

3D-GIS der Altstadt Regensburg

ALFRED DIETRICH, Bad Reichenhall

1. INFORMATIONSSYSTEME IN REGENSBURG 2D+1 UND 3D

1.1 SICAD

Mit dem Ausbau des kommunalen Informationssystems der Stadt Regensburg auf der Basis von SICAD wachsen auch die Ansprüche der einzelnen kommunalen Fachbereiche in Bezug auf Vollständigkeit und Verwendungsmöglichkeit des Datenbestandes der RBE 1 (MERKIS) hinsichtlich der Z-Komponente. Die flächendeckende Bereitstellung von Höhen (Geländehöhen, Trauf- und Firsthöhen) wird ebenso gefordert wie der Aufbau von echten 3D-Datenbeständen (3D-Linien,-Flächen und -Objekte). Das Modell der Datenspeicherung und die Funktionalität des als 2D+1-System konzipierten kommunalen Informationssystems ist nur teilweise geeignet, um diese Anforderungen im Sinne eines "echten" 3D-GIS zu erfüllen. Eine zukunftsorientierte Erweiterung könnte darin bestehen, für bestimmte Bereiche eine 3D-Lösung vorzusehen oder zusätzlich ein volles 3D-System mit Integration über Methoden- oder Datenbankschnittstellen zu installieren.

1.2 Der Weg zum 3D-GIS

Der Gewinnung flächendeckender 3D-Informationen erfolgt seit vielen Jahren durch digitale photogrammetrische Datenerfassung, ergänzt durch Ingenieurvermessung. Seit 1993 wird für die historische Altstadt Regensburg, eine Fläche von ca. 220 ha, dieser Datenbestand auch in Bezug auf die Bebauung verfeinert und ergänzt, so daß sukzessive ein 3D-Informationssystem unter Einbeziehung der im SICAD-System gespeicherten Grundinformationen aufgebaut werden kann.

Die Anforderungen der Stadtplanung und Stadtentwicklung gilt es zu erfüllen, um - als Ersatz zu den bisher üblichen Holzmodellen - den Planern ein zeitgemäßes Instrument an die Hand zu geben, mit dem Sie die anstehenden Aufgaben schneller, besser und für den Bürger transparenter und informativer erledigen können.

- schneller durch leistungsfähige 3D-Systeme mit DGM-Berechnung, mit Verwaltung von 3D-Objekten und 3D-Flächen
- besser durch echte 3D-Daten, Einbeziehen von Planungsdaten, Berechnung und Darstellung von Planungsvarianten u.a.
- funktioneller durch Speicherung von Vektor- und Rasterdaten mit simultaner Bearbeitung in einem hybriden System
- transparenter und informativer durch Visualisierung des 3D-Modells in Form von Farb-Plots für Aufriß, Grundriß und Perspektive, durch Projektionsdias und Videosequenzen.

Eine endgültige Entscheidung für ein bestimmtes 3D-System ist noch nicht gefallen. Während der Pilotphase und der nachfolgenden Bearbeitung von Teilen der Altstadt und des gesamten Holzmodells (siehe 2.) wurden folgende Systeme eingesetzt:

- Zeiss P1 und P3 mit PHOCUS für die photogrammetrische Datenerfassung
- SCOP für die DGM-Berechnung
- SICAD/open für die Übernahme der Daten aus der Digitalen Stadtgrundkarte Regensburg
- AUTOCAD als 3D-GIS

- die AUTOCAD-Applikation 3D-STUDIO für die Erzeugung von 3D-Flächen, Flächenverschnidungen und die Visualisierung

Wie nicht anders zu erwarten war, mußten anfangs einige Schnittstellenprobleme gelöst werden. Abb.1 soll die verschiedenen Systeme mit den Wegen des Datenaustausches veranschaulichen.

