

Residenz- und Reichshauptstadt sowie das seit der Revolution 1848 erstarkende Bürgertum und dessen Unternehmerdrang, nicht zuletzt jedoch auch die Zuwendung zu wissenschaftlicher Lehre und Forschung für den Ingenieurberuf zur Erhöhung der wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit im internationalen Rahmen der Industrialisierung.

Eine geschlossene, stichhaltige Beurteilung muß Historikern vorbehalten bleiben, aber eine Vermutung sei dennoch gewagt: Fürst von Metternich, aus dem Exil zurückgekehrt, hätte sich höchstpersönlich vor das Beamtenheer gestellt und diesem das Aufgabenfeld der Ingenieure exklusiv vorbehalten, hätte er nicht ein Jahr vor 1860 das Zeitliche gesegnet. Niemals hätte er der Formulierung im §3 der kaiserlichen Verordnung zugestimmt, die noch heute zitiert wird:

„Die Baubehörden als solche und die bleibenenden mit mehr oder weniger selbständigem Wirkungskreise bestehenden technischen Aemter oder Exposituren haben aufzuhören“.

Soweit ist es denn auch bis heute noch nicht gekommen. Das Zitat ist aber auch deshalb ausgewählt worden, weil es Grund zur Annahme gibt, daß mit der damaligen Verordnung vornehmlich das Bauwesen in die Hände des Freien Berufs gelegt werden sollte. Manch andere heutige Fachgruppe war 1860 schließlich noch nicht einmal als Fach entdeckt.

Insofern enthält für uns Geodäten auch eigentlich der §27 die „Goldene Bulle der Zivilingenieure“ (Abb.5) mit der allgemeingültigen Formulierung:

„...sind unabhängig vom Staatsdienste Civilingenieure zu bestellen, ...“.

Die damit im Zusammenhang stehenden Aufträge haben die Civil-Geometer, die heutigen Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen, seither für Österreich mit Bravour erledigt. Möge den Zivilingenieuren aller Fachgruppen auch weiter eine ebenso verantwortungsvolle wie erfolgreiche Zukunft mit vielseitigen Ingenieuraufgaben bevorstehen! Dies ist der erklärte Wunsch des Autors anlässlich des einhundertfünfzigjährigen Jubiläums des löblichen Standes.

#### Danksagung

Der Verfasser möchte sich ausdrücklich bei der Buchhandlung Karl Rau in München für wertvolle Quellenhinweise und die Beschaffung der zugehörigen Bücher sowie bei Herrn Dr. Michael Hiermanseder in Wien für die Schär-

fung unsicherer historischer Angaben bedanken. Darüber hinaus wird den Herren Dr.-Ing. Wolf Barth; Akademischer Direktor am Lehrstuhl für Geodäsie der TUM, und Dipl.-Ing. Peter Stix, Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen in Wien, großer Dank für die hilfreiche Unterstützung bei speziellen Recherchen geschuldet.

#### Literaturverzeichnis

- [1] *Österreichische Nationalbibliothek*: Reichs-Gesetzblatt für das Kaiserthum Österreich, Jg. 1860, LXXV. Stück, 268. Verordnung, 1860.
- [2] *Siemann, W.*: Metternich – Staatsmann zwischen Restauration und Moderne. C.H. Beck Wissen, München, 2010.
- [3] *Mikoletzky, J.*: Kurze Geschichte der Technischen Universität Wien. Universitätsarchiv der TU Wien, 2007.
- [4] *Chronik*: Die große Chronik-Weltgeschichte, Bd.13 „Industrialisierung und nationaler Aufbruch 1849 – 1871“. Wissen Media Verlag GmbH, Gütersloh/München, 2008.
- [5] *N.N.*: Wien-Ringstrasse. [www.suf.at/wien/ringstr/entstehung.html](http://www.suf.at/wien/ringstr/entstehung.html), besucht 16.05.2010
- [6] *Wellisch, S.*: Über Tunnelabsteckungen. ÖZfVw, 3.Jg., Nr.15-16, 1905.
- [7] *N.N.*: Die Pferdeeisenbahn von Linz nach Böhmisches Budweis. [www.fg.vs.bw.schule.de/doztg/pferdebahn/03.htm](http://www.fg.vs.bw.schule.de/doztg/pferdebahn/03.htm), besucht 14.06.2010
- [8] *König, W. (Hrsg.)*: Propyläen Technikgeschichte, Bd.2 „Mechanisierung und Maschinisierung“. Ullstein Verlag GmbH, Berlin, 1997.
- [9] *Ludescher, M., Wohinz, J.W.*: Vom Erzherzog zur scientific community. Austria-Forum, [www.austria-lexikon.at/af/Wissenssammlungen/Bibliothek/Die\\_Technik\\_in\\_Graz/Vom\\_Erzherzog\\_zur\\_scientific\\_community](http://www.austria-lexikon.at/af/Wissenssammlungen/Bibliothek/Die_Technik_in_Graz/Vom_Erzherzog_zur_scientific_community), besucht 26.01.2010
- [10] *Tiedemann, F.*: Projektirung von Eisenbahnen. ZfV, 1.Jg., S.226-235, 1872.
- [11] *Weiss, D., Schilddorfer, G.*: Die Novara – Österreichs Traum von der Weltmacht. Amalthea Signum Verlag, Wien, 2010
- [12] *Wägli, H.G.*: Von der Spanisch-Brötli-Bahn zum Suezkanal. EA 12, 2008. [www.bahn-journalisten.ch/pdf/berichte/2008-12-00-hgw.pdf](http://www.bahn-journalisten.ch/pdf/berichte/2008-12-00-hgw.pdf), besucht 11.06.2010
- [13] *Straub, H.*: Die Geschichte der Bauingenieurkunst. Birkhäuser Verlag, Basel Boston Berlin, 1992.
- [14] *Heyne, W.*: Rede des antretenden Rectors. TH Graz, 1888.

