

Integration, Fusion und Kombination von terrestrischen Laserscannerdaten und digitalen Bildern

Heinz-Jürgen Przybilla¹, Thomas Kersten², Maren Lindstaedt²



Gliederung

- Einführung
- Systemüberblick – Laserscanner und digitale Kamera
- Laserscanner & Kamera
- Kombinierte Auswertung (Punktwolke und Bilddaten)
- Neue Entwicklungen
- Schlussfolgerungen und Ausblick

Einführung

- Terrestrische Laserscanner seit 10 Jahren im Markt (3D-Messtechnik)
- Konkurrenz oder Ergänzung zur Tachymetrie und Photogrammetrie
- Messverfahren: Impulslaufzeit, Phasendifferenz und Triangulation
- Anwendungsgebiete: As-Built-Dokumentation von Industrieanlagen, Architektur, Denkmalpflege, Archäologie, Topographie, u.v.m.)
- Entwicklung: Instrumente mit geod. Eigenschaften und digitalen Bilddaten
- Problem: Datenmenge und Strukturierung der 3D-Punktwolke



Einführung

Scan & Bild

Messungen pro Punkt P_i :

1 Strecke s'_i

1 Horizontal-Winkel w_{1i}
und

1 Vertikal-Winkel w_{2i}



Objektpunkt:

Koordinaten $x y z +$

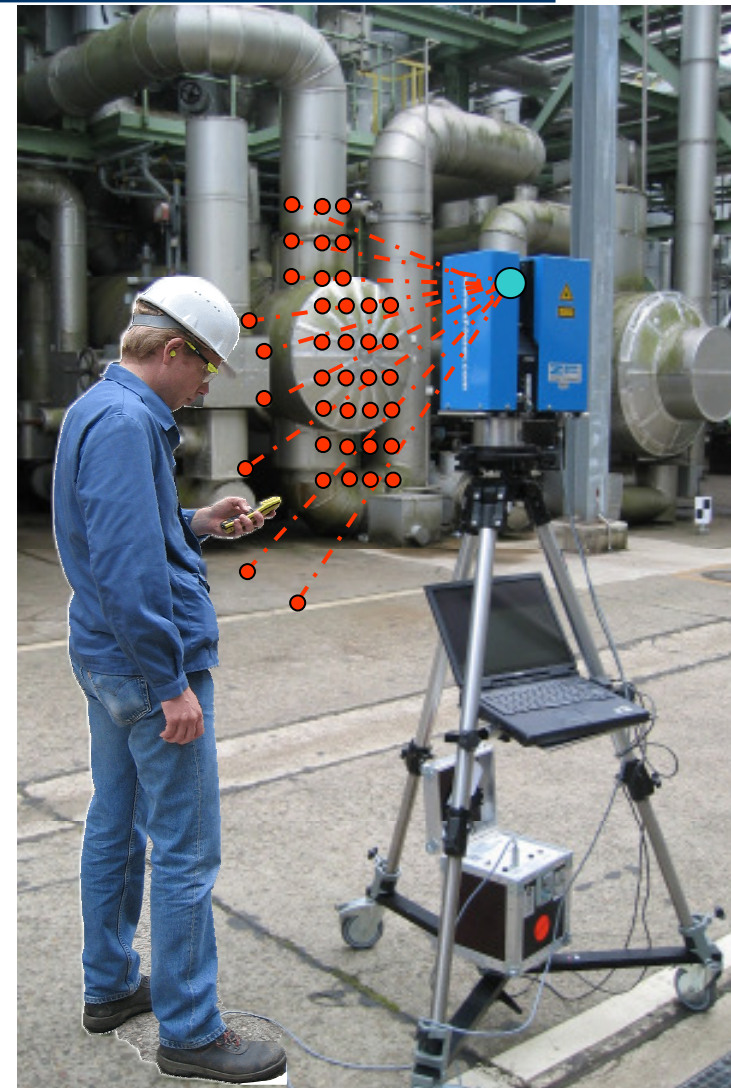
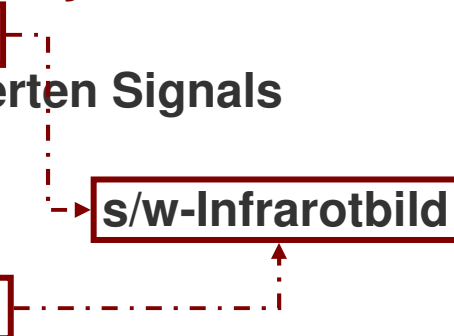
Intensität i

