

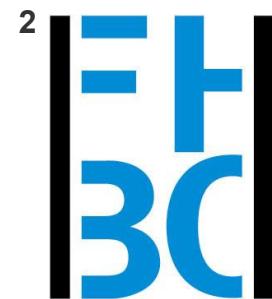


# Integration, Fusion und Kombination von terrestrischen Laserscannerdaten und digitalen Bildern

Thomas Kersten<sup>1</sup>, Heinz-Jürgen Przybilla<sup>2</sup>, Maren Lindstaedt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HCU

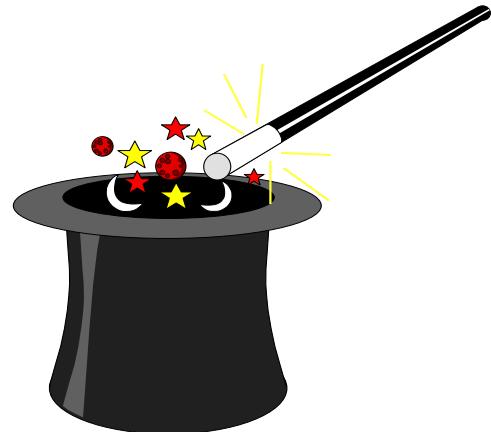
HafenCity Universität  
Hamburg



FACHHOCHSCHULE BOCHUM  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# Inhalt der Präsentation

- 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-Documentation 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  $x \ y \ z$  +

