

# Kostensparnis in der Denkmalpflege durch Integration verschiedenartiger Aufnahmemethoden und unterschiedlicher Attribute in einem konsistenten System

Prof. Dr. - Ing. M. Scherer · Geodäsie im Bauwesen  
Ruhr-Universität Bochum

## 1. Das konsistente System

Im Zuge von Planung und Durchführung effektiver Bau-, Wartungs- und Restaurierungsmaßnahmen an historischen Bauten sind heterogene Informationen zu erfassen, zu vernetzen, auszuwerten und nach Interpretation in Wartungs- und Therapiekonzepte umzusetzen. Visuelle, semantische und analytische Informationen müssen lokalisiert und zeitlich erfasst, verwaltet und ausgewertet werden. Dabei ist es unumgänglich, allen Informationen eine gemeinsame Basis zu geben. Als einfacher und effektiver Schritt in diese Richtung bietet sich ihre Verknüpfung über ihre geometrische Position in einem raum- und zeitorientierten Objektinformationssystem an.

Verschiedene Begriffe, die im Titel vorkommen, seien zunächst angesprochen: Attribute sind objektrelevante Gegebenheiten und Eigenschaften, die zur Bewertung des Bauwerks und zur Beurteilung seines Zustandes relevant sind. Wenn von verschiedenartigen Aufnahmemethoden (s. Tab. 1) die Rede ist, so sind hier vorrangig die Verfahren zur Aufnahme der Geometrie gemeint.

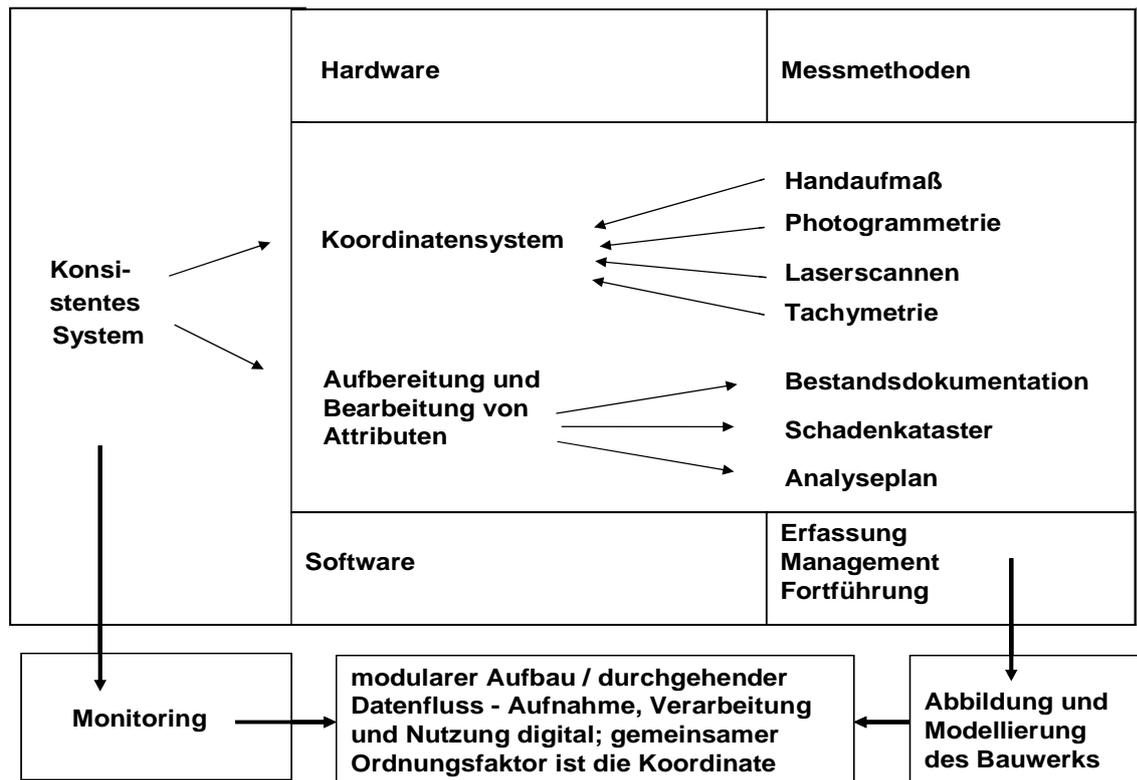
Einsatzbereiche	Geräte	Punktextraktion/Filterung		Geräte	Einsatzbereiche
		a priori, vor Ort, vor der Messung	a posteriori, im Zuge der Bearbeitung		
Ergänzungs- und Kontrollmessungen, Facility Management	elektronischer Entfernungsmesser, über tragbares Notebook gesteuert, Lot, ausziehbare Messlatte	Handaufmass	Photogrammetrie	Digitalkamera, Bündelblockausgleichung, Matching	Denkmalpflege, Architekturvermessung, Fassadenaufnahme, Visualisierung
Baudokumentation, Denkmalpflege, Archäologie, Fassadenaufnahme	Robot-Totalstation für reflektorlose Aufnahmen, gesteuert über Notebook	Tachymetrie	Scan-Verfahren	schnelle Bestimmung von Polarelementen	Laserscanning: Industrie- und Architekturvermessung, FM Triangulationsverfahren: Skulpturen, Reliefs, architektonische Details, Punktwolke als Ergebnis