des reflektierten Signals



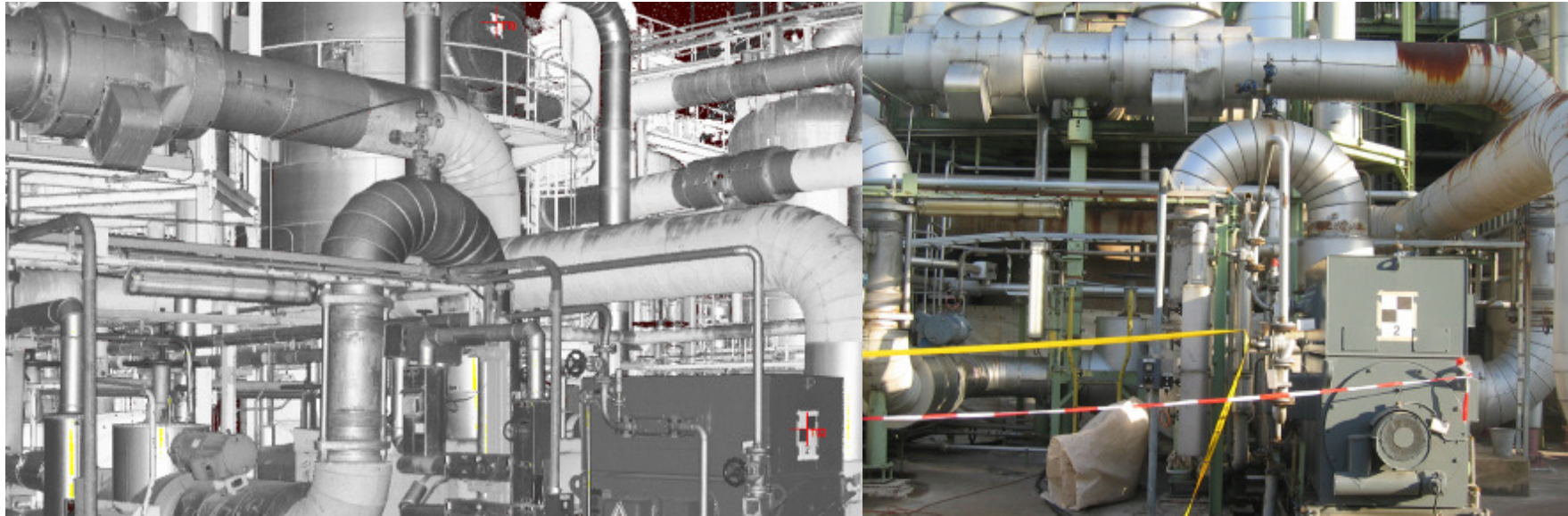
s/w-Infrarotbild

Punktraster



Einführung

Scan & Bild



Intensitätsbild = s/w Infrarotbild

- Geringer Kontrastumfang
- Keine Plastizität

Farbbild

- Farbinformation
- Hohe Auflösung

Einführung

- Intensitätsbild als Grauwertdarstellung
- Intensitätsbild farbig
- RGB-eingefärbte Punktwolke

- Farbbild



Einführung

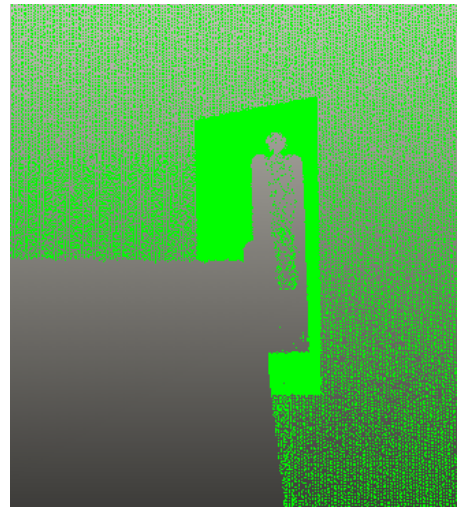
Begriffe

- Integration = Zusammenschluss, Vereinigung (beider Datensätze)
- Fusion = Vereinigung, Verschmelzung (beider Datensätze)

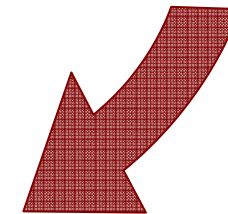
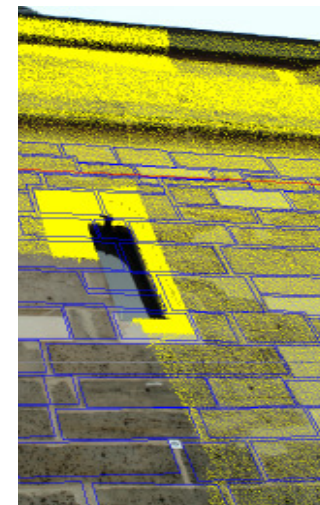
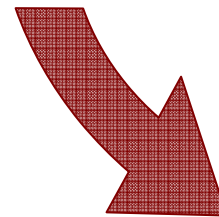


Einführung

Begriffe



- **Kombination =
Verbindung, Verknüpfung
(Erhalt beider Datensätze)**



Systemüberblick – Laserscanner und Kamera

Gerät	Kamera	Sensor	Auflösung [pixel]	Adaption am Scanner	Funktion
Trimble GS	Video	F	768 * 576	I	IP / RGB
Leica HDS 2500	Video	F	480 * 480	I	IP
Leica HDS 3000	Video	F	1024 * 1024	I	IP / RGB
Optech ILRIS-3D	CMOS-Sensor	F	3000 * 2000	I und E	IP / RGB
CALLIDUS CP 3200	Video	F	460 TV Linien	I	IP
FARO LS 880HE	Nikon D 70	F	3008 * 2000	A	IP / RGB
Riegls LSM-Z Serie	Nikon D100 Canon EOS 1Ds Mark II	F F	3008 * 2000 4992 * 3328	A (I)	IP / RGB / PSP
Z&F Imager 5003(*) Imager 5006	KST EyeSCAN M3 Spheron HDR Canon EOS 350D	L L F	10200 5400 3450 * 2300	E	IP / RGB

F – Flächensensor
L – Liniensensor

I – integriert
A – adaptiert
E – extern

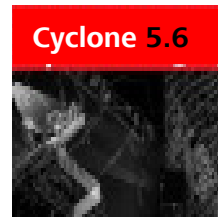
IP – Interpretation
RGB – farbige Punktwolke
PSP – Photogr. Sekundärprodukte

Systemüberblick – Laserscanner und Kamera

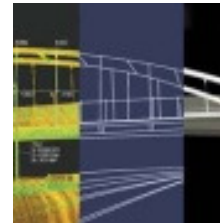
Software der Systemhersteller



3D-Extractor
Callidus Precision
Systems



Cyclone 5.6
Cyclone
Leica
Geosystems



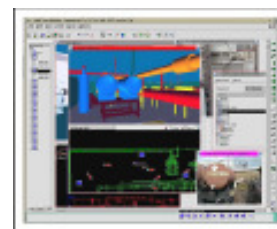
CloudWorks
Leica Geosystems

Operating & Preprocessing Software
RiSCAN PRO
for RIEGL 3D Laser Scanners

RiScan Pro
Riegl



Faro Scene
Faro



**Light Form
Modeler**
Zoller+Fröhlich



3Dipsos
Trimble



RealWorks
Trimble

Systemüberblick – Laserscanner und Kamera

Third-Party Software



rapidForm
InusTech



JRC Reconstructor.