#### Anschrift des Autors

Univ.Prof. Dr.-Ing.habil. Thomas A. Wunderlich, Lehrstuhl für Geodäsie, Technische Universität München, Arcisstraße 21, D-80290 München.  
E-Mail: [th.wunderlich@bv.tum.de](mailto:th.wunderlich@bv.tum.de)



## Neo-Geodäsie und ein immersives Exabyte Weltmodell im Internet

Franz Leberl, Graz

### Kurzfassung

Wir erweitern unsere Diskussion der Internet-Inspiration in der Welt der Geodaten (Leberl & Gruber, 2009). Es interessiert uns in diesem Beitrag insbesondere die Anwendung in der „Ambient Intelligence“, in welcher das Internet mit allgegenwärtigen Sensoren zur Wahrnehmung von Objekten und ihrer Bewegungen, mit in diesen Objekten eingebetteten Chips zur Objektidentifizierung, weiters mit einer Internet-Benutzerschnittstelle etwa in der Form intelligenter Mobiltelefonie und schließlich mit einem 3-dimensionalen Modell des menschlichen Umfelds als Erweiterung eines herkömmlichen Geografischen Informationssystems kombiniert wird. Damit wird die Position und Bewegung jedes Objektes und Lebewesens festlegbar und ist per Internet zu dokumentieren, zu interagieren oder autonom zu steuern und anderweitig zu verwenden.

Uns interessiert weiters die Evolution des GIS in ein 3D Weltmodell, in welches wir erstens immersiv eintauchen können und welches zweitens durch die Mitwirkung von uns allen entsteht, indem wir als Experten unserer lokalen Umgebung eine Vielzahl an Detailinformationen einem Internet-System zufügen und etwaige Fehler korrigieren können. Wir alle werden damit als Photogrammeter und Geodäten tätig. Es entsteht eine neue Art der Vermessung, eben eine „Neo-Geodäsie“.

**Schlüsselwörter:** Ortsbewusstes Internet, 3D Geodaten, Luftbildphotogrammetrie, Geo-Immersion, Zufallsbilder, Umgebungsintelligenz, Internet-der-Dinge, Augmented Reality

### Abstract

We extend our previous discussion about Internet-inspired Geodata (Leberl & Gruber, 2009). We focus on *Ambient Intelligence*, where the Internet combines with ubiquitous sensors to track objects and their movements, with chips embedded inside these objects or carried by humans, and with intelligent user interfaces on smart phones. All this requires location information and thus a 3-dimensional model of the human habitat as an extension of the traditional geographic information system. The result is an ability to locate each object and human at any time and to document, interact with, control autonomously and use this knowledge in other ways via the Internet.

We are interested in the evolution of the GIS towards a 3D world model, into which we want to immerse ourselves. We want to understand how such a model can benefit from the participation of us all, as a community of users and experts of our very local environment. It is that local area about which we can contribute in the Internet a multitude of relevant data and correct any errors we might find. The user community will become active in photogrammetry and geodesy, and in the process we will experience a new type of surveying engineering, thus a *neo-geodesy*.

**Keywords:** Location-aware Internet, 3D Geodata, Aerial Photogrammetry, Geo-Immersion, Community Photo Collections, Ambient Intelligence, Internet-of-Things, Augmented Reality.

## 1. Was ist „Neo“ in einem „ortsbewussten Internet“?

### 1.1 Neo

Mit der Silbe *Neo*- in Verbindung mit Ortsdaten, also Vermessungs- oder auch geographischen Daten, bezeichnet man die neuartige Methode der Datenherstellung und Qualitätsprüfung durch uns alle als Datenverwender. Diese Datenerzeugung durch jedermann wird durch das Internet im Sinne eines Wikipedia-Ansatzes möglich. Wir alle fotografieren und können unsere Bilder in eine Community Photo Collection wie FLICKR einspeisen, welche ja heute pro Tag um etwa 1 Million neuer Bilder wächst. Wir alle gehen und fahren in Begleitung von diversen Sensoren, vor allen dem GPS in der Autonavigation, neuerdings

auch im Smart Phone und wir alle machen dabei leidvolle Erfahrungen mit Fehlern in Straßenkarten, wir alle haben Wissen über Orte, Straßen und Adressen, welches wir im Sinne eines Wiki-Ansatzes in den GIS-Datenbestand einbringen könnten. Denn wir alle sind Experten unserer lokalen Geographie. Goodchild (2008) und andere sprechen von *Neo-Geographie*, wenn sie vom Amateur-Anwender und seinem potentiellen Beitrag zu geographischen Datenbeständen sprechen. Der Begriff *Neo-Photogrammetrie* wird von Leberl (2010) propagiert.