Tab. 1: Die vier wichtigsten Messverfahren

Eingebettet in den räumlichen Bezug sind die Aufnahme und die Darstellung von Attributen, wie z.B. von Schadensmerkmalen (mechanisch, biologisch, chemisch), von

objekttypischen Charakteristiken wie Reliefs, Malereien oder auch von Leitungen (Heizung) usw.. Für alle diese Attribute stellt die Geometrie die Ordnungsfunktion dar.

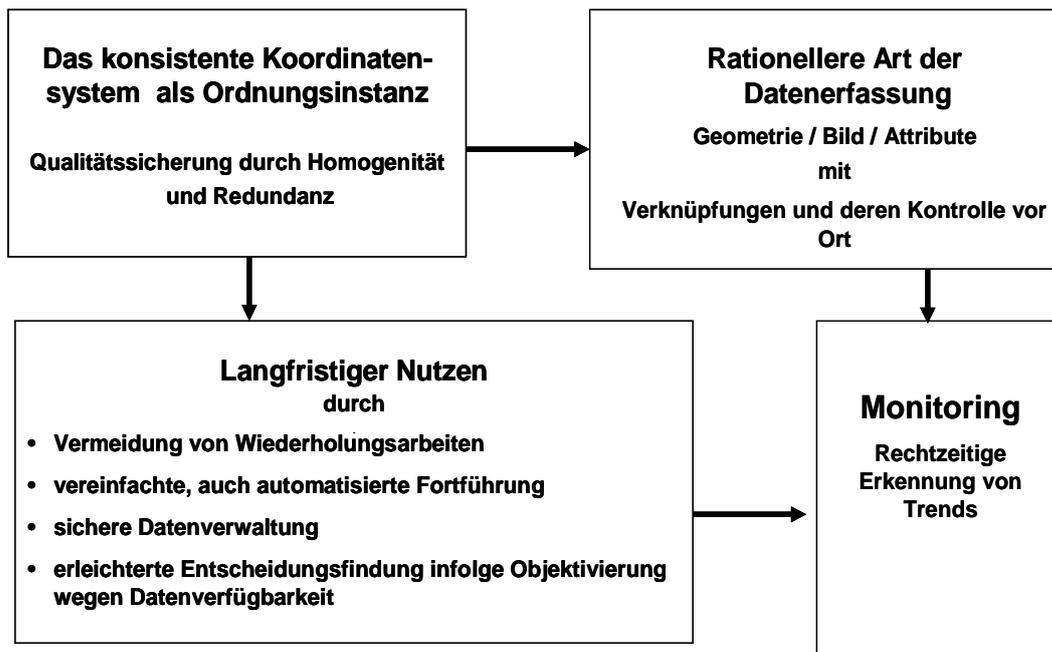
Der Begriff des konsistenten Systems bezieht sich auf zweierlei: einerseits auf das bauwerksimmanente Koordinatensystem, das bezüglich Verfügbarkeit und Genauigkeit gleichermaßen und zeitinvariant überall auf hohem Stand ist und in dem die Attribute auf einheitliche Art und Weise beschrieben werden können, so dass Verknüpfungen und Vergleiche möglich sind, andererseits sind auch die Hardware- und die Softwarekomponenten Teil des konsistenten Systems (s. Tab. 2);