Raindrop geomagic
Geomagic Inc.

Laserscanner & Kamera

Funktion der Kamera und des Bildes



Laserscanner & Kamera

- Integration: Kamera ist integraler Bestandteil des Scanners.
- Zusatz: Kamera wird als „add-on“-Element temporär mit dem Scanner verbunden.
- Freihand: Kamera wird parallel zum Scanner eingesetzt ohne jedoch in einer mechanischen Beziehung zu stehen.



&



Laserscanner & Kamera

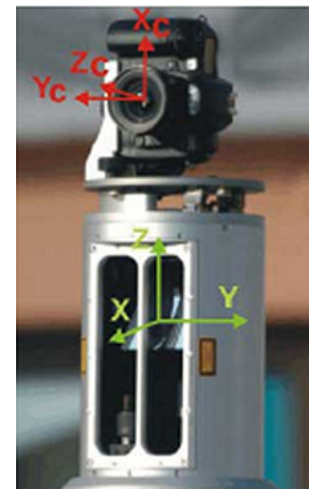
Konstruktionsprinzip der Kamera

- Die Kamera ist mit einem Flächensensor ausgestattet
- Die Kamera verfügt über einen Zeilensensor ⇒ Panoramakamera
- Informationen bzgl. der Metrik (Eigenschaften einer Messkamera, Kamerasystem ist kalibriert)
- Digitale Spiegelreflex- oder Consumer-Kameras?

Laserscanner & Kamera

Bildsensor: Digitale Flächensensoren

- Allgemeine Verfügbarkeit hoch auflösender Sensoren
1992: 1.5 Mpixel, 2006: 22 Mpixel, 2007:39 Mpixel
- Deutliche Preisreduktion, 1992: Preisfaktor 1, 2006: Preisfaktor 0.1
- Langjährige Erfahrung in der Modellierung der Sensoreigenschaften
- Allgemeine Verfügbarkeit photogrammetrischer Softwarepakete



Laserscanner & Kamera

Bildsensor: Digitale Liniensensoren

- Renaissance der Panoramakameras
- Extrem hohe Bildauflösungen (bis zu 1 Gigapixel)
- Geometrisches Kameramodell abweichend von dem des Flächensensors
⇒ Abbildung auf Zylinder
- (Extrem) lange Belichtungszeiten bei Messungen in Innenräumen
- Eingeschränkte Nutzung in der Praxis