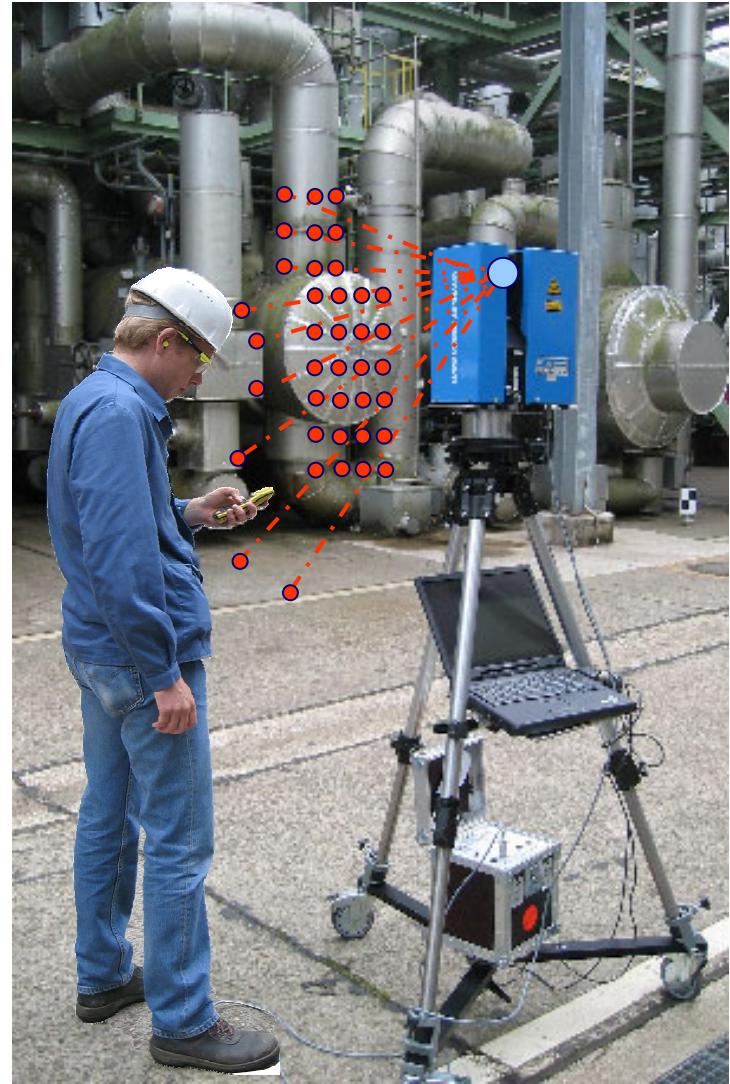
Intensität  $i$  -

des reflektierten Signals



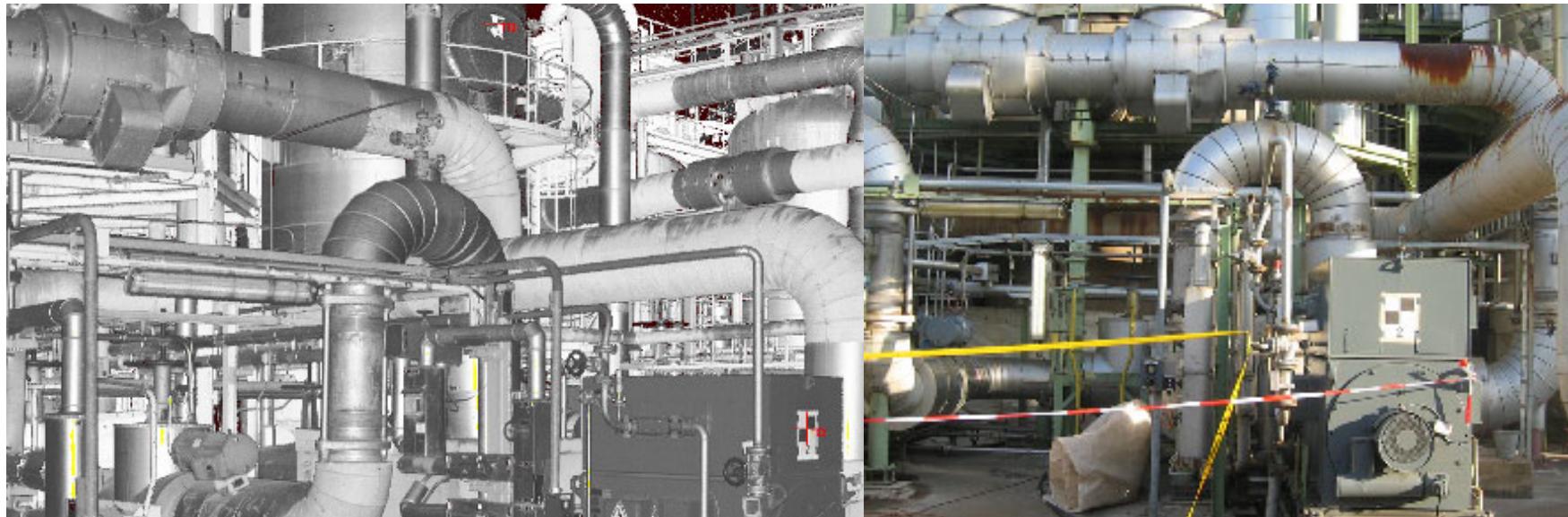
→ s/w-Infrarotbild

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 (Fuji S2)



# Einführung

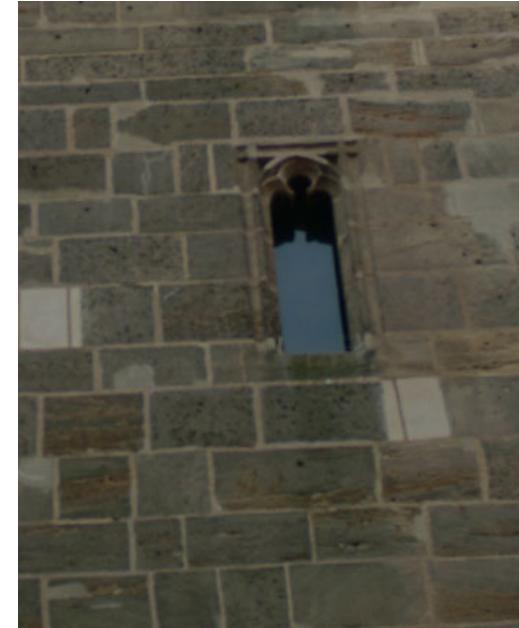
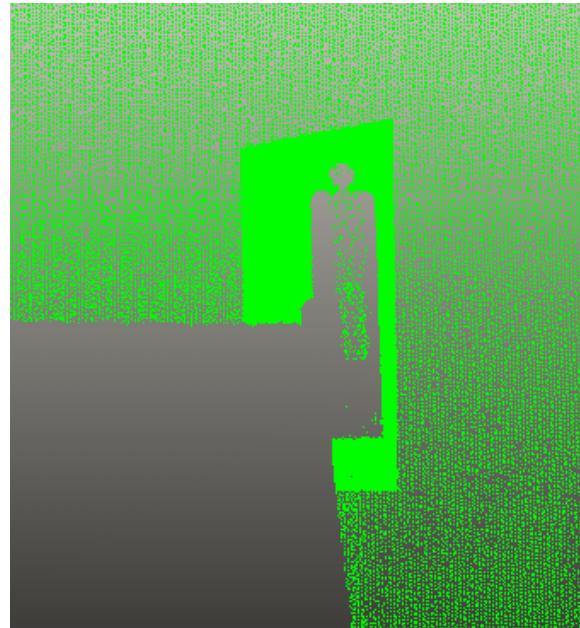
## Begriffe

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

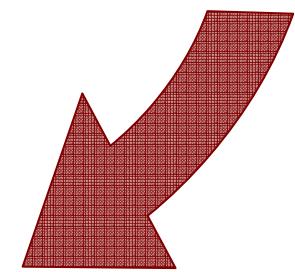
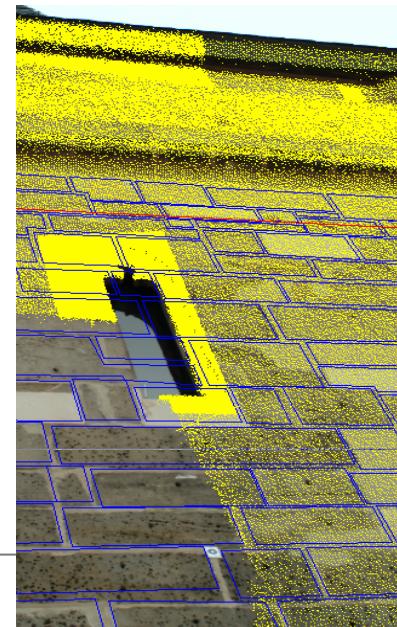
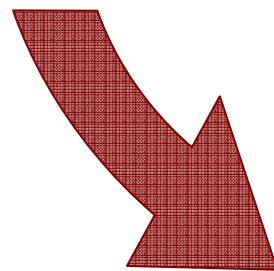


# Einführung

## 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
Riegl 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

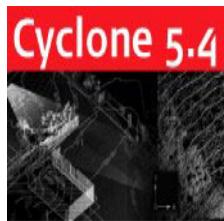
(\*) kein Marktprodukt – prototypische Installation