### 1.2 Ortsbewusstes Internet

Mit *Ortsbewusstsein* im Internet bezeichnet man die seit etwa 2005 stets wachsende Verbindung von Internet-Suchdiensten mit geographischen

Daten, welche eine Ortsangabe mit dem Suchergebnis verbinden. Globale Angebote sind Google Maps / Google Earth und Microsofts Bing-Maps (früher Virtual Earth). Dazu kommen viele regionale Angebote, in Österreich etwa jenes des Internet-Telefonbuches von [www.herold.at](http://www.herold.at), wo zu jeder gefundenen Telefonnummer eine Ortsangabe in einer Straßenkarte und einem Orthophoto mitgeteilt wird.

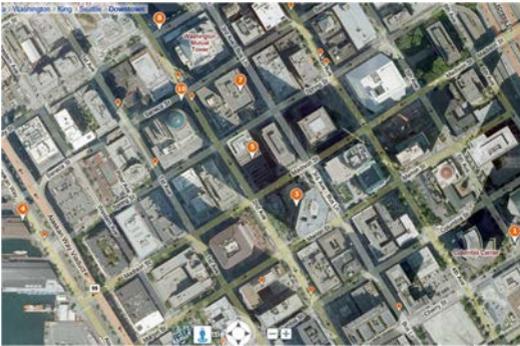


Abb. 1: Ergebnis einer „ortsbewussten“ Suche nach einem Café in Seattle. Screenshot aus Bing-Maps.

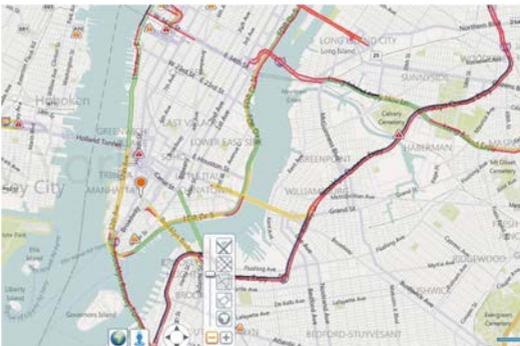


Abb. 2: Verkehrsaufkommen in New York durch farbige Markierungen der Straßenzüge. Rot bezeichnet einen Stau. Screenshot aus Bing-Maps.

Die Anwendungen des Ortsbewusstseins im Internet sind reichhaltig. Nicht nur kann eine Adresse aufgesucht, eine Reise vorbereitet oder von einem zum anderen Ort navigiert werden, sondern weit mehr ist möglich. Das Beispiel einer Suche nach einem Hotel oder Café wird in Abb. 1 bereitgestellt, während Abb. 2 die Momentaufnahme des Verkehrsgeschehens in einer Großstadt illustriert. Autos beginnen gerade, das Fahren durch das ortsbewusste Internet zu unterstützen. Denken wir nur an eine Anwendung, welche das gesammelte Wissen über alle Verkehrsteilnehmer in die Fahrtenplanung einbringt: dem Auto sind alle anderen GPS-gestützten Ver-

kehrsteilnehmer bekannt, auch die Fußgänger mit einem Smart Phone in der Tasche, vielleicht auch die geplante Fahrtroute jedes anderen Autos und Fußgängers. Und vermehrt wird diese Datenbasis mittels interaktiver Zufügungen durch beobachtende Autofahrer.

### 1.3 Zwei- versus drei-dimensionaler Ortsbezug

Die Google und Microsoft-Lösungen zum ortsbewussten Internet waren zunächst zwei-dimensional und eine Internet-Erweiterung der Straßenkarten und Orthophotos. Die Systeme hatten aber von Anfang an einen 3D-Ansatz ins Auge gefasst. Seit November 2006 bestehen in Bing-Maps von hunderten ausgewählten Städten 3-D Modelle, seit April 2008 schließen diese die Vegetation in 3D ein. Abb. 3 zeigt das Beispiel des Suchergebnisses einer Adresse mit einer 3-dimensionalen Darstellung.



Abb. 3: Screenshot des 3-dimensionalen Suchergebnisses von „Vienna, Opernring 9“ aus Bing-Maps.

### 1.4 Neo-Photogrammetrie und Neo-Geodäsie

Wir wollen in dieser Diskussion darauf hinweisen, dass der Begriff *Neo* die Photogrammetrie im Sinne der Sammlung von Amateurbildern betrifft, in der Geographie die Interpretation von Ortsbegriffen, etwa Namen, anspricht, aber dass die Idee insgesamt breiter gefasst werden kann. Sind nicht durchaus viele Elemente der Datenherstellung in der Vermessung oder Geodäsie im Begriffe, aus den Händen der reinen Spezialisten auf uns alle überzugehen? Einige wesentliche Voraussetzungen müssen dazu gegeben sein:

- Wir müssen das Internet zur Verfügung haben.
- Wir brauchen im Internet Karten oder geographische Informationssysteme im Sinne eines Ortsbewusstseins des Internet.
- Wir produzieren GPS/GNSS-Daten.
- Es muss möglich werden, die gesammelten Daten vollautomatisch zu verarbeiten, wobei dies

- i. die Nutzung eines hohen Niveaus der Datenredundanz voraussetzt und
  - ii. neue Lösungsansätze bei der Datenverarbeitung erfordert.
- e) Die Rechnerleistungen müssen weiterhin verbessert werden, um der dramatischen Vermehrung der Datenbestände durch einerseits die Redundanz und andererseits den Bedarf an grossem Detailreichtum Herr zu werden.