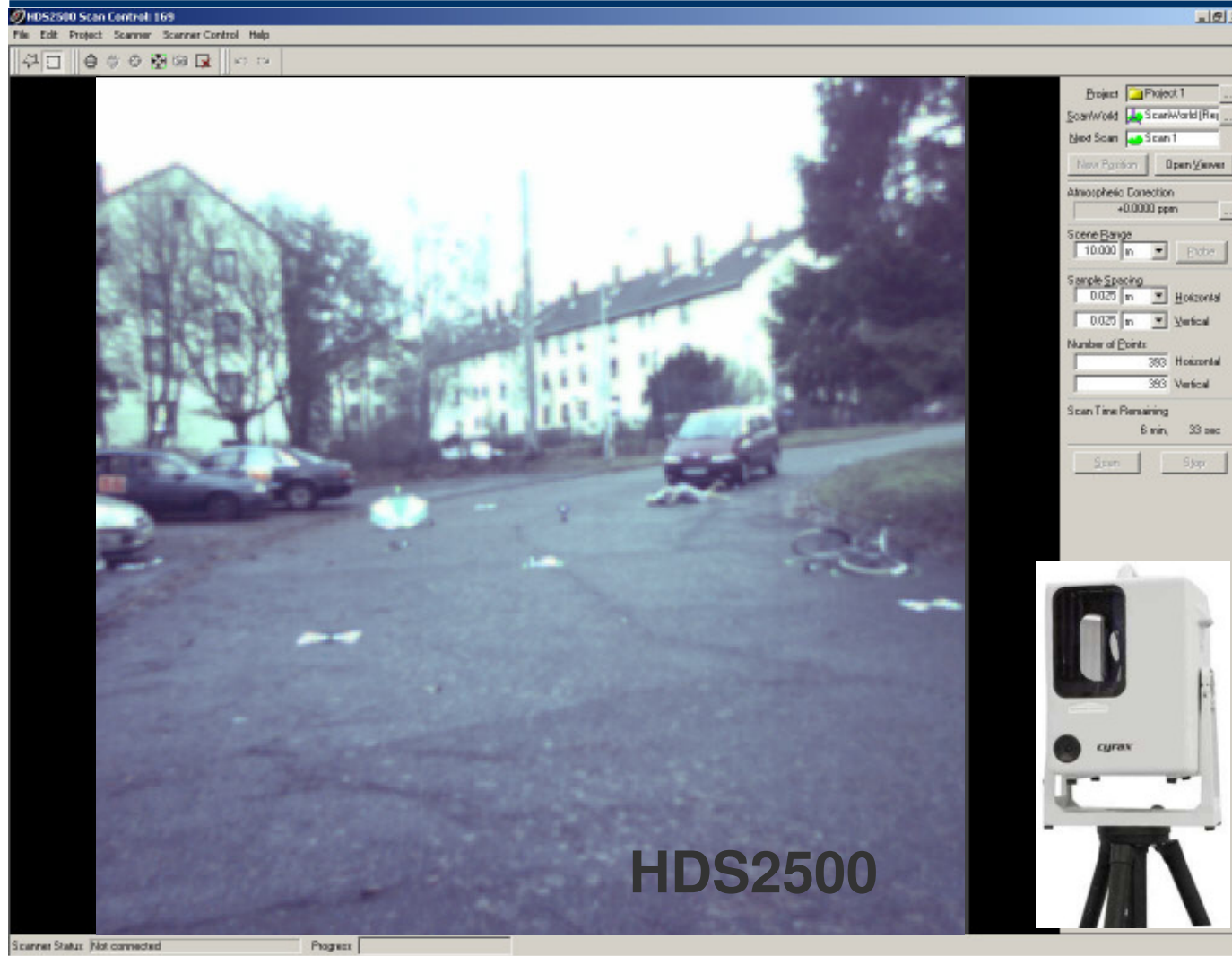
Laserscanner & Kamera

Digitalkamera als integraler Bestandteil

- Leistungsmäßig aufeinander abgestimmte Teilkomponenten eines Gesamtsystems.
- Die Kamera ist im Gehäuse des Scanners eingebaut.
- Unter einer einheitlichen Benutzeroberfläche sind Funktionalitäten im Betriebsablauf fest definiert.
- Die Metrik der Kamera ist i. a. bekannt.



Laserscanner & Kamera





Laserscanner & Kamera

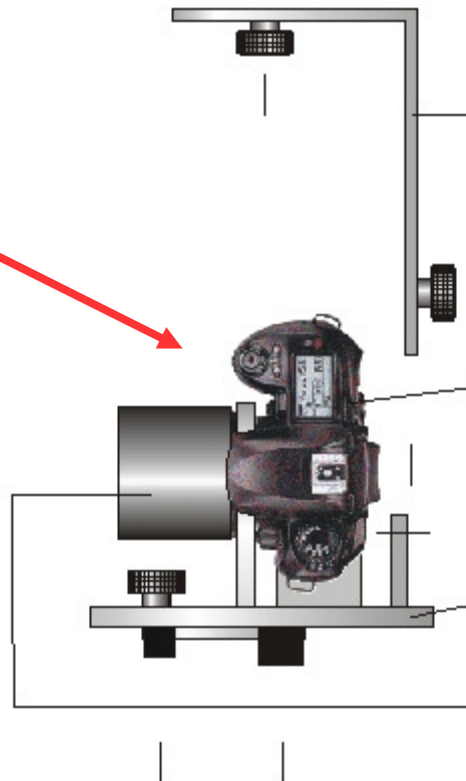
Digitalkamera als Scanner „add-on“

- Für (mindestens) die Dauer einer Scanning-Kampagne besteht eine mechanisch feste Beziehung zwischen den Teilsystemen.
- Scanner und insbesondere die Kamera sind auch als eigenständige Komponenten nutzbar.
- Durch den Austausch der Kamera bzw. von -komponenten kann auf spezielle Anforderungen an das digitale Bild flexibel reagiert werden.



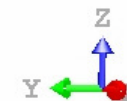
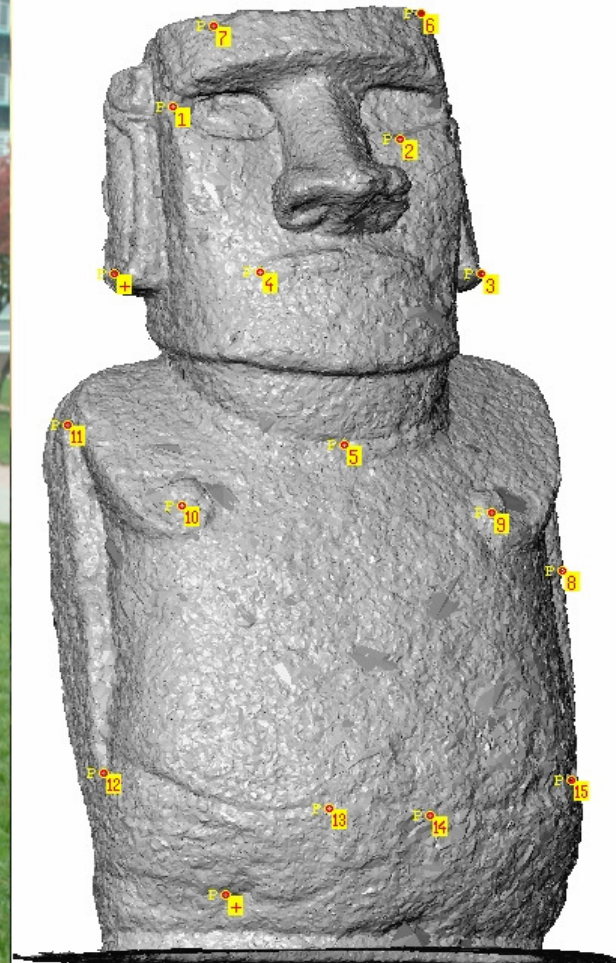
Laserscanner & Kamera

Digitalkamera als Scanner „add-on“: Beispiel Riegler LMS-Z Serie



Canon CMOS-Sensor
mit ca. 16,7 Mpixel

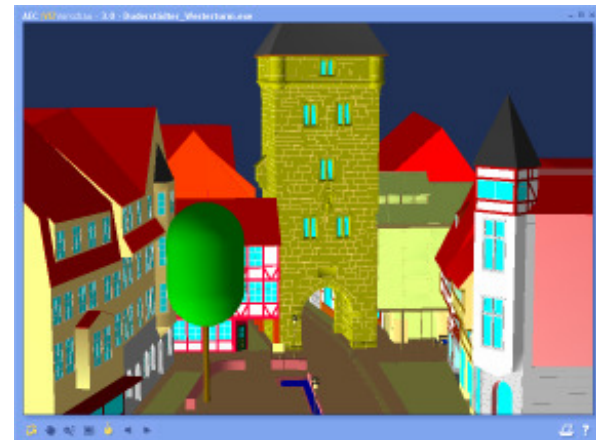
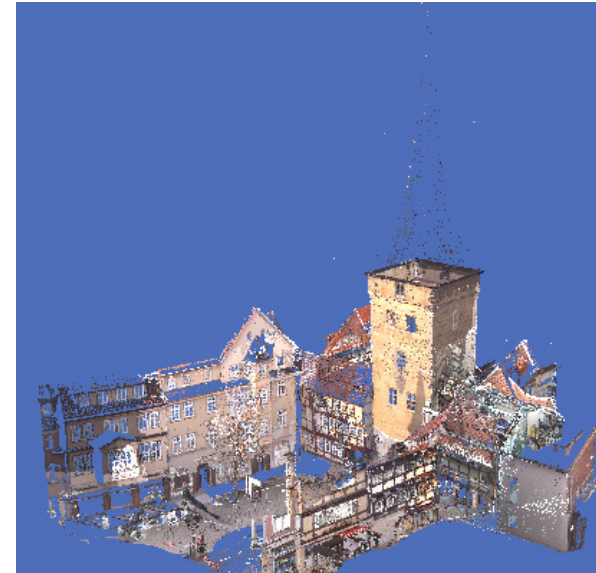
Laserscanner & Kamera