# Systemüberblick – Laserscanner und Kamera

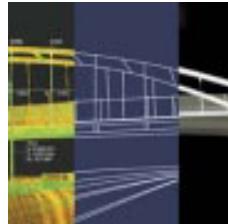
## Software der Systemhersteller



3D-Extractor  
Callidus Precision  
Systems



Cyclone  
Leica  
Geosystems



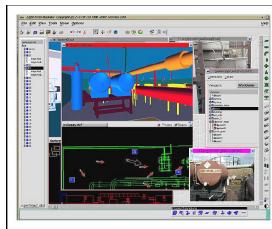
CloudWorks  
Leica Geosystems

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

RiScan Pro  
Riegl



Faro Scene  
Faro



Light Form  
Modeler  
Zoller+Fröhlich



3Dipsos  
Trimble



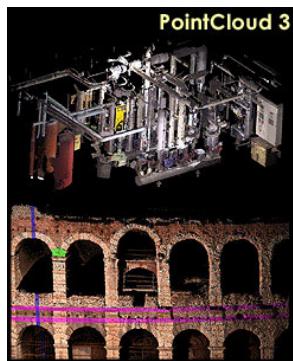
RealWorks  
Trimble

# Systemüberblick – Laserscanner und Kamera

## Third-Party Software



rapidForm  
InusTech



JRC Reconstructor.



Raindrop geomagic  
Geomagic Inc.

# Laserscanner & Kamera

## Funktion der Kamera und des Bildes

- System-Steuerung: Orientierungshilfe beim Scanning zwecks Definition von Scan-Bereichen
- Interpretation: Verbesserung der Interpretation der Punktwolken über zugeordnete Farbinformationen
- Auswertung: Zur gesicherten Objektidentifikation im Rahmen einer Auswertung (z. B. bei der Zuweisung von Primitiven)
- Texture Mapping: Projektion von Bildinformationen als Textur auf vermaschte Objektoberflächen

# 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 Zeilensor  $\Rightarrow$  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
- 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.



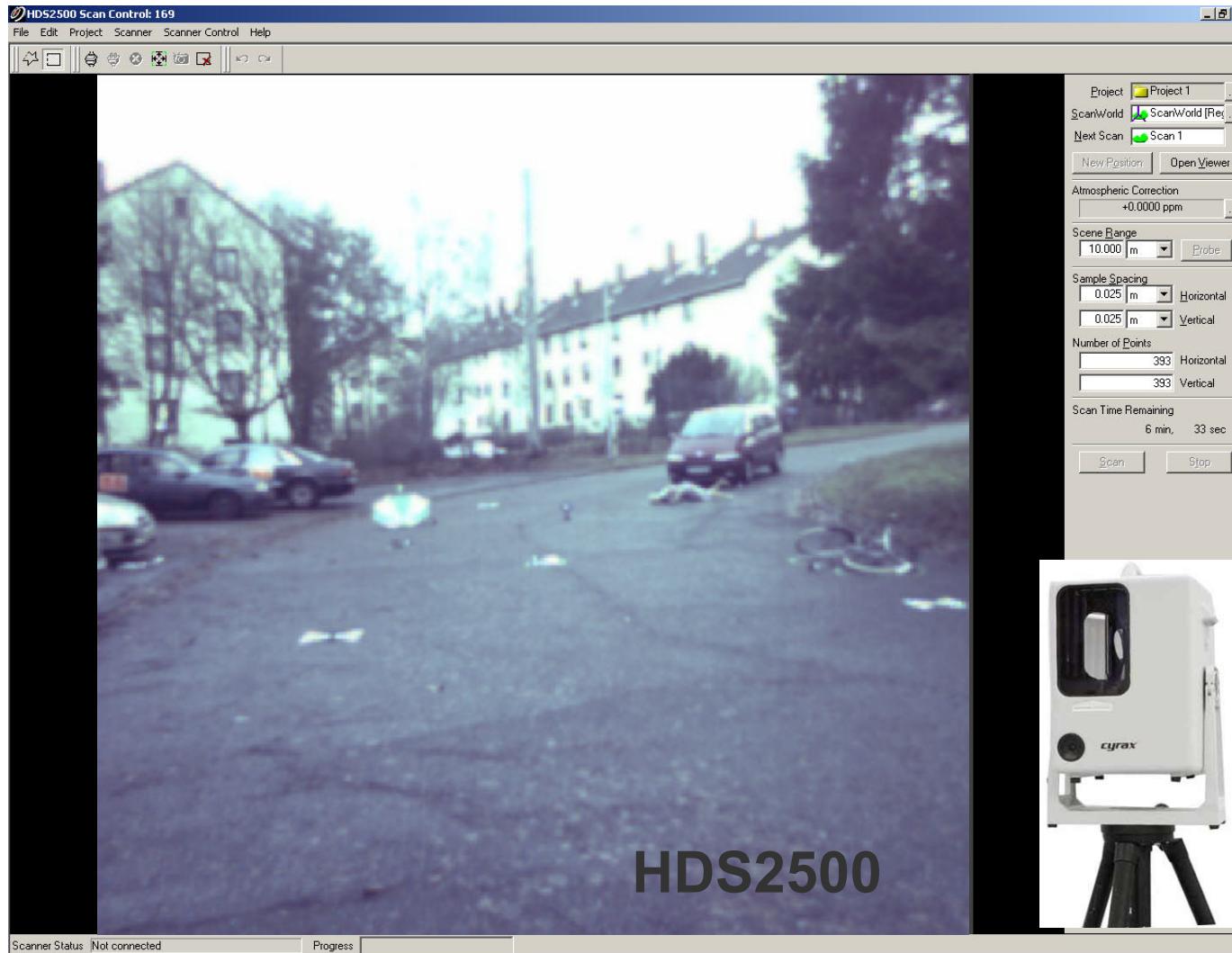
# Laserscanner & Kamera

## Digitalkamera als integraler Bestandteil

- Geringe Auflösung der integrierten Kamera.