Wie breit der Begriff *Neo* anwendbar ist, sei an einem Beispiel illustriert. Es besteht das klassische photogrammetrische Thema der Erfassung von Straßen und Wegen. Das erfolgte bisher immer im Wege über eine manuelle oder computergestützte Klassifizierung von Straßen und Wegen in Luftbildern und der Eintragung des Ergebnisses in eine Straßendatenbank (Mayer, 1996). Nunmehr besteht die Option, uns alle mit unseren Autos und Smart Phones mit deren eingebautem GPS als Lieferanten von GPS-Spuren einzusetzen, aus welchen Straßen und Wege-Daten entwickelt werden können. Aus einer rein photogrammetrischen wird damit eine Geodäsieaufgabe. Das (Mess-) Bild verschwindet in diesem *Neo*-Ansatz nicht von der Bildfläche, ganz im Gegenteil. Das Bild erhält die Aufgabe, die Ortsdaten aus den GPS-Spuren zu interpretieren, zu verifizieren und beschreibend zu mehrern. Es verbleibt eine signifikante Aufgabe der photogrammetrischen Bildbearbeitung, diese Beschreibungen zu erzeugen.

## 2. Das Internet der Dinge

### 2.1 Ein URL für jedes Objekt

Es entsteht das sogenannte Internet-der-Dinge (Internet-of-Things oder IoT). Heute beschreibt eine URL (Uniform Resource Locator oder einheitlicher Quellenanzeiger) im Regelfall eine Internetadresse für eine Person oder eine Organisation. Im IoT wird diese Grundidee auf alle Objekte erweitert. Es wird also einer Lesebrille eine Internet-URL zugewiesen. Damit ist im Internet das Bestehen und eine Beschreibung dieser Lesebrille bekannt und aufsuchbar. Mit Billionen von Objekten dieser Welt ist der Raum an Internetadressen gegenüber dem heutigen Stand wesentlich zu erweitern.

Die Objekt-Information wird dem Internet im Wege über einen eingebauten Chip, einem so genannten Radio-Frequency-Identification Device (RFID) eingegeben. Ein Lesegerät nach Art von Abb. 4 wird über das Objekt geführt, liest die im RFID gespeicherte Information und speichert

sie nunmehr im Internet unter der zugewiesenen URL ab. Typische Informationen sind Eigentümer, Hersteller, Neupreis, Eigenschaften wie die Farbe und Brillenstärke usw.. Insofern ist die Verwendung von RFID nichts weiter als der Ersatz für die traditionellen Strichcodes. Als solches betreiben die erzeugende und die Logistik-Industrie das RFID als Ersatz für den Strichcode. Gerade in Verbindung mit dem Internet wird daraus aber wesentlich mehr.



Abb. 4: Lesegerät zur Erfassung der auf einem RFID-Chip gespeicherten Objekt-Information in verpackten Waren.

Das Forschungsthema IoT wächst dynamisch und hat sogar schon Lehrbücher verursacht, etwa Fleisch & Mattern (2005). Das darin treibende Element der RFID Chips wird selbst im Rahmen gewidmeter technischer Zeitschriften bearbeitet (<http://www.rfidjournal.com/>).

### 2.2 Ortswissen über jedes Objekt

In einem sehr klaren Beitrag des ETH-Professors für Persuasive Computing, Friedemann Mattern (2004) argumentiert dieser im Hinblick auf das Internet der Dinge: „Überhaupt besitzen Lokalisierungstechnologien ein hohes Anwendungspotential“. Es leuchtet ein, dass Objektbeschreibungen als ganz wesentliches Element ihren Ort, oft auch ihre Bewegung, beinhalten. Was nutzt die Beschreibung einer Lesebrille, wenn wir nicht wissen, wo sie sich befindet? Damit entsteht die Notwendigkeit, dem IoT auch dieses „Wo“, also Ortsdaten hinzuzufügen. Im Fall des Strichcodes ist „Ort“ einfach ein Lager oder ein Geschäft, aber diese Information wird nicht explizit gespeichert oder verwendet. Im IoT ist dies anders. Die Ortsangabe kann explizit dem Internet mitgeteilt werden, wenn der Ort des Lesegerätes bekannt ist. Wird also das RFID mit einem Lesegerät erfasst, dann ist der Ort des Lesegerätes etwa mittels GPS bekannt zu machen.

Lesevorrichtungen können aber in verschiedenen Formen realisiert werden. In Abb. 5 wird eine in einer Tür angebrachte Lesevorrichtung illustriert, welche dem Internet mitteilt, wenn ein Chip mit seinem Objekt durch diese Tür transportiert wird. Sind alle Türen aller Gebäude mit derartigen Lesern ausgestattet, wird die Lesebrille immer im Internet zimmergenau aufgesucht werden können.