Kombinierte Auswertung

Ziele

- **Effizienz:**
Systemisch bedingte Nachteile einer Technologie durch die Vorteile der zweiten auszugleichen, um das Gesamtsystem leistungsfähiger zu gestalten.
- **Adaption von Verfahren:**
Auswerteverfahren der Photogrammetrie – die über langjährige Erfahrung in der automatisierten Massendatenverarbeitung verfügt – auf die Prozessierung von Punktwolken zu übertragen.



Kombinierte Auswertung

Datenqualität / Genauigkeit:

- Scannerdaten liefern homogene Genauigkeiten in allen 3 Koordinatenrichtungen.
- Bei photogrammetrischer Messung verschlechtert sich die Koordinatengenauigkeit in Aufnahme­richtung (Objekttiefe) mit dem Quadrat der Entfernung.

Georeferenzierung / Kalibrierung:

- Orientierung von Scanner- und Bilddaten mit Verfahren der Photogrammetrie (z. B. räumliche Blockausgleichung mit unabhängigen Modellen).
- Simultane Kalibrierung und Orientierung des hybriden Aufnahmesystems im Rahmen einer Bündelblockausgleichung.

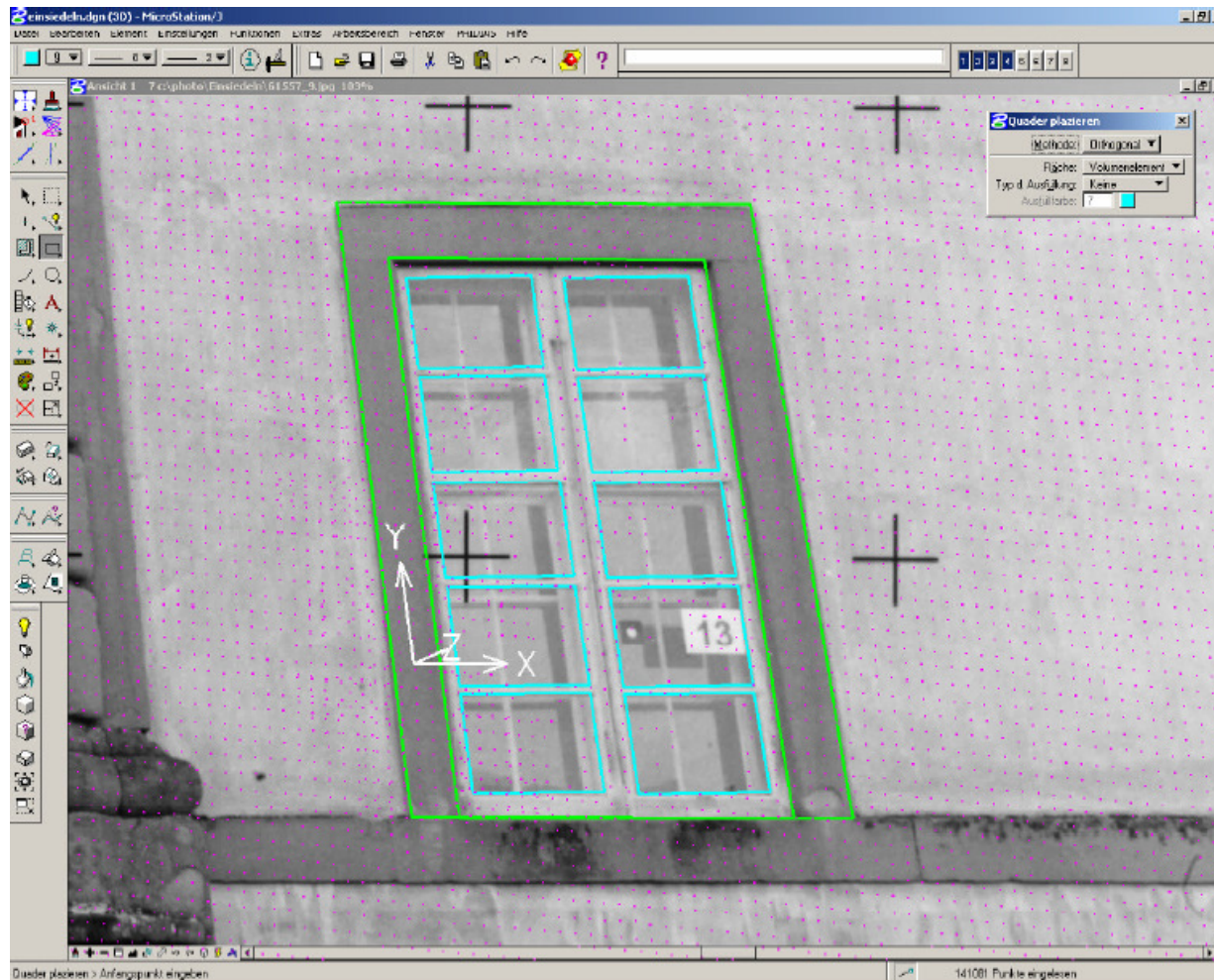
Kombinierte Auswertung

Objekterkennung:

- Das digitale Bild liefert Farbinformationen.
- Die Auflösung fotografischer Bilder ist (aktuell) höher als die scannender Systeme.
- Die (manuelle) Identifikation räumlicher Strukturelemente (Linien, Kanten, Einzelpunkte) ist im digitalen Bild deutlich einfacher bzw. kann durch entsprechend verfügbare Algorithmen auch (teil)-automatisiert durchgeführt werden.
- Das digitale Bild ermöglicht die Erfassung von Objekten, die auf Grund ihrer Oberflächenbeschaffenheit durch scannende Systeme nicht abgebildet werden können (z. B. Glas).