# Laserscanner & Kamera



HDS2500



# Laserscanner & Kamera

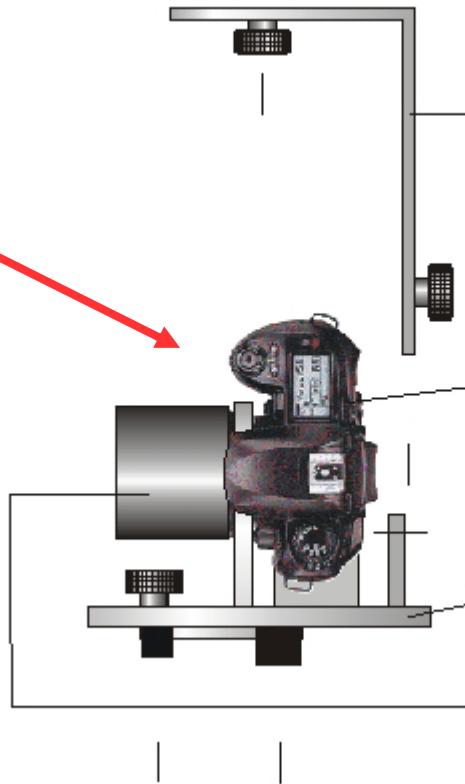
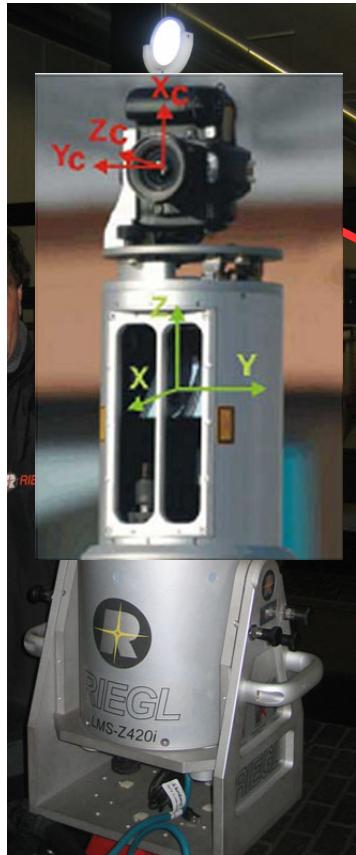
## Digitalkamera als Scanner „add-on“

- 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 Riegl LMS-Z Serie

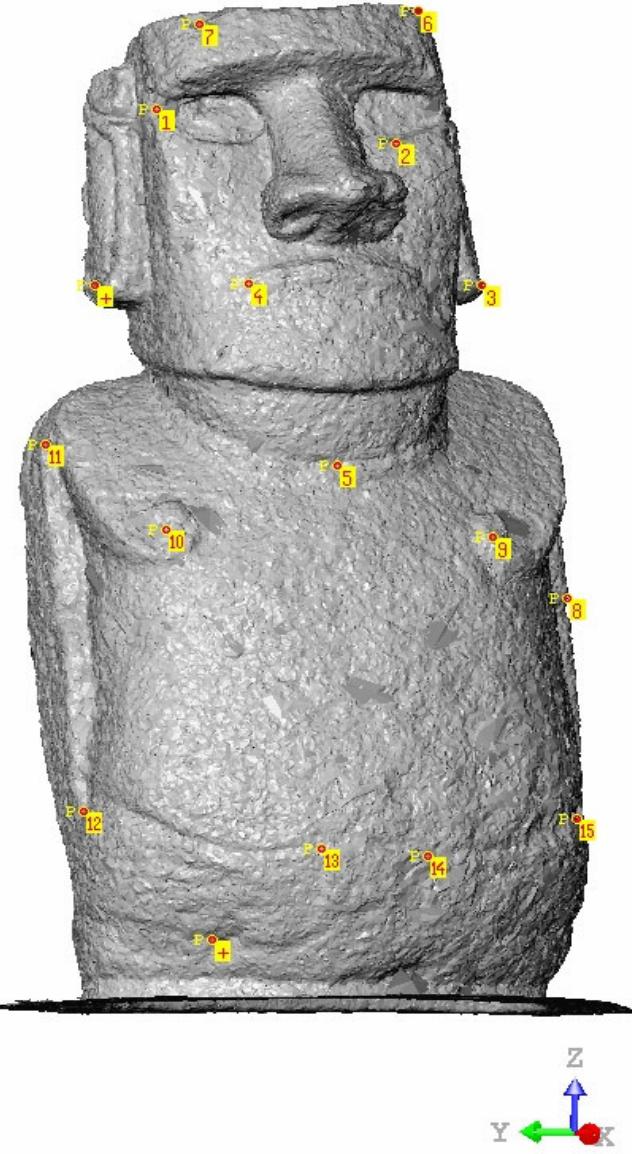
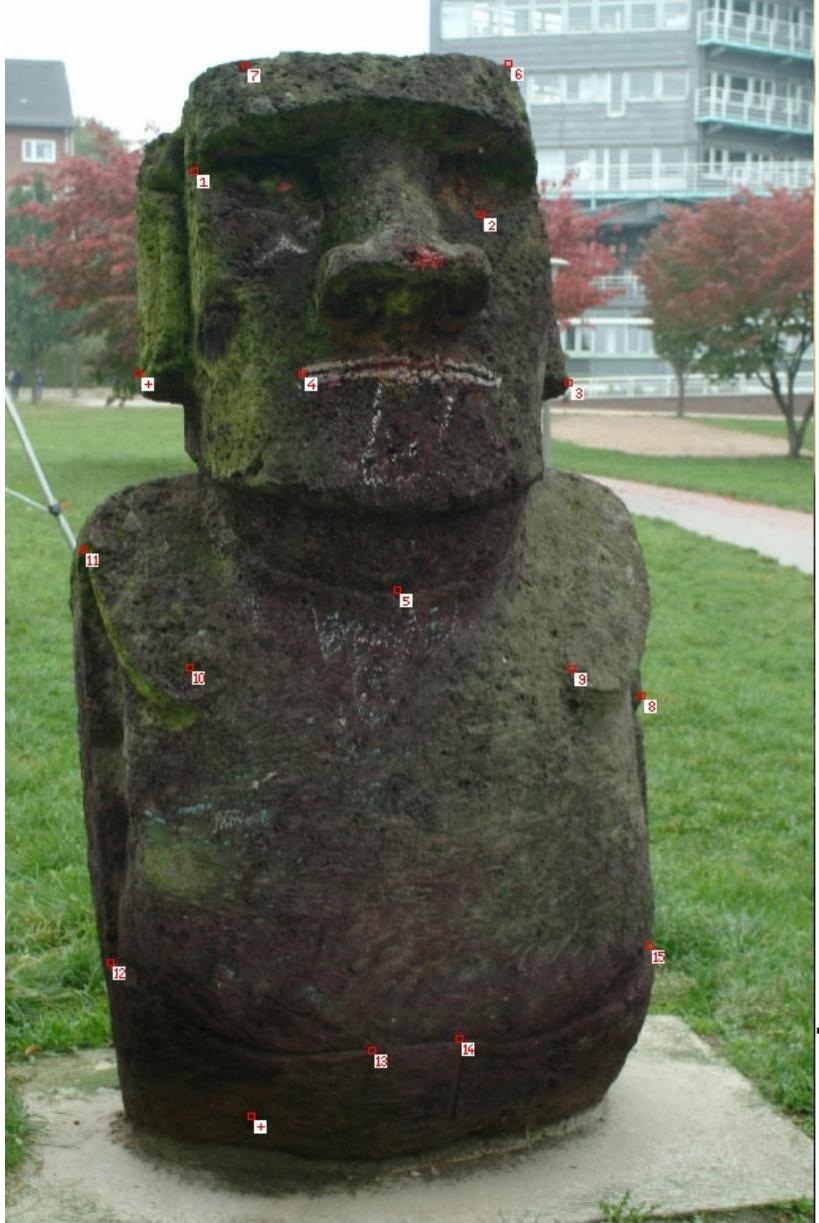