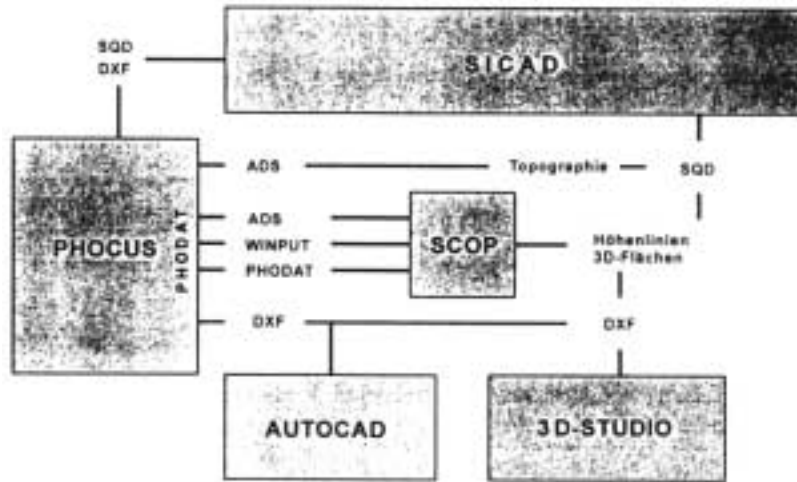


Abbildung 1: Wege des Datenaustauschs.

2. REALISIERUNG

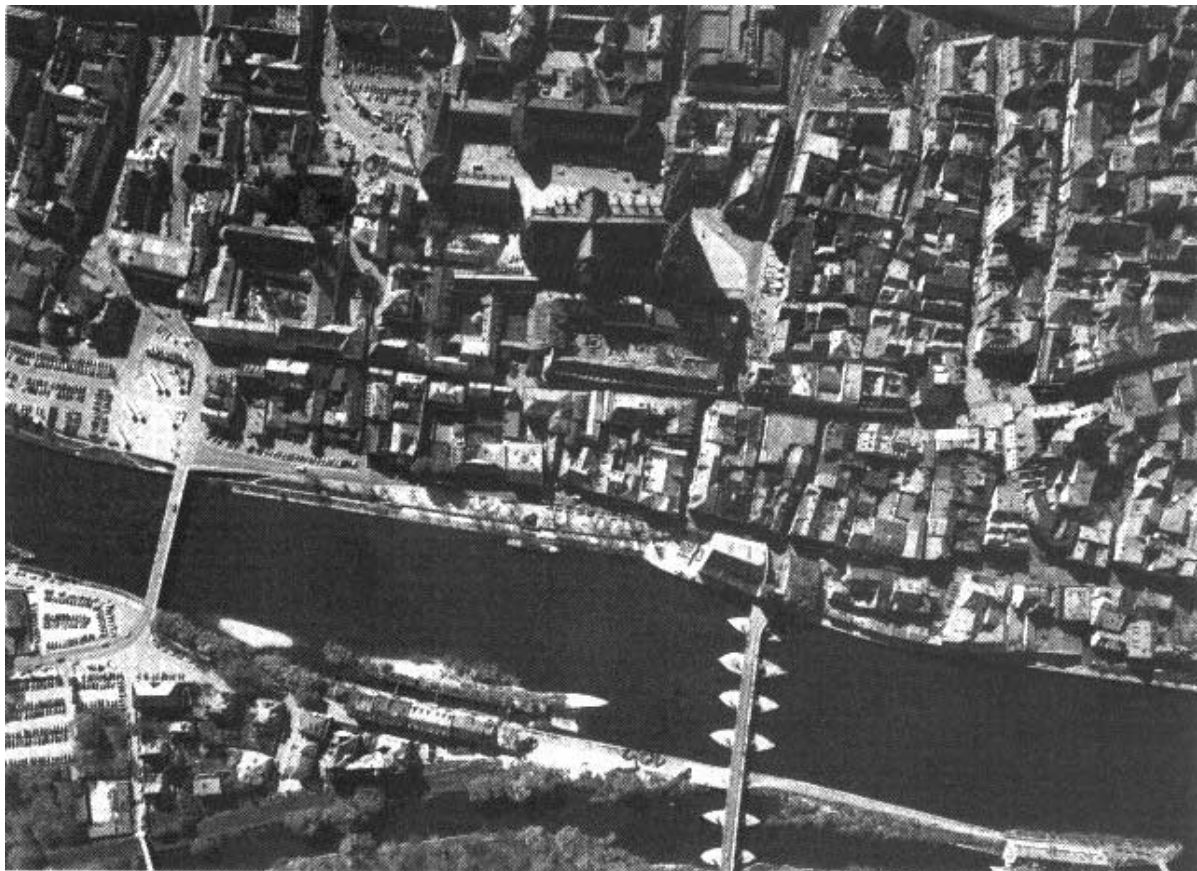


Abbildung 2: Die Altstadt von Norden, im Vordergrund die Steinernen Brücke, dahinter der Dom, Freigabe durch d. Bayer. Landesvermessungsamt Nr. 919.