Kombinierte Auswertung

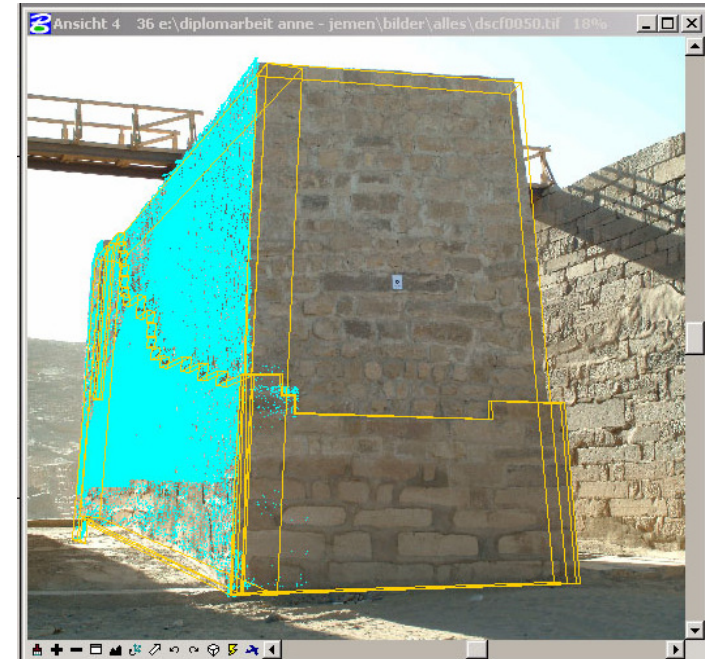
Monoplotting in PHIDIAS:



Kombinierte Auswertung

Auswertung / Ergebnisse:

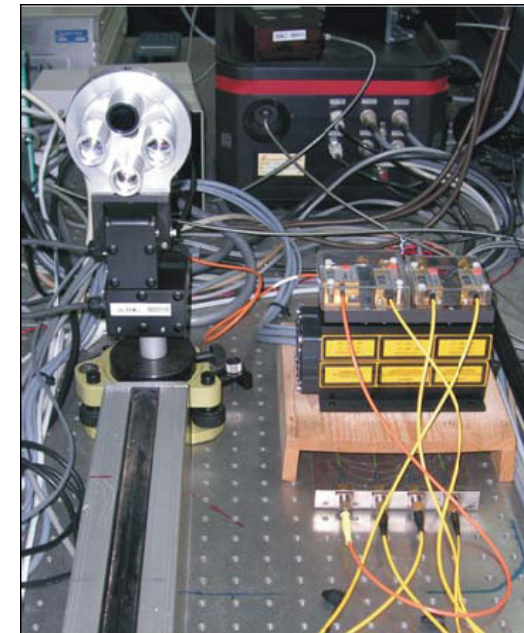
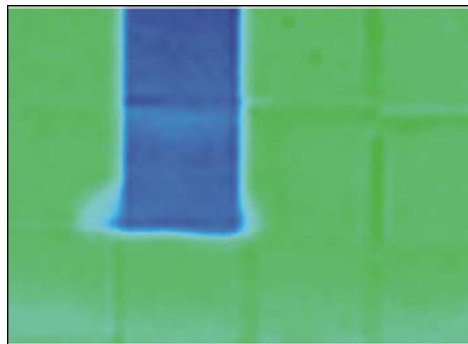
- Möglichkeit der Superimposition von Scanner- und Bilddaten.
- Möglichkeit der Superimposition ausgewerteter Objekte in den Bilddaten (Soll-Ist Vergleiche).
- Direkte Herstellung bildbasierender Endprodukte, z. B. georeferenzierte Panoramen, Orthophotos, Oberflächentexturen, virtuelle Räume, etc.



Neue Entwicklungen

Multi-Spektral Laserscanning

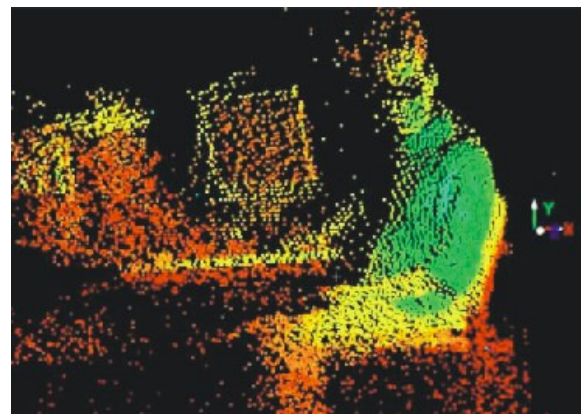
- Entwicklung an der Bundesanstalt für Materialforschung
- 4 Laserdioden mit unterschiedlichen Wellenlängen
- Berechnung von Vegetationsindex und Feuchtigkeitsindex direkt in der Steuerungssoftware und Ausgabe als Bild
- Anwendungen:
Untersuchung von Gebäudeschäden
im Bereich der Denkmalpflege



