Übersicht****Bildsensorik****Laserscanning****Radar****Fazit & Ausblick****Zielsetzung der MMS-Sensorik****Erfassung verschiedener Eigenschaften:**

- geometrisch (Lage, Form, Ausdehnung, Topologie)
- radiometrisch (Farbe, Textur etc.)
- semantisch (Bedeutung / Interpretation)

von festen oder beweglichen Objekten im Messbereich

- sichtbar / unsichtbar
- oberirdisch / unterirdisch
- auf / unter Wasseroberfläche

Breites Spektrum an Anforderungen

Anwendungsfokus

- Fahrbahn / Trasse ?
- Strassenraum / Korridor ?
- Umgebung / 3D-Stadtmodell / 3D-Visualisierung ?

Genauigkeit & Zuverlässigkeit

- relativ und/oder absolut
- Erkennungs- / Klassifizierungsraten

Erfassungsparameter

- Punktdichte / Punktwolke oder (diskrete) Einzelpunkte
- min. / max. Fahrgeschwindigkeiten
- Tag- / Nachteinsatz

Übersicht – Klassifizierungsmerkmale

3D-Messverfahren im Mobile Mapping Bereich

- passive Verfahren ⇔ aktive Verfahren
- Triangulation ⇔ direkte Distanzmessung
- optische Verfahren ⇔ mikrowellenbasierte ⇔ akustische Verfahren

	passiv	aktiv
Triangulation	Bildsensoren	Musterprojektion
Direkte Distanzmessung		Laserscanner (Boden-) Radar Range Imaging (RIM)

Inhalt

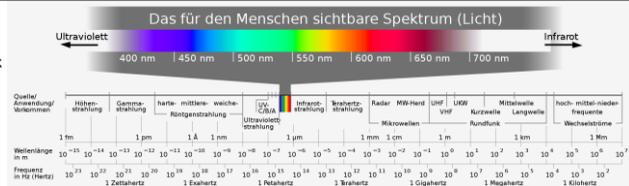
Messsensorik – Zielsetzung und Übersicht

Bildsensorik

Laserscanning

Radar

Fazit & Ausblick



Bildsensorik – Spektralbereiche

Sichtbar (VIS)

- $\lambda \approx 0.4-0.7 \mu\text{m}$
- Silizium (CCD/CMOS)
- sichtbare Phänomene

Nahes Infrarot (NIR)

- $\lambda \approx 0.7-1.0 (-2.4) \mu\text{m}$
- $<1.0 \text{ Si}; >1.0: \text{InGaAs}$
- Klassifizierung, spez. Vegetation

Thermales Infrarot (TIR)

- $\lambda \approx \text{ca. } 8-14 \mu\text{m}$
- Div. Halbleitermat.
- Thermographie, Leckortung ...



Quelle: Wikipedia



Quelle: Wikipedia



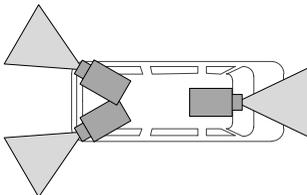
Quelle: Högner & Stilla (2009)

Bildsensorik – Sensortypen und Entscheidungskriterien

- CCD ⇔ CMOS
- Flächensensoren (frame sensors) ⇔ Zeilensensoren (line sensors)
- Einzelbildsensoren ⇔ Videosensoren
- Sensorfläche / Empfindlichkeit
- Geometrische Auflösung
- Radiometrische Auflösung
- Verschluss (Global Shutter / Rolling Shutter?)
- Schnittstellen (GigE, CameraLink ...)

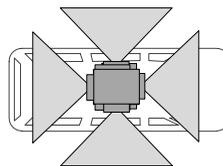
Bildsensorik – Sensorkonfigurationen

Mono / Divergent



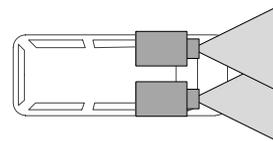
- flexible Blickrichtungen, «einfach» realisierbar
- keine direkte 2D-/3D-Punktbestimmung
- Bilddokumentation
- Texturierung von Punktwolken