Die geometrische Genauigkeit der Lage eines Objektes wird durch den Nutzen bestimmt. Museale Objekte werden sehr genau geortet werden wollen, das kann im Bereich von einem Zentimeter liegen. Für die Lesebrille werden wir eine Lagegenauigkeit im Bereich von Möbelteilen als sinnvoll erachten, um etwa die Brille in einer Tischlade finden zu können. Da werden 20 cm reichen. Hier ist eher entscheidend, dass es eines Ortsmodells eines Innenraumes bedarf, um die Lage der Lesebrille ausreichend genau orten zu können. In Außenräumen, etwa für Mülltonnen, würde eine Metergenauigkeit ausreichen.



*Abb. 5: Konzept eines RFID-Lesers in einer Tür. Ein Objekt mit RFID Chip lässt beim Durchgang Strom fließen und transferiert Daten in das stationäre Türsystem.*

### 2.3 Lebewesen und ihre Orte

Wir tragen heute eine große Zahl an Chips in unseren Geldbörsen, Auto- und Büroschlüsseln und Mobiltelefonen mit uns umher. Darüber hinaus sind Smart Phones mit GPS-Sensoren ausgestattet, welche unsere Position angeben. In Innenräumen würden Mobiltelefon-Zellen und WLAN-Einrichtungen, aber auch Sensoren in Türen und Kameras in jedem Raum eruieren können, wo sich wer befindet. Damit ist heute schon die technische Grundlage gegeben, das RFID-IoT-Paradigma auf Menschen und Tiere zu erweitern.

Dieser Information könnte auch auf recht einfachem Wege ein Bewegungsvektor zugefügt werden.

### 2.4 Wer, was, wo, immer und überall

Damit entsteht aus dem IoT ein System der allgegenwärtigen Information, also zu jeder Zeit und an jedem Ort zu wissen, wo sich meine Lesebrille befindet. Verallgemeinert besteht dann Wissen über den Aufenthalt jeder Mülltonne, jedes Gegenstands des täglichen Gebrauchs, jedes industriell gefertigten Objektes, jedes Tieres und schlussendlich auch jedes Menschen, solange der entsprechende Sender auf aktiv geschaltet ist. Datenschutzfragen werden im Zusammenhang mit IoT und Ambient Intelligence oft besorgt kommentiert (Van Kranenburg, 2008).

### 3. Die Photogrammetrie der Zufallsbilder

#### 3.1 Geometrische Auflösungskaskade

Es interessiert, wie Ortskenntnisse gewonnen werden können. Dazu ist vor allem ein Modell der Lebensumgebung des Menschen zu erstellen. Man kann erwarten, dass aus Luftbildern der geometrische Rahmen mit einer Genauigkeit von etwa 10 bis 20 cm abgesteckt wird. Dazu werden Luftbilder mit Überlappungen von 80% vorwärts und 60% seitwärts in urbanen Räumen erfolgen und vollautomatisch in ein dichtes Höhenmodell mit einem Punktabstand im Bereich eines Pixels umgewandelt. Dachtraufen sind daraus in der genannten Genauigkeit messbar. Wie diese 1-Pixel-Punktdichte zu rechtfertigen ist, war Gegenstand früherer Diskussionen (Leberl u.a., 2010). Aus Luftbildern sind auch Informationen über den Vegetationsbestand und die meisten der Fassaden ableitbar (Meixner & Leberl, 2010).

Bilder aus fahrenden oder von Hand getragenen Straßenkameras dienen der Modellierung der Straßenfassaden und Innenhöfe, Parkplätze und Industrieanlagen. Die Pixelgrößen sollten im Bereich von etwa 2 cm bleiben um sicherzustellen, dass alle Fassadenschilder und Details in drei Dimensionen interpretierbar sind. Die Auswertung dieser Straßenbilder folgt dem photogrammetrischen Verfahrensfluss einer Triangulierung zur Verknüpfung aller Bilder, auch wenn sie mittels GPS und IMU orientiert scheinen. Die notwendige Subpixel-Genauigkeit wird aber damit nicht sichergestellt – dazu ist eine Triangulierung notwendig. Auf diesen ersten Schritt folgt eine dichte Punktwolke mit einer Tiefenmessung pro Pixel, wiederum durch eine hohe Bildüberlappung und damit Redundanz im Bereich von 10 bis 20 Bildern pro Objektpunkt. Aus der Punktwolke und den Farbwerten der Bilder entsteht eine Interpretation der Straßenszenen und

Fassadenobjekte. Abb. 6 ist ein Beispiel einer automatischen Klassifizierung von Fenstern aus Straßenbildern.



Abb. 6: Automatisch klassifizierte und in rot markierte Fenster aus Vertikal-Luftbildern (aus Meixner, Leberl, 2010)

Beim Schritt in die Innenräume erhöht sich die geometrische Auflösung auf den Zentimeterbereich. Denn in Innenräumen sind deren Objekte auch zu erfassen und zu modellieren. Wie bei der Bedeckung aus der Luft und vom Straßenniveau gilt auch hier die Notwendigkeit, dass jeder Punkt im Innenraum auf 10 bis 20 Bildern abgebildet wird. Erst damit ist sichergestellt, dass eine automatische Triangulierung und dichte Punktwolke ohne Ausreißer errechnet werden kann.