**Tab. 2: Komponenten und Funktionen des konsistenten Systems**

Von ganz zentraler Bedeutung ist diese Herstellung von Vergleichsmöglichkeiten und Vergleichbarkeit in horizontaler wie auch in vertikaler Richtung. Horizontal bezieht sich hier auf die Analyse der Interaktion von unterschiedlichen Einflüssen, d.h. der Bildung von Korrelationen zwischen z.B. Raumklima, Versalzungen, Rissen oder Farbveränderungen. In der Vertikalen, d.h. in der Zeitachse ist dafür zu sorgen, dass zeitliche Veränderungen durch eine Differenzialanalyse aufgedeckt werden können. In letzterem besteht auf der Seite der Analyse von geometrischen Veränderungen innerhalb der Geodäsie reiche Erfahrung.

Es wird aufgezeigt, dass in allen Phasen des Aufbaus und der Arbeit mit einem solchen konsistenten System die Kosten minimiert werden: durch rationellere Erfassungsmethoden, Vermeidung unnützer Wiederholungen und Einsparung von Reparatur- und Restaurierungsarbeiten infolge rechtzeitigen Erkennens von Trends über Korrelation und Differenzanalysen.

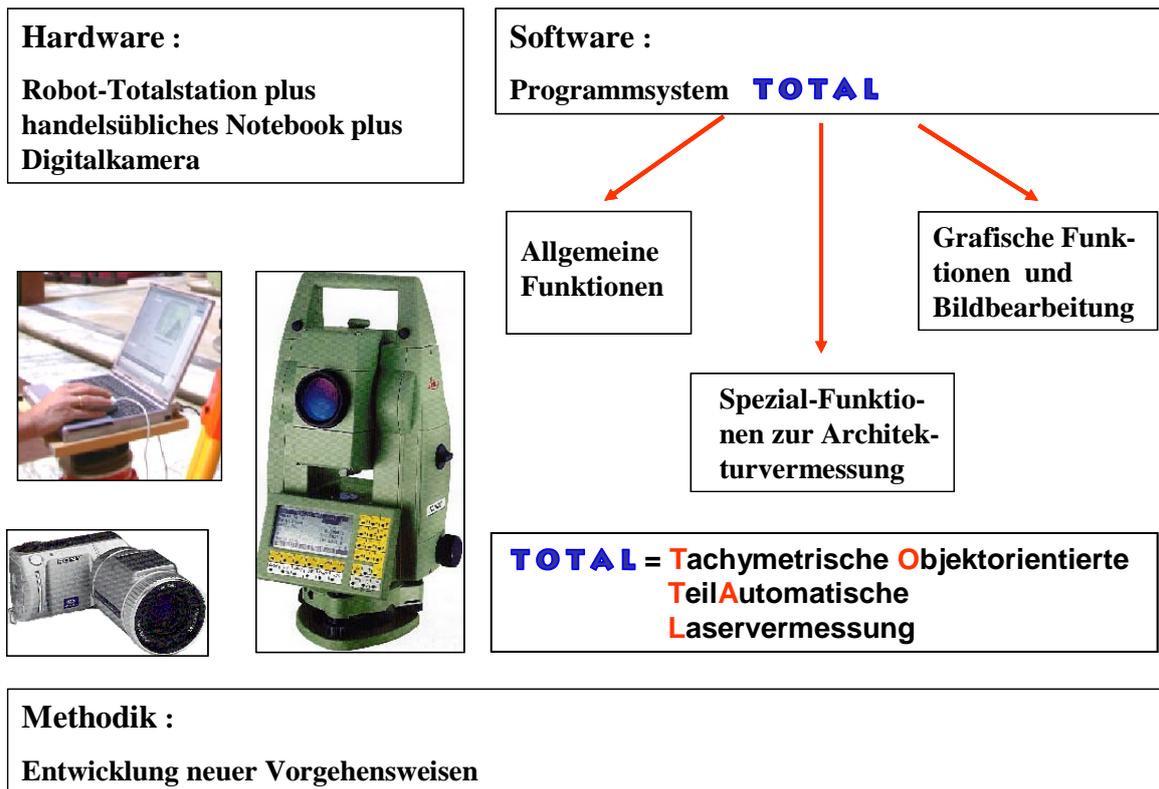


**Abb. 1: Vorteile und Nutzung des konsistenten Koordinatensystems**

Da alle Attribute der Geometrie zugeordnet sind, ist zunächst der Gewinnung verlässlicher, dauerhaft brauchbarer geometrischer Daten und ihrem Pendant, Fixpunkten am Bauwerk selbst, Aufmerksamkeit zu widmen (s. Abb. 1). Weil in Denkmalpflege und Bauforschung nicht die Erfassung der Geometrie sondern die Erkennung mannigfaltiger Objekteigenschaften und ihre Zuordnung zur Geometrie von besonderem Interesse sind, ist das Augenmerk darauf zu legen, wieweit die Messung selbst vor Ort erfolgen muss und in wieweit deren Qualität direkt prüfbar ist. Auch hat jedes der in Tab. 1 genannten Verfahren gewisse Vorzüge und Nachteile. Wobei der praktische Einsatz besonders von dem gewünschten Grad der Detaillierung, den finanziellen Möglichkeiten, dem Kenntnisstand des vor Ort Arbeitenden und dem Bauwerk selbst abhängt.

## **2. Realisierung der System-Hard- und -Software**

Da von den verfügbaren Aufnahmemethoden keine allen Anforderungen auch nur annähernd gerecht wird und auch ihr Einsatz nebeneinander nicht optimal ist, wurde nach eingehender Analyse dieser Methoden das System TOTAL (Tachymetrische Objektorientierte TeilAutomatische Laservermessung) als Synthese realisiert. Die Hardware beinhaltet unterschiedliche Komponenten, die Systemsoftware umfasst die Bereiche Steuerung, Objektvermessung und Bildbearbeitung (Abb. 2).