Panorama



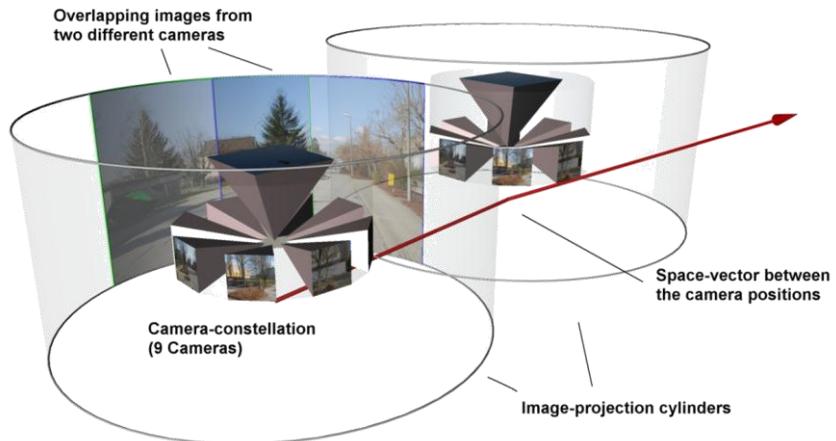
- 360°-Abdeckung
- aufwändiges Kameradesign
- keine direkte 2D-/3D-Punktbestimmung
- «Google Street View»-Produkte

Stereo



- fixe Geometrien (längs / quer zur Fahrtrichtung)
- anspruchsvolle Kalibrierung
- genaue / direkte 3D-Punktbestimmung
- 3D-(Mess-)Videos

Panoramasysteme – Aufnahmeprinzip



- Page of Omnidirectional Vision (<http://www.cis.upenn.edu/~kostas/omni.html>)
- Omni-Stereo-Systeme (<http://www.viewplus.co.jp/product/09/05.html>)

© 2011 FHNW / IVGI

Panoramasensoren – Prinzipien

Integrierte Multi-Head-Kameras

- z.B. Pointgrey LadyBug™3 (www.pointgrey.com)
- 6 * 2 MP Kameras
- Speicherung von 12 MP-Panoramen mit bis zu 15 fps



2 Fisheye-Kameras

(fwd / aft) z.B. Cyclomedia



Multi-Head-Systeme (mit integr. Scannern)

- z.B. Google Street View



Mehrfache vertikale Stereobasen

- z.B. earthmine Inc.