Neue Entwicklungen

Range Imaging Technologie

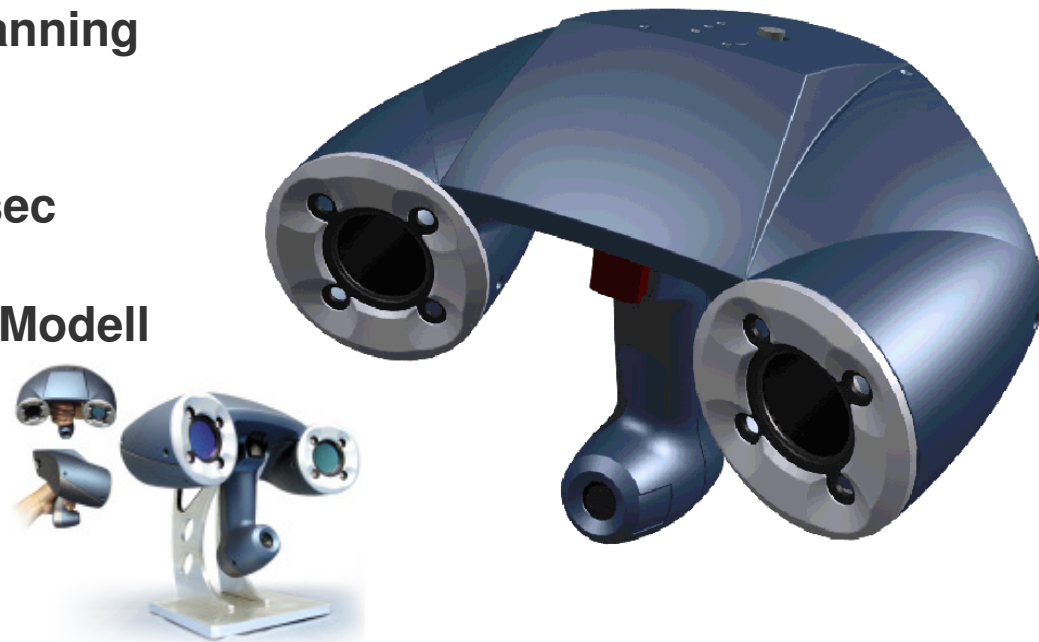
- SwissRanger SR-2 und SR-3000 von CSEM Zürich
- Sensor: CCD/CMOS Kombination (176 x 144 Pixel)
- Distanzmessung (Phasenvergleich) für jedes Pixel
- Eindeutigkeitsbereich bis 7,5m
- Ergebnis: Distanzbild / Punktwolke
- Anwendungen:
Automobilbau, Biometrik,
Robotik, Machine Vision



Neue Entwicklungen

HandyScan (Creaform)

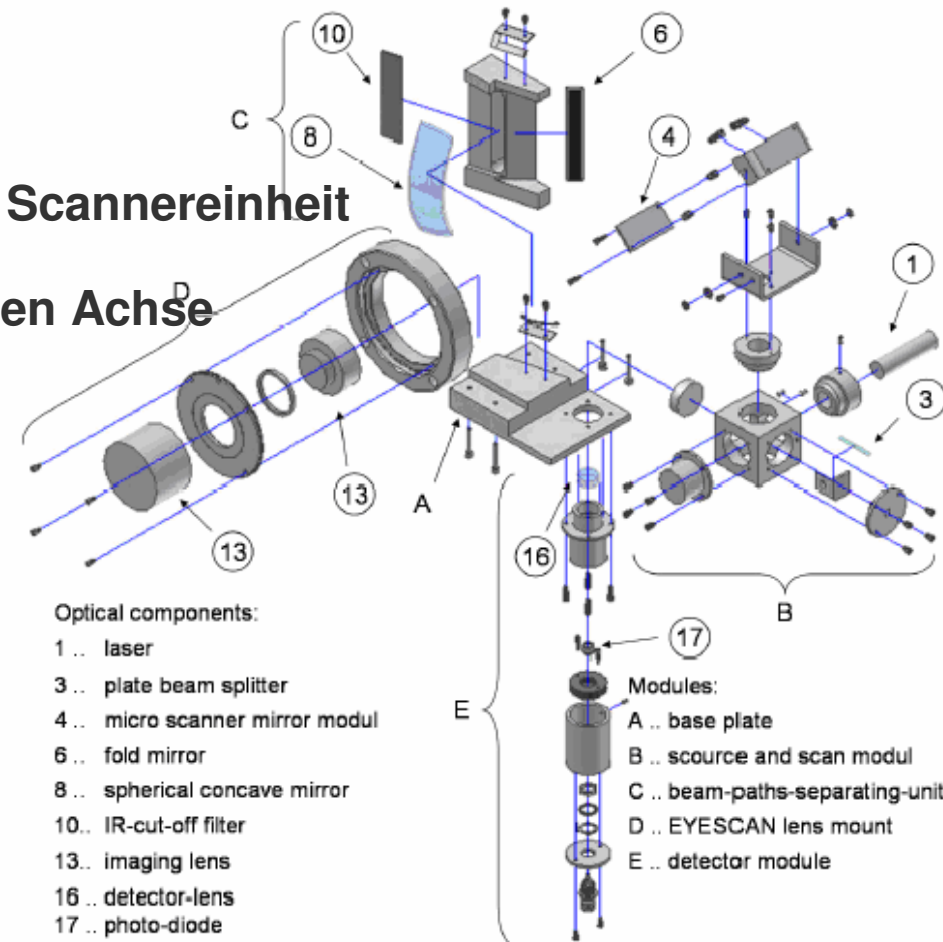
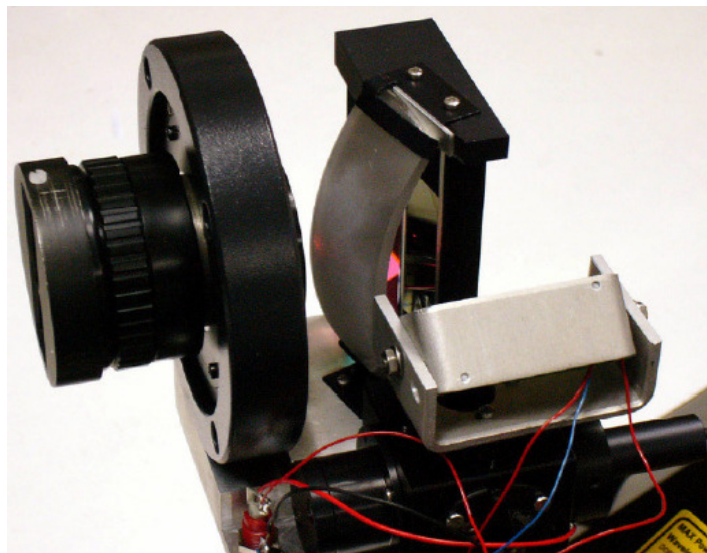
- Beispiel für Kombination Photogrammetrie / Scanning
- Freie und flexible Führung des Handgerätes
- Kontinuierliche Orientierung über Retrotargets am Objekt
- Objekterfassung durch Scanning (Triangulationsverfahren)
- Bis zu 16.000 Messungen/sec
- Ergebnis: Punktwolke / stl-Modell
- www.handyscan3D.com