Canon CMOS-Sensor  
mit ca. 16,7 Mpixel

# Laserscanner & Kamera

## Digitalkamera als unabhängiger, separater Bestandteil

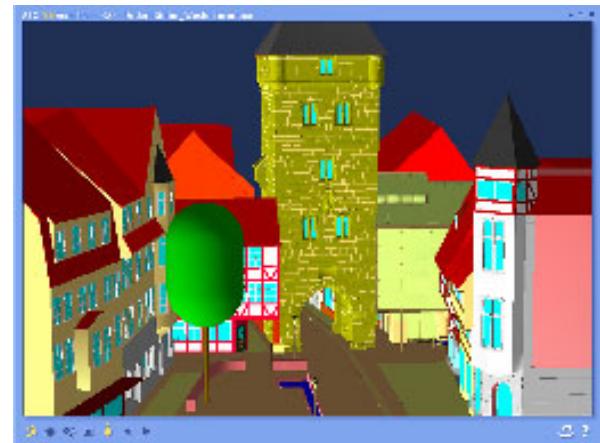
- **Flexibler Einsatz der Kamera während des Scannings**
- **Einzelbilder oder Mehrbildverband**  
→ photogrammetrische Auswertung
- **Registrierung von digitalen Bildern und Punktfolge durch**
  - Manuelles Matching von Farbild und Dreiecksvermaschung
  - Automatisches Matching von Intensitätsbild und Farbbild
  - Extraktion von linienhaften Elementen im Distanzbild und im Farbbild (Haala & Alshawabkeh 2006)



# 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, siehe Düppe & Klein 2005).
- Simultane Kalibrierung und Orientierung des hybriden Aufnahmesystems im Rahmen einer Bündelblockausgleichung, siehe Amiri Parian & Grün 2005.