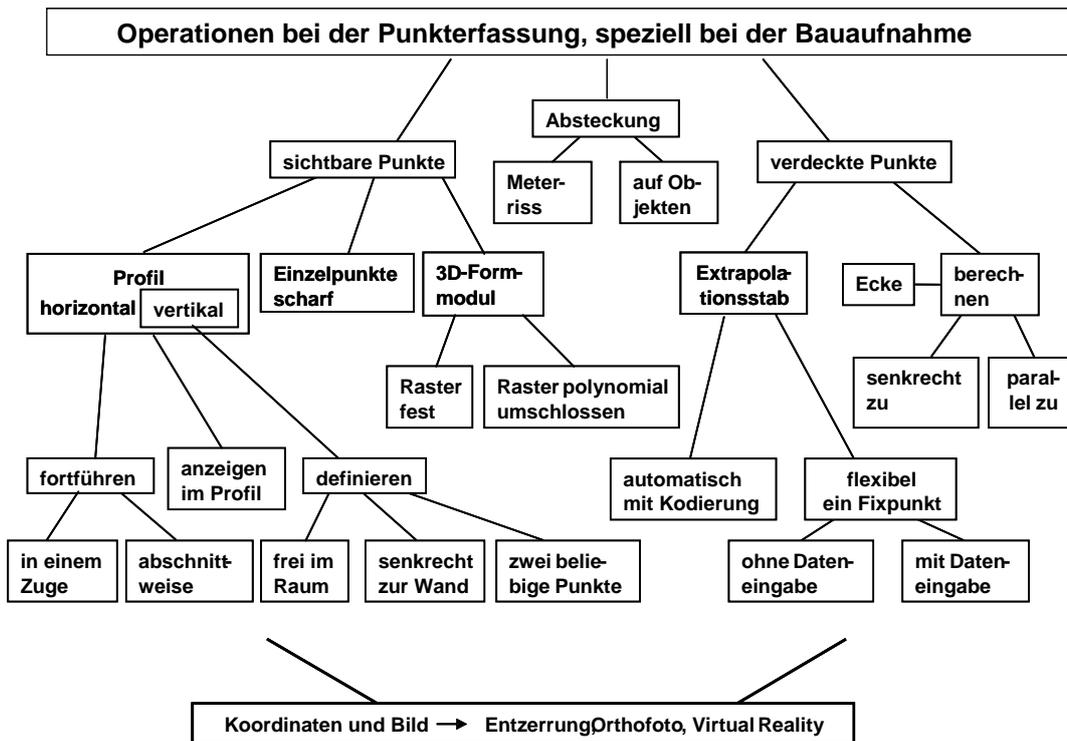


**Abb. 2: Kommerzielle Hardwarekomponenten plus problemangepasste Software gleich neuartige Vorgehensweisen**

Die Grundidee basiert auf der PC-gesteuerten Aufnahme von Punkten des Objekts durch reflektorlose Polarvermessung. Die erste derartige Robot-Totalstation wurde an der Ruhr-Universität Bochum – Geodäsie im Bauwesen – entwickelt. Inzwischen wird dieser Instrumententyp weltweit von den namhaften Geräteherstellern vertrieben. In Verbindung mit einer Digitalkamera sind Bildentzerrungen und Visualisierungen online möglich. Das System vereint Elemente aus Photogrammetrie, Scannen und automatisierter Polaraufnahme. Die Synthese bietet teilweise ganz neue Arbeitsmöglichkeiten.

Die Software erfüllt die folgenden Kernfunktionen: Steuerung der Totalstation / Bereitstellung der notwendigen geodätischen Funktionalitäten und der zugehörigen Rechenoperationen / Bereitstellung von Sonderfunktionen mit Schwerpunkt bei der Architekturvermessung / grafische Darstellung von Ergebnissen zur Online-Kontrolle / Dateneingabe- und -ausgabeformate / Online-Entzerrung von Digitalbildern / Bereitstellung von Tools zu neuartigem Aufbau von Aufnahmenetzen / Automatisierte Absteckung auf Oberflächen.

Den Modulen, die speziell für die Architekturvermessung entwickelt wurden (Tab.3), kommt eine besondere Bedeutung zu: Einzigartig sind die Profilmessfunktion, der Eckenmessmodus, die patentierten Verfahren zur Erfassung nicht einsehbarer Punkte sowie das Absteckungsmodul. Beispielhaft wird die neuartige Vorgehensweise beim Netzaufbau dargestellt, wobei die Dauerhaftigkeit des bauwerksimmanenten Netzes im Vordergrund steht (Abb. 3).