Als Grundlage städtebaulicher Planungen wurde die Aufnahme des Ist-Zustandes der Altstadt Regensburg [Abb.2] vom Stadtplanungsamt ebenso gefordert wie vom Stadtmuseum die digitale dreidimensionale Erfassung des Holzmodells - entstanden Ende des vorigen Jahrhunderts - das die Stadt Regensburg um 1700 zeigt [Abb.5]. Die Transformation der 3D-Daten des Holzmodells in das Landeskoordinatensystem ermöglicht zukünftig auch eine Überlagerung der beiden 3D-GIS für städtebauliche Untersuchungen und die Rekonstruktion von Gebäuden und Ensembles. Die einzelnen GIS sollen im Folgenden unterschieden werden in:

- GIS 2000 = 3D-GIS für den Ist-Bestand - Regensburg um 1990
- GIS 1700 = 3D-GIS für das Holzmodell - Regensburg um 1700
Maßstab des Modells 1:400

2.1 Aufbau des GIS 2000

Im Wesentlichen durch digitale, photogrammetrische Datenerfassung aus Luftbildaufnahmen 1:3000 bis 1:4500 mit Übernahme vorhandener Daten aus dem SICAD-System. Alle Linien wurden als 3D-Linien gemessen; Kontrollen durch Flächenbildung z.B. Traufflächen.

- Traufflinien der Gebäude als geschlossene Polygone, Dachformen und Gauben; in der Altstadt sind die Gebäude sehr verschachtelt, so daß auf die unterschiedlichen Höhen der einzelnen Polygone zu achten war; zwangsläufig entstehen Redundanzen durch Traufflinien mit identischer Grundrißlage aber unterschiedlicher Höhe; auf die Berücksichtigung der Dachüberstände wurde i.d.R. verzichtet, um die Komplexität des Modells nicht grundsätzlich zu erhöhen. In Einzelfällen erfolgte aber doch eine naturgetreue Nachbildung des Objekts.
- Mauern (OK), Treppen und wesentliche topographische Elemente;
- Böschungen, Bruchkanten für die DGM-Berechnung;
- Geländehöhen für die DGM-Berechnung;
- Nutzungsgrenzen und Bewuchs soweit erforderlich.

Nach der photogrammetrischen Datenerfassung erfolgte ein Feldvergleich mit Ergänzungsmessungen - soweit erforderlich. Die für die RBE 1 relevanten Daten wurden danach an des SICAD-System über SQD-Datei übergeben.

Die DGM-Berechnung lieferte erstens Höhenlinien für die RBE 1, zweitens die 3D-Flächen des Geländes - 5x5 m² Maschen - nach Aufbereitung der Daten mit 3D-STUDIO. Legt man nun durch die Traufflinien senkrechte Flächen und verschneidet diese mit dem Gelände, erhält man die Wandflächen. In ähnlicher Weise werden die Dachflächen und die entsprechenden Flächen der Dachgauben berechnet.

Die Schwierigkeiten lagen weniger in den einzelnen teilautomatisierten Berechnungsschritten und Verschneidungen, sondern in der den Gebäuden selbst, mit verschachtelten Dächern, Über- und Unterschneidungen, Anbauten in unterschiedlichsten Höhen, Erkern usw. Jedes einzelne Haus wurde deshalb mit AUTOCAD aus verschiedenen Perspektiven kontrolliert und editiert, eine zum Teil mühevoll Aufgabe.

Die Bearbeitung in 3D-Studio umfaßte u.a. die Bildung von 3D-Flächen und/oder 3D-Objekten, die Erzeugung von 3D-Kanten, die Definition von Farben, Materialeigenschaften (z.B. Oberflächenstrukturen, Transparenz, Glanz und Reflexion) und das rechnerische "Aufkleben" von gescannten Fassadenaufnahmen, das waren i.d.R. Kleinbildfotos.

Mit dem 3D-Editor konnten 3D-Szenen erstellt, editiert, Kamerapositionen errechnet, Lichtquellen erzeugt und statische Bilder mit 16,7 Mio. Farben generiert werden.