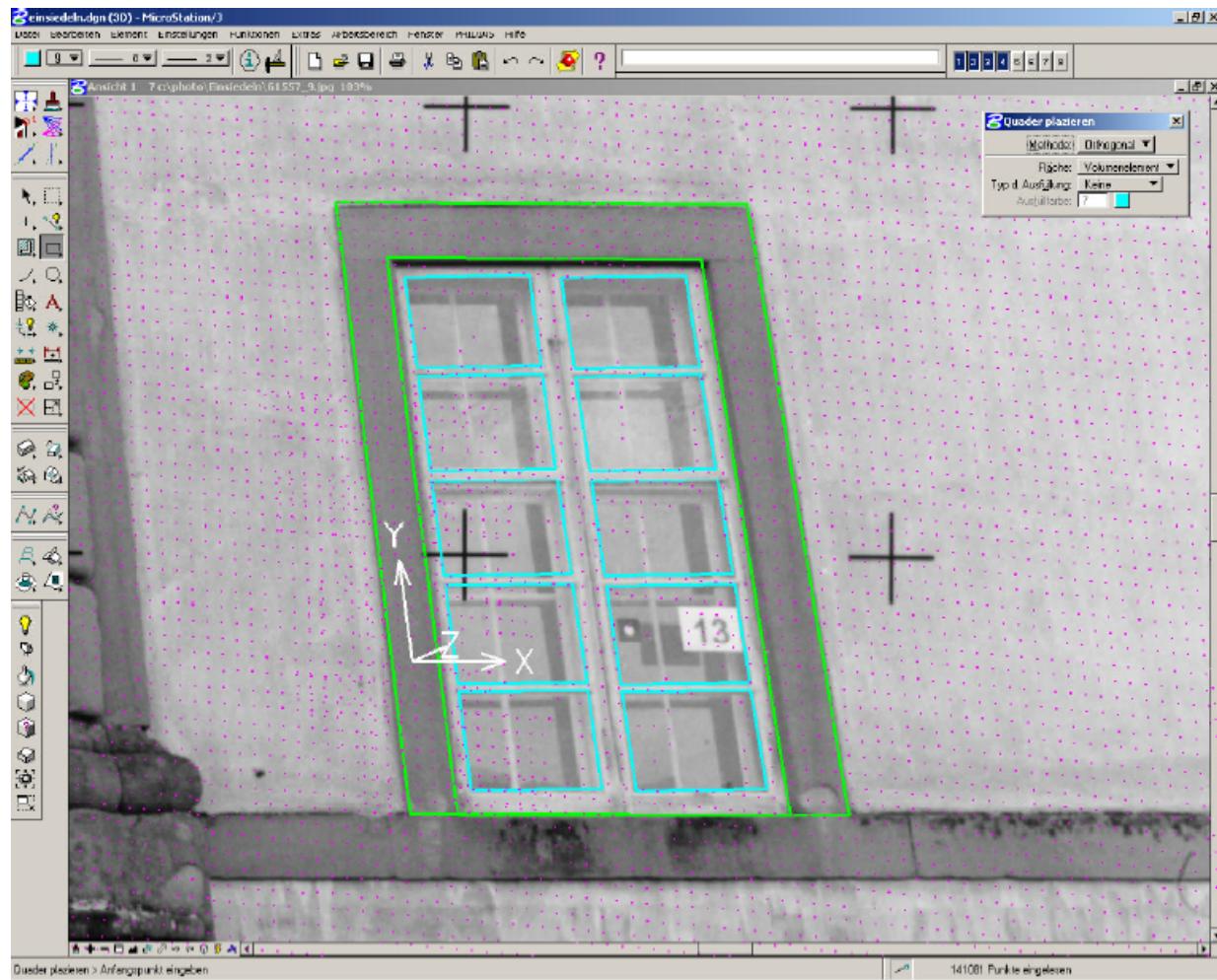
# Kombinierte Auswertung

## 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

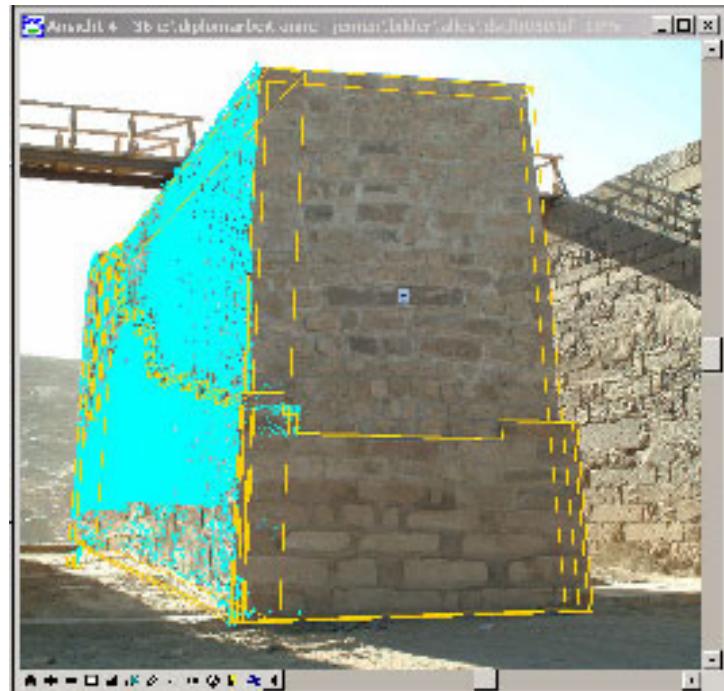
## Monoplotting in PHIDIAS:



# 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.



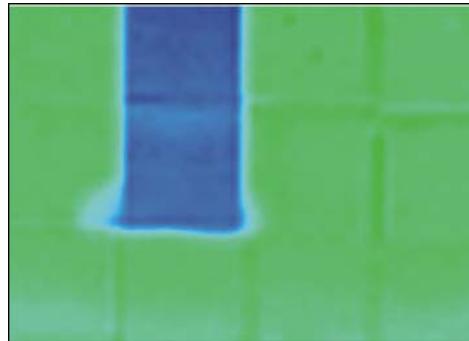
# Neue Entwicklungen

## Multi-Spektral Laserscanning

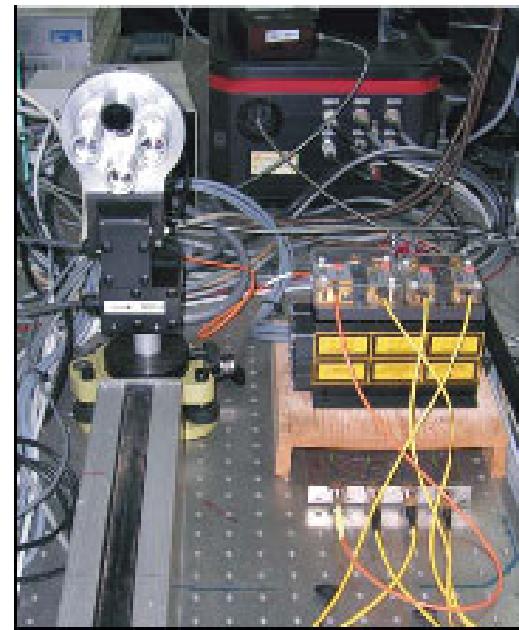
- Entwicklung an der Bundesanstalt für Materialforschung
- 4 Laserdioden mit unterschiedlichen Wellenlängen
- Berechnung von Vegetationsindex und Feuchtigkeitsindex direkt in der Steuerungssoftware und Ausgabe als Bild
- Anwendungen:  
Untersuchung von Gebäudeschäden  
im Bereich der Denkmalpflege