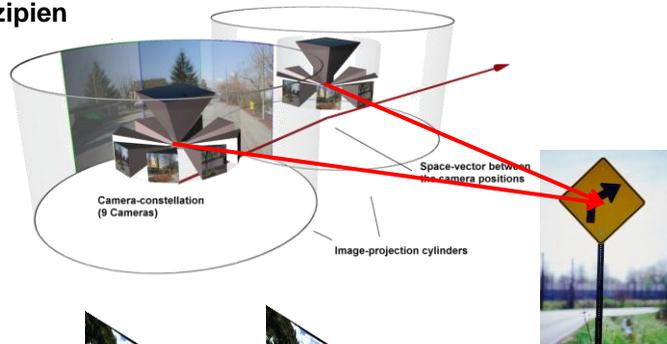


© 2011 FHNW / IVGI

3D-Mess- und Auswerteprinzipien

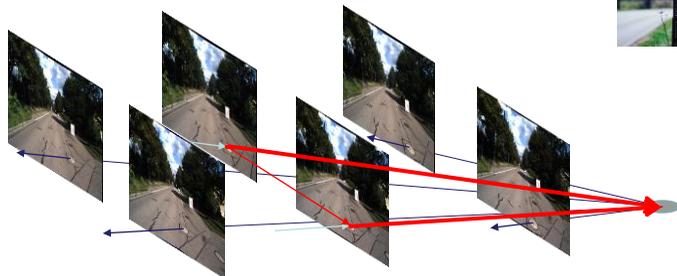
Mono- und Panoramaaufnahmen

- monoskopische Einzelbildmessung über mehrere Epochen



Stereoaufnahmen

- stereoskopische Aufnahmen in Stereopaaren od. Stereosequenzen



Inhalt

Messsensorik – Zielsetzung und Übersicht

Bildsensorik

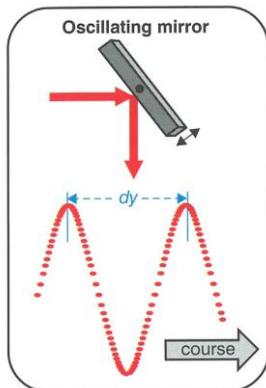
Laserscanning

Radar

Fazit & Ausblick

Laserscanning – Scanmechanismus / Scanmuster

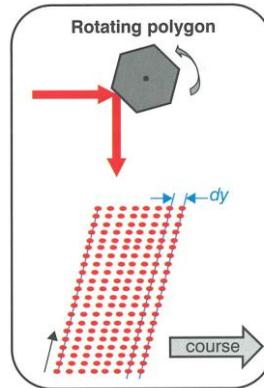
Schwenkspiegel



Quelle: Vosselman & Maas (2010)

© 2011 FHNW / IVGI

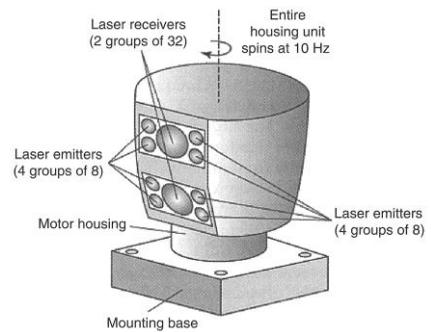
Rotationsscanner



4. Hamburger Anwenderforum TLS, HCU, 23.06.11

Multi-beam Scanner

z.B. Velodyne HDL-64E
mit 64 rotierenden Beams



Quelle: Shan & Toth (2010)

15

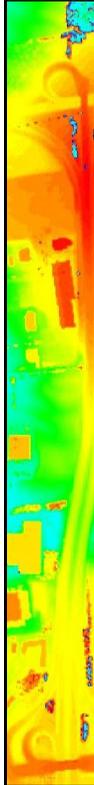
Multi-Beam Scanner (HDL-64E) – Echtzeitvisualisierung der 3D-Punktwolke



© 2011 FHNW / IVGI

4. Hamburger Anwenderforum TLS, HCU, 23.06.11

16



Airborne LiDAR Systems



Airborne System	Mode	Scan Freq. [Hz]	Pulse Freq. [kHz]	Scanning Angle [°]	Beam Diverg. [mrad]	Pulse Energy [μJ]	Range Resolution [cm]	Pulse Length [ns]	Digitizer [ns]
Optech 2033	Oscillating	0-70	33	±20	0.2/1.0	N/A	1.0	8.0	N/A
Optech 3100	Oscillating	0-70	33-100	±25	0.3/0.8	<200	1.0	8.0	1
Optech Gemini	Oscillating	0-70	167	±25	0.15/0.25/0.8	<200	3.0	7.0	1
Optech Orion	Oscillating	0-100	167	±25	0.25	<200	2.0	7.0	N/A
Pegasus	Oscillating	0-140	400	±32.5	0.2	N/A	2.0	N/A	1
TopEye MkII	Conic	35	5-50	14,20	1.0	N/A	<1.0	4.0	0.5
TopoSys I	Line	653	83	±7.15	1.0	N/A	6.0	5.0	N/A
TopoSys II Falcon	Line	653	83	±7.15	1.0	N/A	2.0	5.0	1
Trimble Harrier	Rotating polygon	160	160	±30	0.5	N/A	2.0	4.0	1
Leica ALS50	Oscillating	25-70	83	±37.5	0.33	N/A	N/A	10	N/A
Leica ALS50-II	Oscillating	35-90	150	±37.5	0.22	N/A	N/A	10	1
Leica ALS60	Oscillating	0-100	200	±37.5	0.22	N/A	3.0-4.0	5.0	1
Riegl LMS-Q560	Line	160	240	±30.0	0.3	8	2.0	4.0	1
Riegl LMS-Q680i	Line	200	266	±30.0	0.5	8	2.0	4.0	1



Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

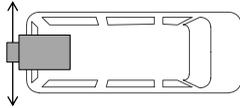
Mobile Laserscanner (Auswahl)