Mit dem Keyframer kam dann Bewegung in die Szene, d.h. Kamerafahrten oder -flüge mit variablen Brennweiten konnten erzeugt werden.

Die Ausgaben erfolgten am Tintenstrahl-Plotter und mit Foto- bzw. Videoprintern.

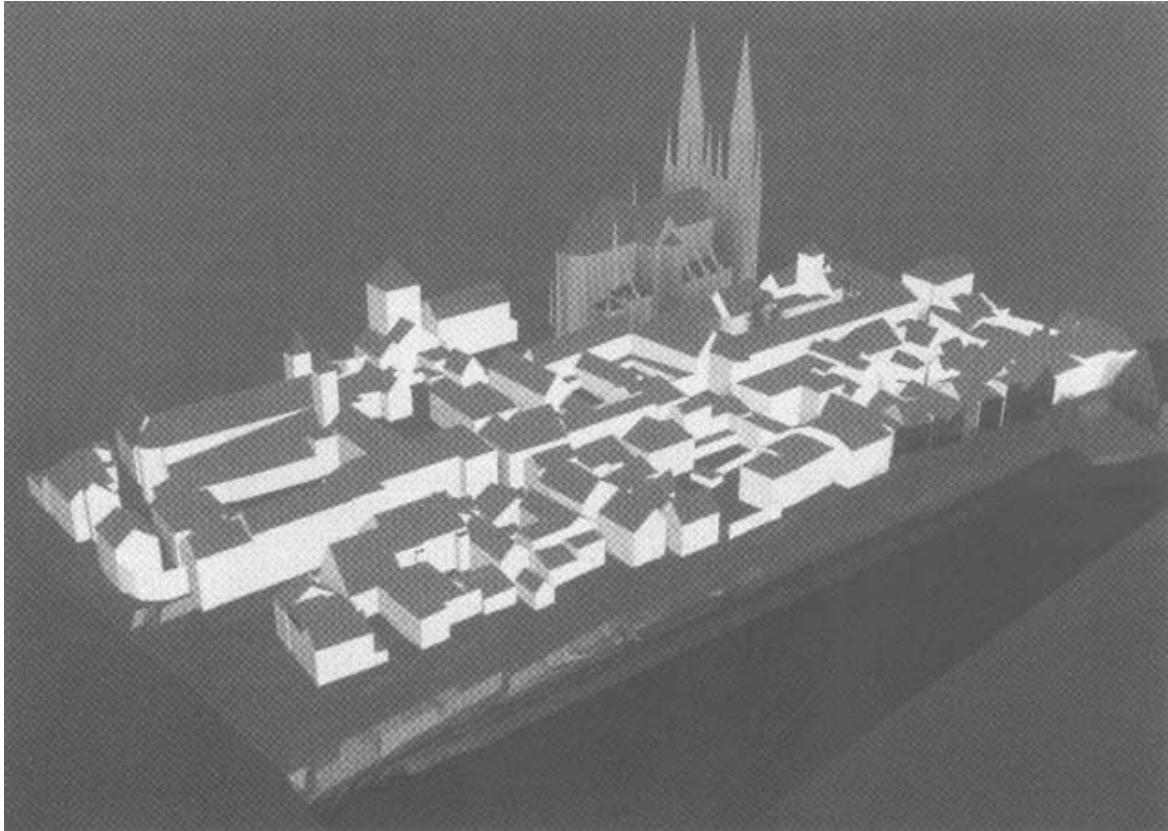


Abbildung 3: Das synthetische Modell aus Nordost.