Farbbild



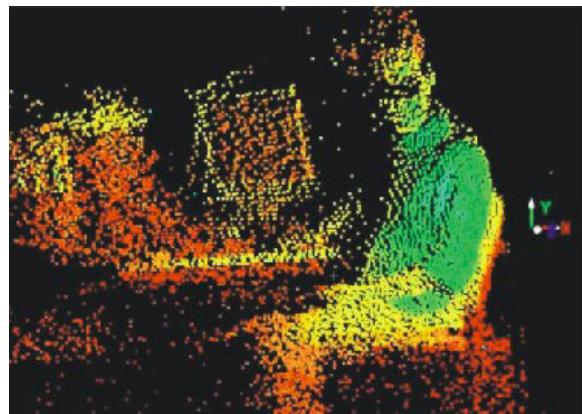
Rel. Feuchteverteilung



# Neue Entwicklungen

## Range Imaging Technologie

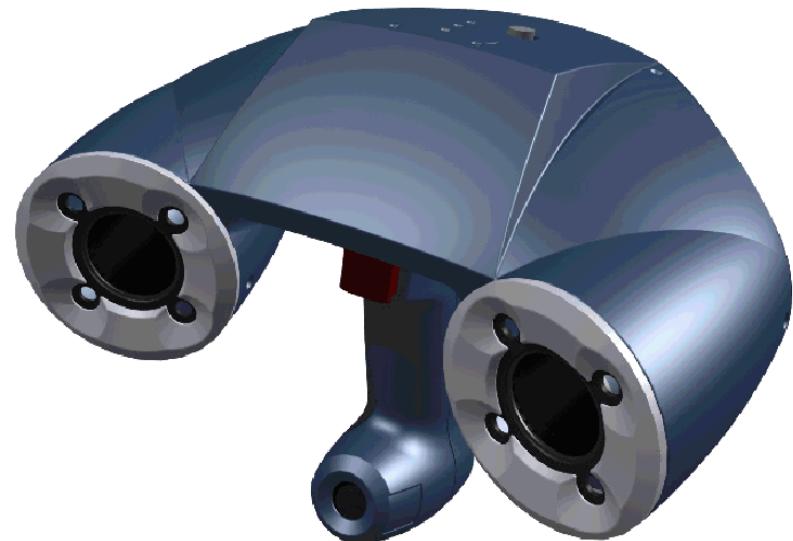
- SwissRanger SR-2 und SR-3000 von CSEM Zürich
- Sensor: CCD/CMOS Kombination (176 x 144 Pixel)
- Distanzmessung (Phasenvergleich) für jedes Pixel
- Eindeutigkeitsbereich bis 7,5m
- Ergebnis: Distanzbild / Punktwolke
- Anwendungen:  
Automobilbau, Biometrik,  
Robotik, Machine Vision