Diese Auflösungskaskade definiert eine Datenmenge, die wir zuvor im Beitrag Leberl & Gruber (2009) für gewisse Annahmen eines Datengebildes der gesamten Welt dargestellt haben. Das begründet die Abschätzung für ein 3D Weltmodell im Exabyte-Bereich für einen Zeitpunkt oder eine Jahreszeit:

|   |                   |
|---|-------------------|
| Luftbilder von 148 Millionen km <sup>2</sup> , pan-rot-grün-blau-infrarot, 15 cm Pixel, 10-fach Redundanz | 0.2 EBytes        |
| Straßenbilder von 12 Mio urbanen Straßenkilometern, 12-Bild-Panorama Aufnahme alle 4m                     | 0.5 EBytes        |
| Innenräume von 10% aller 75 Mio Gebäude, 12 Bilder pro Standpunkt, 10 Standpunkte pro Gebäude             | 0.3 EBytes        |
| <b>Gesamt</b>   | <b>1.0 EBytes</b> |

### 3.2 Community Photo Collections CPC

Man kann sich die industrielle Erzeugung von Luftbildern von urbanen Räumen in regelmäßigen Abständen von etwa 3 Jahren und mittels

speziell ausgestatteten Fahrzeugen leicht vorstellen. Auch eine systematische Fahrt durch eine 250.000-Einwohner-Stadt mit 1000 Kilometern an Straßen zur Erzeugung von hoch-redundanten Bildern ist vorstellbar, wenn auch schon weniger klar ist, wie dies laufend gerechtfertigt wird, um frische Fassadenanstriche oder abgeänderte Straßenschilder und Geschäftsfassaden laufend aufs Neue zu erfassen.

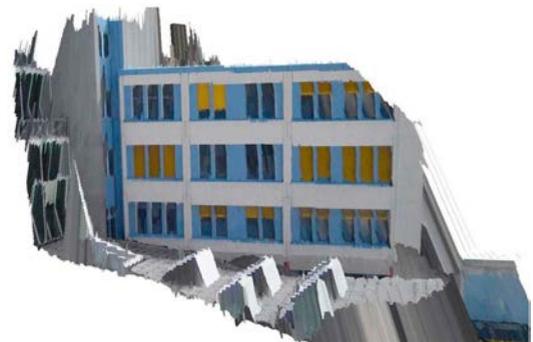
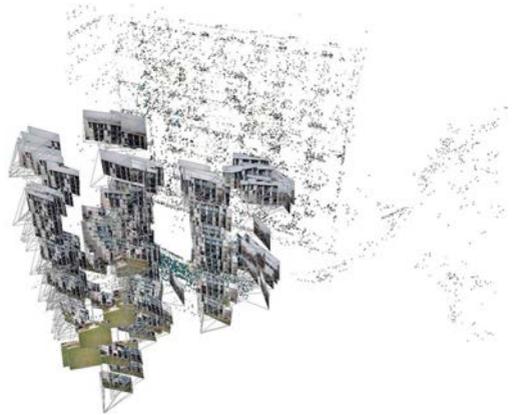


Abb. 7: Bildgebender Quadcopter; 3D-Modell von orientierten Bildern und Fassadenpunkten; Bildauswahl; rekonstruierte 3D Fassade und Dachsegmente (von oben nach unten). Aus Irschara u.a. (2010)

Es erscheint daher logisch, dass man davon ausgeht, dass Bilder von Gebäuden vom Straßenniveau aus durch Bewohner und Eigentümer jedes Gebäudes erstellt und ins Internet gestellt werden. Damit entsteht das Paradigma der

- Community Photo Collections, oft auch mit
- Crowd-sourced Imagery bezeichnet.

Wenn wir dies als zukünftige Hauptquelle von Bildinformationen ins Auge fassen, müssen wir mit Bildern umgehen lernen, für welche wir über keine innere Orientierung und keine Näherungswerte für die äußere Orientierung der Kameras verfügen, und die ziemlich unorganisiert und ohne geplante Aufnahmegeometrie bereitgestellt werden. Wir haben es mit

- Zufallsbildern zu tun;

vielleicht ist die Natur dieser Bilder auch dadurch zu kennzeichnen, dass man sie als

- Jedermanns Bilder bezeichnet.

Mit ausreichender Redundanz ist es aber möglich, aus solchen Bildverbänden eine innere Orientierung und auch die Kamerastationen und Orientierungswinkel zu ermitteln. Beispiele für Lösungen sind Photo-Tourism (in einer einzigartigen Gemeinsam-Publikation von Google und Microsoft-Forschern in Agarwal u.a., 2010), Photosynth (Agüera y Arcas, 2007), das Darmstadt-System von Gosele u.a. (2010), und in Österreich ein Ansatz von Irschara u.a. (2010). Zu bemerken ist, dass es viele akademische Einrichtungen der Computer Vision gibt, an welchen ähnliche Lösungen entwickelt wurden. Zu bemerken ist aber auch, dass diese Lösungen bisher keinen Einzug in die Photogrammetrie erfahren haben.