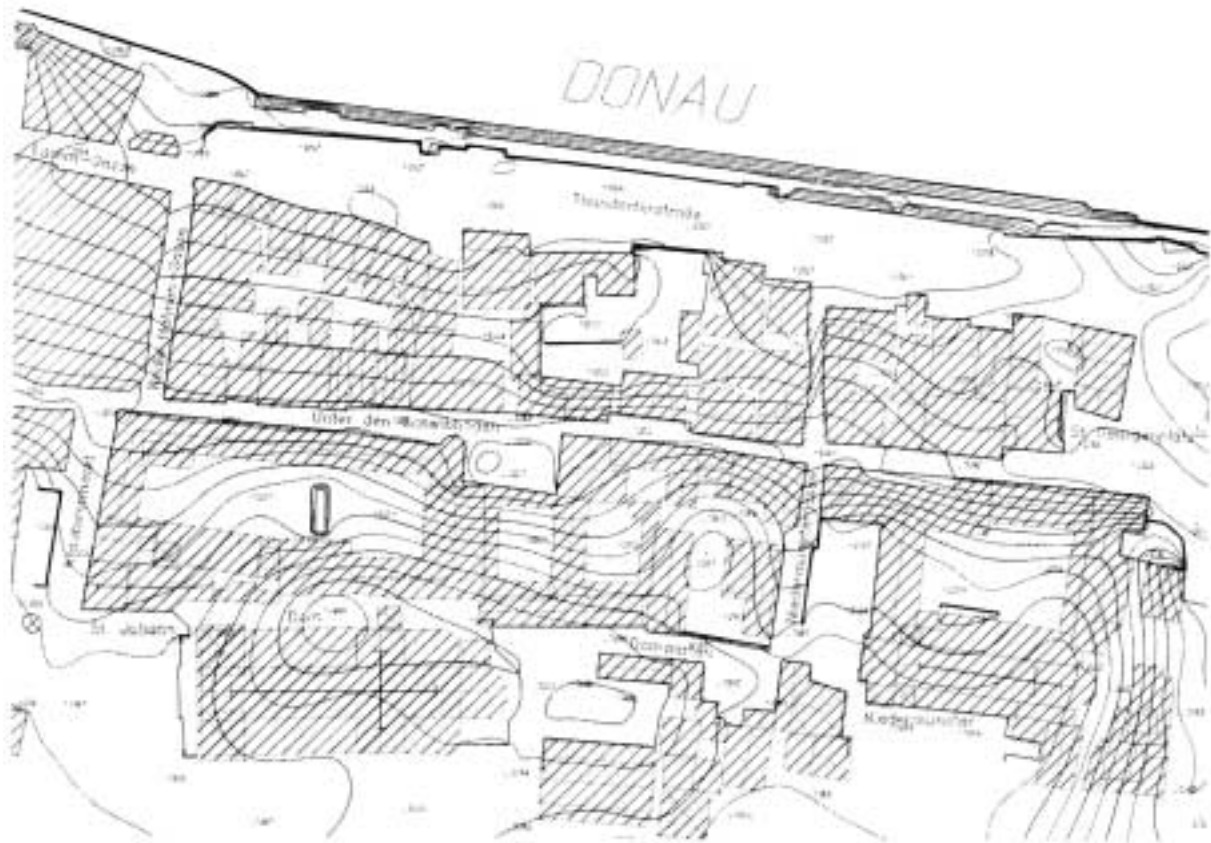


Abbildung 4: Teilausschnitt aus dem GIS 2000 ohne Gebäudedetails.

2.2 Aufbau des GIS 1700

Das Holzmodell - in Originalgröße ca. $3,80 \times 5,50 \text{ cm}^2$ - mußte für die photogrammetrische Datenerfassung zuerst "beflogen" werden. Dazu verwendeten wir ein fahrbares Gerüst auf dem im Abstand von ca. 180 cm über dem Modell eine Rollei 6006 metric mit Objektiv Planar 2.8/80 befestigt war. Für die notwendige Ausleuchtung sorgte ein Blitzsystem, das ebenfalls auf dem Gerüst angebracht war.

Diese Aufnahmesituation ergab einen Bildmaßstab von ca. 1:20 bei 4 "Flugstreifen" mit 60% Längs- und 35% Querüberdeckung. Durch vorherige Test wurde der Bildmaßstab 1:20 als optimaler Kompromiß zwischen Detailerkennbarkeit, Meßgenauigkeit und Modellanzahl ermittelt.



Abbildung 5: Das Holzmodell in der Schrägansicht.

Die ganze Organisation und vor allem die Paßpunktbestimmung übernahm das städt. Vermessungsamt Regensburg. Alle Paßpunkte und die für die Aerotriangulation erforderlichen Verknüpfungspunkte (ca.430) wurden signalisiert. Die Paßpunkte (30) wurden auf 0,3-0,5 mm genau in einem lokalen Koordinatensystem bestimmt, wobei auch das Projektionszentrum jeder Aufnahme sofort durch simultanes Vorwärtseinschneiden ermittelt wurde - quasi als GPS-Messung.