# Neue Entwicklungen

## HandyScan (Creaform)

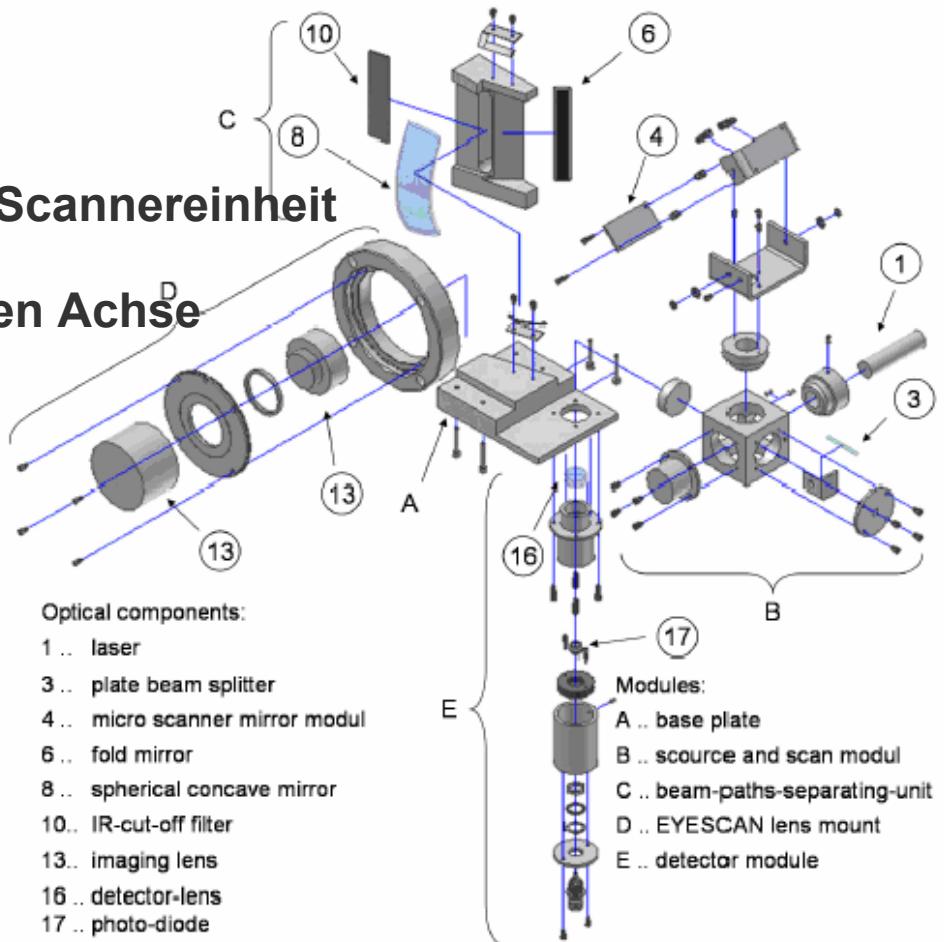
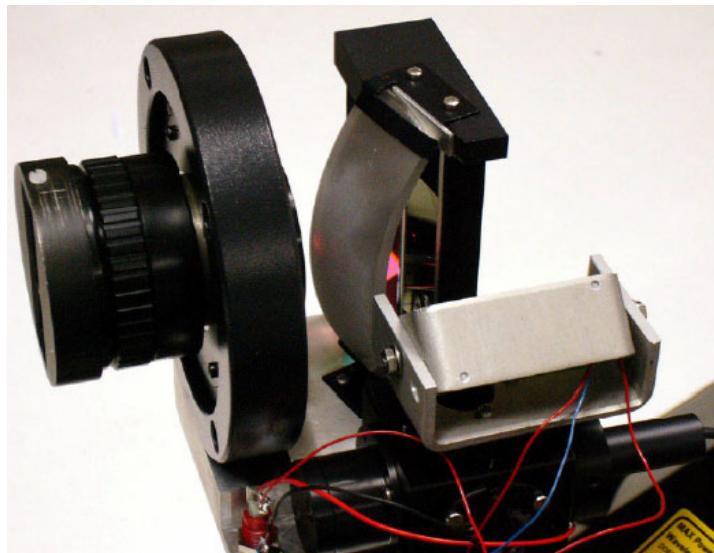
- Beispiel für Kombination Photogrammetrie / Scanning
- Freie und flexible Führung des Handgerätes
- Kontinuierliche Orientierung über Retrotargets am Objekt
- Objekterfassung durch Scanning  
(Triangulationsverfahren)
- Bis zu 16.000 Messungen/sec
- Ergebnis: Punktfolge / stl-Modell
- [www.handyscan3D.com](http://www.handyscan3D.com)



# Neue Entwicklungen

## Laserscanner und Panoramakamera

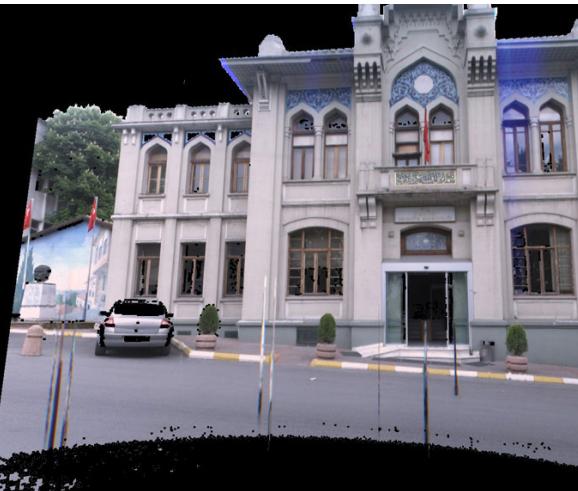
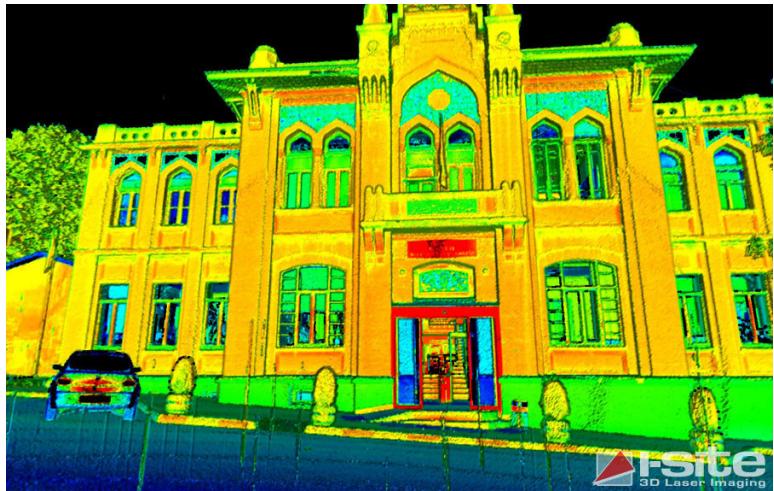
- Vorstellung eines Prototypen durch KST GmbH / TU Dresden
- Kombination Zeilensensor und Scannereinheit
- Verwendung derselben optischen Achse



# Neue Entwicklungen

## Laserscanner und Panoramakamera

- i-SiTE 4400 LR Impulslaufzeitscanner 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



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**HCU**

**HafenCity Universität**  
Hamburg



**FACHHOCHSCHULE BOCHUM**  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES





## **2. Hamburger Anwenderforum Terrestrisches Laserscanning**



**14. Juni 2007**

[www.haw-hamburg.de/geomatik/tls2007](http://www.haw-hamburg.de/geomatik/tls2007)