Mobile System	Range Meas. Principle	Scan Freq. [Hz]	Meas. Rate [kHz]	Scan Angle (FOV) [°]	Beam Diverg. [mrad]	Range Resol. [cm]	Range Accuracy [cm]	Range Limits [m]	Intensity Recording [bits]
Leica HDS6200	phase / rotating		1016	310	0.22	0.01	0.1	0.4-79	12
Optech Lynx	2 x pulse / rotating	150	100	360	N/A	0.7	N/A	100	N/A
Riegl VQ-180	pulse / multif. mirror	120	83	100	0.3	1.0	1.5	1.5-90/150	16
Riegl VQ-250	pulse / rotating	100	300	360	0.3	0.5	1.0	1.5-75/200	16
SICK LMS291	pulse / rotating mirror	75	13.6	180			1.0-4.5		Limited
Z+F	phase / rotating mirror		1016	310	0.22	0.01	0.1	0.4-79	24

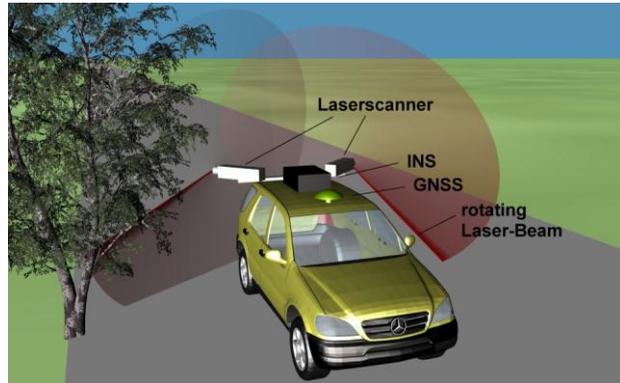
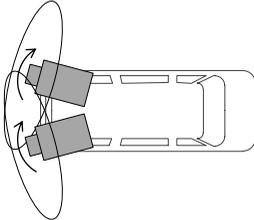
Laserscanning – Konfigurationen

Abhängig von Aufgabenstellung / Einsatzspektrum

- Single-Scanner / Profilerfassung



- Multi-Scanner / verschwenkt



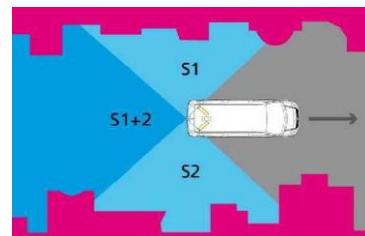
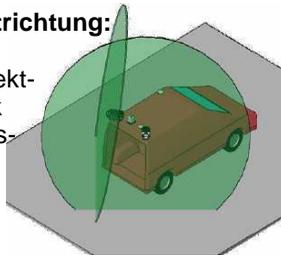
Anordnung der 2 Lasersensoren



www.TopScan.de
info@TopScan.de

Ausrichtung diagonal zur Fahrtrichtung:

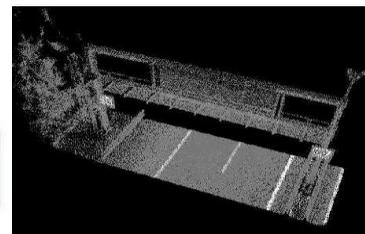
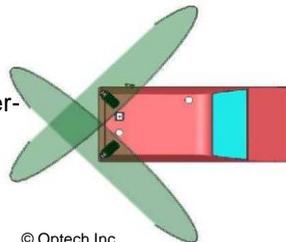
- => zweifache Erfassung des Objektraumes im Vor- und Rückblick
- => Vermeidung von Abschattungs-bereichen
- => redundante Erfassung gut definierter Objekte ermöglichen Qualitätskontrolle und -steigerung



Erfassungsbereiche der Scanner 1 und 2

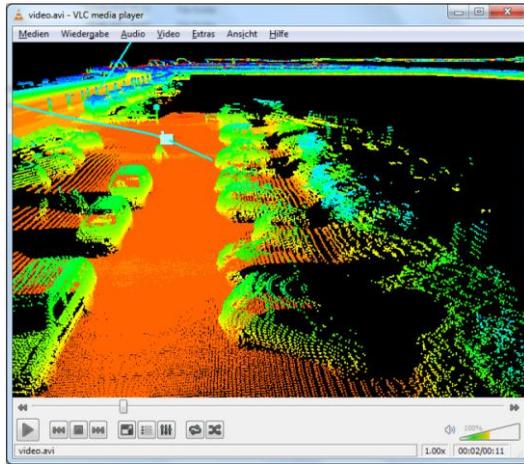
Neigung gegen Vertikale:

- => ermöglicht Erfassung von unterfahrenen Vertikalebene
z.B. Schilderbrücke



Vollständige Erfassung einer Schilderbrücke

Laserscanning – Profilscanning / Single Scanner



Mobile Mapping System der FHNW mit Profils Scanner SICK LMS291

Laserscanner – Multi-Scanner-Systeme



Optech Lynx (TopScan GmbH)



Riegl VMX-250

Inhalt

Messsensorik – Zielsetzung und Übersicht

Bildsensorik

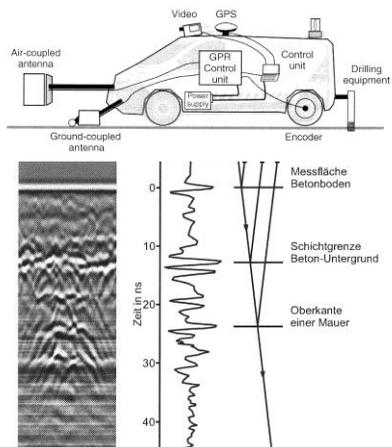
Laserscanning

Radar

Fazit & Ausblick

Bodenradar / Ground Penetrating Radar (GPR)

➤ Aktives Verfahren / mikrowellenbasiert / direkte Distanzmessung



Quelle: Jol (2009) & Leckebusch (2001)



Quelle: Youtube / Subtechnics

Fazit – Gegenüberstellung Bild vs. Scanner

Bildsensorik

- + Produkt Bild
 - + einfache Interpretation
 - + Überlagerung mit best. Daten
- + Mehrfachmessung möglich
- + kostengünstige Sensorik
- + automatische / 'etablierte' Informationsextraktion
- Datenraten und -mengen
- Umgebungslicht erforderlich
- Bildbewegung, v.a. bei Betrachtung quer zur Fahrtrichtung

Laserscanner

- + direkte / robuste 3D-Punktbestimmung
- + Punkt muss nur 1 x beobachtbar sein
- + liefert direkt 3D (-Modell)
- + Tag- und Nachteinsatz
- tlw. schwierige Interpretierbarkeit (v.a. im Nachbereich)
- Identifikation / Extraktion von diskreten Punkten & Kanten schwierig
- 'keine' integrierte Georeferenzierung

© 2011 FHNW / IVGI

Fazit & Ausblick

Breites Spektrum an Anforderungen

- erfordert unterschiedliche (Kombinationen von) Messsensoren

Neue vision-basierte Auswertansätze → Revival von Bildsensoren

- Multiray Photogrammetry Meets Advanced LiDAR (Motto PhoWo 2011)

Range Imaging (RIM) als (Mobile) Sensorik der Zukunft?



Xbox Kinect
Low-cost Range Imaging Sensor auf Triangulationsbasis

Erste Outdoor-Experimente ...

© 2011 FHNW / IVGI

4. Hamburger Anwenderforum TLS, HCU, 23.06.11

26

Herzliche Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Fragen ?



Kontakt
stephan.nebiker@fhnw.ch

Literatur

Brown, D.C., 1971. Close-range camera calibration. *Photogrammetric Engineering*, 37(8): 855-866.

Luhmann, T. (2009). Erweiterte Verfahren zur geometrischen Kamerakalibrierung in der Nahbereichsphotogrammetrie. Habilitation Thesis, Technische Universität Dresden, 159 pp.

Luhmann, T. (2010). *Nahbereichsphotogrammetrie Grundlagen, Methoden und Anwendungen*. Wichmann, Berlin, 668 S. pp.

Shan, J. and Toth, C.K. (Editors) (2009). *Topographic laser ranging and scanning principles and processing*. CRC Press, Boca Raton, 590 pp.

Tsai, R. (1987). A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses. *Robotics and Automation, IEEE Journal of*, 3(4): 323-344.

Vosselman, G. and Maas, H.-G. (Editors) (2010). *Airborne and terrestrial laser scanning*. Whittles, Dunbeath, 318 S. pp.