Tab. 3: Aus Erfordernissen der Bauforschung entwickelte Verfahren der Punkterfassung

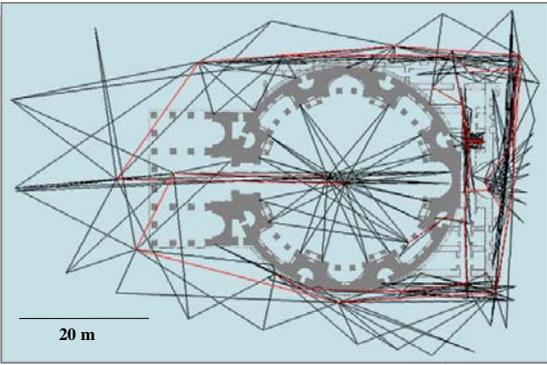
Alte, konventionelle Vorgehensweise	Neues, erprobtes Verfahren
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polygonzug, mit Zwangszentrierung gemessen</li> <li>• Messung zu Prismenreflektoren</li> <li>• vermarkte Bodenpunkte</li> <li>• Netzverdichtung durch Neuaufstellung über den Bodenpunkten</li> <li>• Netzerstörung bzw. gravierender Verlust bei Ausfall der Marken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flächenhaftes statt lineares Netz: immer freie Stationierung</li> <li>• stets berührungslose Messung, also ohne Reflektor</li> <li>• alle Punkte am Objekt, meist Nutzung von „natürlichen Punkten“, selten Messmarken</li> <li>• Aufbau der Netzstruktur ohne Genauigkeitsverlust in Etappen an beliebigen Orten</li> <li>• bauwerksimmanentes System</li> <li>• Anlage von Messbildarchiv und Punkt-Photo-datei im Zuge der Messung</li> <li>• Transformation neuer Messungsdaten automatisch in das Bauwerkssystem; begleitende Netzausgleichung vor Ort</li> <li>• Gemeinsame Messung von Lage und Höhe</li> </ul>
	

Abb. 3: Prinzipien beim Netzaufbau und Netzbeispiel (Pantheon in Rom)

In einer zweiten Ausbauphase des Systems, bei der auch zusätzliche Videokameras in die Totalstation implementiert wurden, kommt dem Bild eine besondere Bedeutung zu.