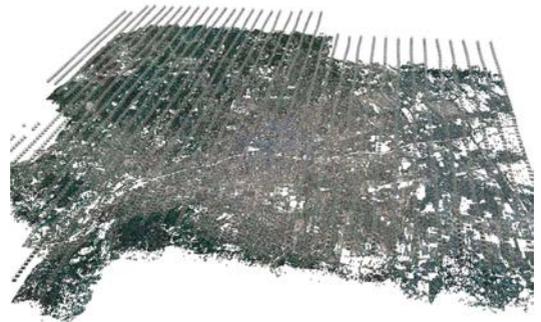
Wenn einmal eine Subpixel-Triangulierung gelungen ist, wird eine dichte Punktwolke gerechnet, welche der nachfolgenden Fassadenanalyse als Ausgangspunkt dient. Abb. 7 ist ein Beispiel aus dem Team um A. Irschara, in welchem Bilder aus einem ferngesteuerten Quadcopter zur 3-dimensionalen Modellierung herangezogen wurden.

#### 4. Datenprogression von 150 Filmluftbildern zu Millionen Jedermannbildern

##### 4.1 Filmkameras

Aus der Zeit der Luftbildfilme sind wir mit der Idee vertraut, dass ein gegebenes Gebiet mit der minimalen Anzahl überlappender Filmbilder erflogen wird, sodass sichergestellt ist, dass man Stereomodelle zur manuellen Auswertung zur Verfügung hat, die variablen Kosten für den Film und seine Verarbeitung, das Abtasten, die Triangulierung usw. minimal bleiben. Jeder

Objektpunkt ist von 2 Bildern erfasst. Man flog mit 65% Vorwärts- und 25% Seitwärtsüberlappung. Der Bildflug war so hoch angesetzt, dass man den Zweck gerade noch erfüllen konnte. Nach der Abtastung der Filmbilder aus urbanen Vermessungen entstanden Pixelgrößen von vielleicht 20 cm. Eine Stadt wie Graz mit ihren 150 km<sup>2</sup> wurde auf diese Weise auf 150 Filmbilder abgebildet. Die Zahl der Stereomodelle ist zwar minimal, aber so sind auch die variablen Material- und Arbeitskosten pro Bild für das Gesamtprojekt so gering wie nur möglich.



**Abb. 8:** 3000 Luftbilder von Graz aus der UltraCam digitalen Luftbildkamera. Die Triangulierung liefert eine dünne Punktwolke (25.000 Punkte pro km<sup>2</sup>) und die Kamerapositionen mit Orientierungswinkeln (oben). Unten ist das Ergebnis der Berechnung der dichten Punktwolke zu 100 Mio. Punkten pro km<sup>2</sup>, in diesem Falle mit der Phototextur überlagert (Grazer Opernhaus). Aus Leberl u.a. (2010).

##### 4.2 Digitale Luftbildkamera

Es gibt praktisch keine variablen Kosten pro Bild bei der Digital-Befliegung. Und bei der Bearbeitung sind die Kosten auch nicht pro Bild anzusetzen, wenn es gelingt, die Verarbeitung automatisch zu gestalten. Das selbe Gebiet von Graz

wird nun mit 85% Vorwärtsüberlappung und 65% Seitwärtsüberlappung erfolgen. Man fliegt auch in geringerer Flughöhe zur Erzielung kleinerer Pixel vom 8 cm. Das Ergebnis sind etwa 3000 Bilder für dasselbe Stadtgebiet.

Abb. 8 zeigt diese 3000 Luftbilder nach einer automatischen Triangulierung in ihrer erfolgten Anordnung und mit einer dünnen (=sparse) Triangulierungs-Punktwolke. Auch dargestellt ist eine Segment mit einer dichten Punktwolke.

### 4.3 Community Photo Collection oder Zufallsbilder

Denken wir an einen Aufruf des Bürgermeisters, dass jeder Bewohner und Hausbesitzer von seinen 4 Gebäudefassaden etwa 10 Bilder machen solle. Diese Bilder seien im Internet auf einer Webseite hochzuladen, die in Analogie von FLICKR in der Lage ist, diese Bilder zu erfassen und zu verwalten. Eine Stadt mit 250.000 Einwohnern hat in etwa 75.000 Gebäude oder Objekte wie Garagen, Häuser, Tankstellen, Industriegebäude usw. Mit 40 Bildern je Gebäude kämen wir auf eine Zahl von 3 Millionen Bildern, also eine Zahl von Neuzugängen, welche auf FLICKR in 3 Tagen verarbeitet werden müssen. Diese 3 Millionen Bilder sind kleiner als die digitalen Luftbilder, sodass die Jedermann-Bilder nur etwa 50 mal das Volumen der Digitalluftbilder vermehren. Pixelgrößen sind bei den Jedermann-Bildern im Bereich von 2 cm, während die Luftbilder Pixel von etwa 8 cm aufweisen würden. Die Pixelgrößen erklären ein Drittel des Volumen-Unterschiedes. Zusätzlich ergibt sich eine Bedeckung jedes Objektpunktes mit 20 bis 30 Bildern. Dieses vis-a-vis den Luftbildern vergleichsweise höhere Maß der Redundanz ist dann von besonderer Bedeutung, wenn Verdeckungen durch Vegetation, Fahrzeuge, Passanten, Sonnenschutz, Schilder usw. zu bearbeiten sind.