Neue Entwicklungen

Laserscanner und Panoramakamera

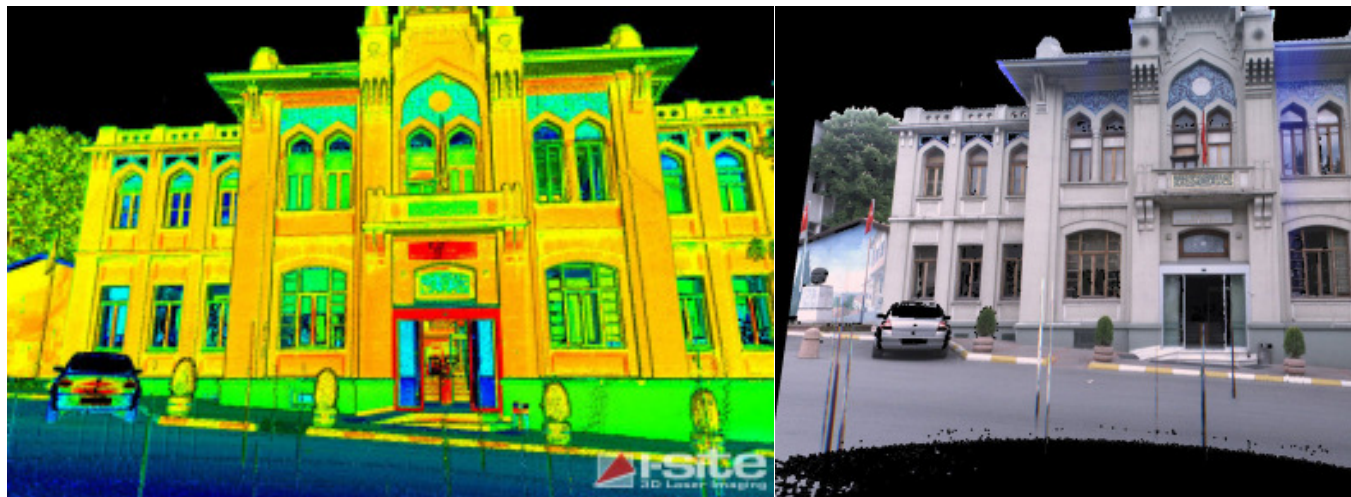
- Vorstellung eines Prototypen durch KST GmbH / TU Dresden
- Kombination Zeilensensor und Scannereinheit
- Verwendung derselben optischen Achse



Neue Entwicklungen

Laserscanner und Panoramakamera

- i-SiTE 4400 LR Impulslaufzeitsscanner mit Reichweite bis 700m
- Panoramakamera mit 37 Megapixel und Nikon 20mm Objektiv
- Automatische Einfärbung der Punktwolken
- Beleuchtungssystem für Arbeiten unter Tage



Schlussfolgerungen

- Das Messsystem Scanner/Kamera befindet sich – technisch realisiert von verschiedenen Herstellern – auf dem Markt.
- Bei den Gerätesystemen handelt es sich jedoch vorrangig um 3D-Scanner.
- Der Stellenwert der digitalen Kameras ist eher (noch) gering.
- Die Qualität aktueller Bildsensoren hat bisher wenig Einzug in die Systeme gehalten.
- Die erkennbaren Defizite der klassischen Auswerteprogramme für 3D-Punktwolken setzen sich im Bereich Bildauswertung fort.
- Programmsysteme, die eine kombinierte Auswertung ermöglichen, sind rar.
- Funktionalitäten – insbesondere im Hinblick auf Automatisierung – sind noch eingeschränkt.

Ausblick

Anforderungen für Fusionsverfahren

- Kundenspezifische Kombination von Laserscanner und hoch auflösender Digitalkameras (Integration, Adaption oder Freihand)
- Anwenderfreundliche Möglichkeiten der Systemkalibrierung mit Kompensation systematischer Fehler.
- Simultane Registrierung und Georeferenzierung von 3D-Punktwolke und digitalen Bildern (bevorzugt Freihand-Aufnahmen) durch effiziente Matching-Verfahren.
- 3D-Punktwolken mit Farbinformationen (inkl. interne Farbanpassung aufgrund unterschiedlicher Beleuchtungsverhältnisse) für automatisierte Auswerteverfahren.
- Software für kombinierte Auswertung von 3D-Punktwolken und digitalen Bilddaten (Monoplotting).

Ausblick

- **Kombination von Impulslaufzeit- und Phasendifferenzverfahren = universales Messinstrument (siehe Callidus)**
- **Laserscanner mit geodätischen Eigenschaften (inkl. GPS) und Kamera**
- **Günstigere Systeme (Hardware/Software)**
- **Zunehmende Automation in der Auswertung**
- **Marktakzeptanz durch erfolgreiche Projekte**