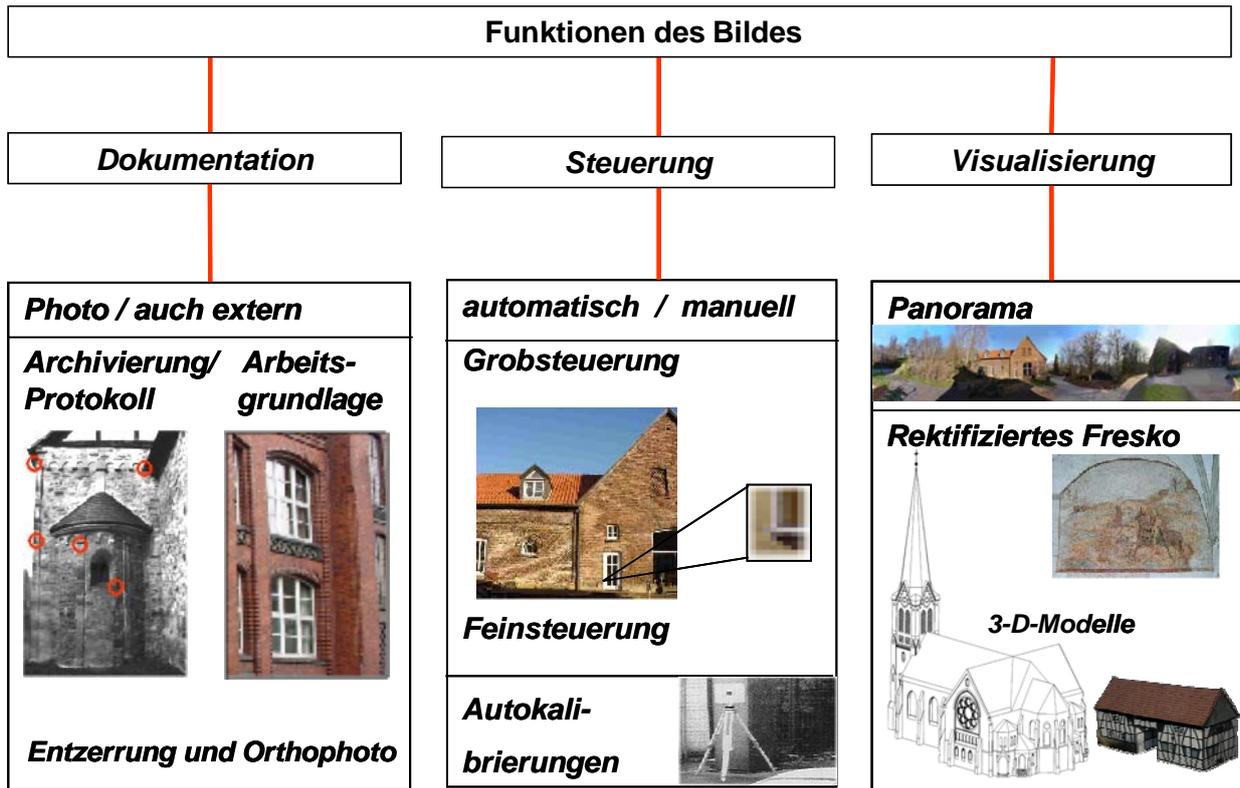


Abb.4: Funktionen des Bildes

Die drei Bereiche Dokumentation und Archivierung, Visualisierung und Orthofototerstellung sowie Steuerung der Robot-Totalstation wurden vorgestellt (Abb. 4) und die Arbeitsweise anhand von Beispielen erläutert. Im Beispiel Abbildung 5 ist die dynamische Dokumentation des Messungsablaufs gezeigt, die auch ein Monitoring ermöglicht.