Die Berechnung der Triangulation für 48 Bilder erfolgte mit dem Programm zur Bündelblockausgleichung - CLIC - des Lehrstuhls für Photogrammetrie der TU München. Die erreichte Genauigkeit der Messung von ca. 0,15 mm in der X,Y-Koordinate und ca. 0,4 mm in Z ist für die gestellte Aufgabe ausreichend. Die Transformation in das GK-System wurde dann mit PAT-MR auf der Basis von 34 vermuteten identischen Punkten zwischen Modell und Natur berechnet. Letztendlich geeignet waren fast nur die Kirchtürme (10) für die eine mittl. Restklaffung (bezogen auf das GK-System) von $\pm 0,68 \text{ m}$ in der Lage und $\pm 0,62 \text{ m}$ in der Höhe errechnet wurde.

Die photogrammetrische Auswertung und die weiteren Arbeiten zum Aufbau eines 3D-GIS entsprechen sinngemäß den Arbeiten für das GIS 2000. Das Projekt begann im Dezember 1994, die ersten Ergebnisse der Datenerfassung lagen im Mai 1995 vor. Entsprechend den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln wird der Abschluß des Projekts Ende 1995 erwartet.

3. AUSBLICK

Die Bereitstellung der beiden GIS, als Instrumente der Stadtplanung ist noch nicht abgeschlossen. Auch die Systementscheidung wird noch beeinflußt durch derzeit laufende Projekte und die geplante Höhendatenbank des städt. Vermessungsamts. Eine große Bedeutung wird dabei dem zukünftigen Datenaustausch mit dem kommunalen Informationssystem SICAD zukommen.

Einsatzbereiche innerhalb der Stadtplanung und Stadtentwicklungsplanung sind jetzt schon gegeben. Die Beurteilung geplanter Baumaßnahmen nach städtebaulichen Gesichtspunkten und deren Visualisierung für die Entscheidungsfindung und die Präsentation für den Bürger sind nur ein Teil der möglichen Anwendungen.

Das Stadtmuseum ist vor allem an der Überlagerung der beiden GIS für baugeschichtliche Fragestellungen interessiert. Die Sicherung und Dokumentation des wertvollen Holzmodells ist ebenfalls ein Anliegen der Museumsverwaltung. Darüber hinaus sollen zukünftig Echtzeit-Simulationen z.B. ein Stadtrundgang für einen bestimmten Themenbereich erfolgen. Als erstes ist der Stadtrundgang durch das historische Zentrum von Regensburg mit dem Thema Kirchen und Klöster geplant.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Zur Lösung komplexer Aufgaben der Stadtplanung werden die bisher verwendeten Modelle aus Holz oder anderen Materialien zunehmend durch 3D-Informationssysteme abgelöst. Wegen der referatsübergreifenden Mehrfachnutzung der Daten, den fast uneingeschränkten Möglichkeiten der Datenmodellierung und Anpassung an verschiedenste Fragestellungen, sowie der umfangreichen Möglichkeiten der Präsentation und Visualisierung des Datenbestands, sollte diesen 3D-GIS eine große Zukunft vorausgesagt werden. Allerdings erfordert die Datenakquisition - wie bei allen Informationssystemen - und die Datenaufbereitung einen so hohen finanziellen Aufwand, daß der Aufbau dieser Informationssysteme meist dem - sicherlich vordringlichen - Aufbau der kommunalen 2D+1-Systeme nachgeordnet sein wird.

Die Stadt Regensburg hat sich entschlossen im Laufe der nächsten Jahre ein 3D-GIS - zumindest für die Altstadt - parallel zu Ihrem kommunalen Informationssystem SICAD aufzubauen, ohne jedoch auf die gemeinsame Nutzung der unterschiedlichen Datenbestände zu verzichten.

Die bisherigen Arbeiten zur Erstellung von zwei 3D-GIS - für den jetzigen Ist-Zustand der Altstadt und für den - aus einem alten Holzmodell abgeleiteten - historischen Stadtkern (um 1700) werden beschrieben. Dem Planer, Historiker und Denkmalpfleger soll zukünftig ein zeitgemäßes Instrument zur Verfügung stehen, mit dem die unterschiedlichen Anforderungen, von der Denkmalpflege bis zur Beurteilung geplanter Maßnahmen flexibel, schnell und realitätsbezogen erledigt werden können.