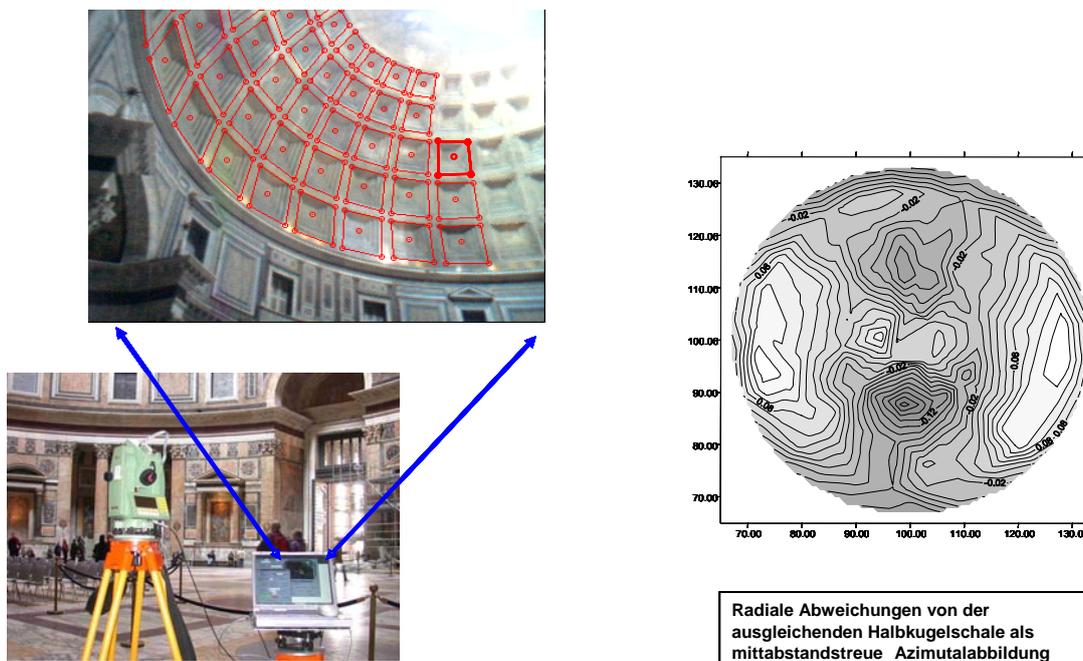


Abb. 5 Dynamisches Messprotokoll und Ergebnis in spezieller Darstellung (Pantheon in Rom)

### 3. Zusammenfassung

Nachdem zunächst zahlreiche Vorteile des Konzepts der Arbeit in einem konsistenten Koordinatensystem mit der entsprechender Software und Hardware als Werkzeug dargestellt werden, wird danach beispielhaft die realisierte Lösung vorgestellt: Das System ist so aufgebaut, dass man neben der Software nur eine handelsübliche Totalstation, ein Notebook und eine Digitalkamera an Ausrüstung braucht.

Die Bedienung nach etwa dreitägiger Einführung stellt für den Fachmann aus Denkmalpflege oder Bauforschung kein Problem dar, wie Beispiele im In- und Ausland zeigten. Damit ist der hohe Qualitätsstandard der bei der Baudokumentation notwendigen Arbeit vor Ort gewährleistet und zugleich mit einer äußerst rationellen Arbeitsweise verknüpft. Es wird aber nur der ein solches, praktisch erprobtes System zu nutzen wissen, der sich in hinreichendem Umfang mit der Thematik befasst. Leider sind die Defizite im Wissen um den Nutzen neuartiger Verfahren nur schwer auszumerzen. Eine mehr als oberflächliche, aktive Weiterbildung tut Not.

In Tab. 4 sind die Vorteile der Arbeitsweise bezüglich ihres kurz-, mittel- und langfristigen Nutzens zusammengestellt.

<b>Kurzzeitig</b>			
Geometrieerfassung	Schadenskartierung	Befundaufnahme, Archivierung	
<b>Mittelfristig</b>			
Identifizierung	Referenzierung	Photogrammetrie	
<b>Langfristig</b>			
Fortführung, Verdichtung	Schadensermittlung	Deformationsanalyse	Schwerpunktfestlegung, Entscheidungsfindung
 <b>Monitoring</b>			

**Tab. 4: Kostenersparnis durch konsequente Nutzung der Vorteile eines konsistenten Erfassungssystems**