### 5. Ortswissen für die Umgebungszintelligenz/ Ambient Intelligence

Ambient Intelligence oder Umgebungszintelligenz bezeichnet die Idee, *Sensoren, Funkmodule und Computerprozessoren massiv zu vernetzen, um so den Alltag zu verbessern* (Wikipedia, 2010). Die Selbstdarstellung einer Ambient Intelligence Forschergruppe an der Universität Bielefeld definiert sich wie folgt: *„We conduct research in the areas of wearable computing, pervasive/ ubiquitous computing, tangible interactions, augmented reality, multimodal human-computer interaction, data mining and sonification“*. Encarnação (2008) definiert wie folgt: *„Ambient*

*Intelligence ist ein Paradigmenwechsel. Es bedeutet, dass wir davon ausgehen, dass IT sein wird wie Wasser aus der Leitung oder Strom aus der Steckdose. Egal, wo ein Mensch ist, kann er Unterstützung bei seinen Aufgaben bekommen. Ob im Arbeitszimmer, im Krankenhaus oder im Büro – man will ihn mit Computing bedienen.“*

In Erweiterung des Konzepts des Internet-of-Things (IoT) werden hier alle Objekte nicht nur um Kommunikationsfähigkeit, sondern auch um eine gewisse Intelligenz erweitert. Das oft gebrauchte Beispiel sind die automatisch aktivierten Fenster-Rollläden als Funktion der Außen- und Innentemperatur, der Tageszeit, des Sonnenstandes und der Fenstergeometrie. Bauten sind ein aktives Studienobjekt in der Entwicklung der Umgebungszintelligenz. Man spricht auch vom *Nervensystem für Bauwerke* (Iwainsky, 2009).

Eine besonders visionäre Betrachtungsweise ist jene von M. Weiser (1991), der das Konzept des Ubiquitous Computing (=Rechnerallgegenwart, oft auch Ubiquitäres Rechnen) erdacht hat. Darin weist er auf die Wichtigkeit des Ortsbewusstseins hin: *„Little is more basic to human perception than physical juxtaposition, and so ubiquitous computers must know where they are“*. Diese Rechnerallgegenwart wird vereinfachend oft als ein Synonym der Ambient Intelligence gesehen. Offensichtlich ist, dass das Rechnen heute schon allgegenwärtig ist, zum Beispiel im Auto, wir aber von einer Realisierung einer Umgebungszintelligenz noch entfernt sind. Denn den Einzug in das Auto und damit das Verkehrswesen hat das Internet noch vor sich. Wenn die zentrale Frage des IoT darin besteht, welches Objekt sich in welchem Zustand an welchem Ort befindet, so geht Ambient Intelligence weiter: sie erfasst nicht nur Zustandsinformation, sie steuert auch Objekte aufgrund von Sensordaten und von objekt-inhärenten Fähigkeiten, um menschliches Leben zu erleichtern.

Verkehrsströme, Gesundheitswesen, Wohnen, Leben im Alter, Lernen oder Unterhaltung sind typische Entwicklungsgebiete für Ambient Intelligence. Nehmen wir für das Thema Verkehrsströme doch noch einmal an, es wären alle Autos mit Navigationssystemen und computer-assisted Lenkerunterstützung ausgestattet, und alle Autos wären via das Internet vernetzt, genauso, wie an jeder Ampelkreuzung die Ampelsteuerung über das Internet und diverse Sensoren im Kreuzungsbereich erfolgen würde. Nehmen wir weiters an, dass das Wetter überall beobachtet und in Modelle für die Beeinflussung von Verkehr eingebracht werden kann. Und betrachten wir

weitere die Möglichkeit einer allzeit aktualisierten Datenbank für Unfälle und Baustellen, die sich auch durch interaktive Eingaben der Verkehrsteilnehmer selbst speist. Damit bestünde eine Basis an Daten aus Sensoren und von Menschen, eine Rechnerleistung an Ampeln und in Fahrzeugen, welche ein Verkehrsmanagement von bisher nicht da gewesener Leistungsfähigkeit aufbauen ließe: warum sollte es in einer solchen Welt zu Verkehrsstaus kommen? Und können wir nicht erwarten, dass die Reisezeiten absolut minimiert und der Energieverbrauch optimiert wird?

Das Nervensystem für Bauwerke setzt voraus, dass in einem Gebäude alle Mauern und Fußböden, Wasser-, Strom- und Gasleitungen, Fenster, Türen, Klimaeinrichtungen usw. mit Sensoren und Steuerungen dicht belegt sind. Diese Sensoren liefern Daten an das Internet und die Steuerungen beziehen ihrerseits Anordnungen aus dem Internet. Dazu ist die Information über die Bewohner und Nutzer von Räumen gegeben, sowohl deren Präsenz als auch deren Pläne, etwa die Erwartungen zur Raumnutzung aus den Verkehrsströmen.

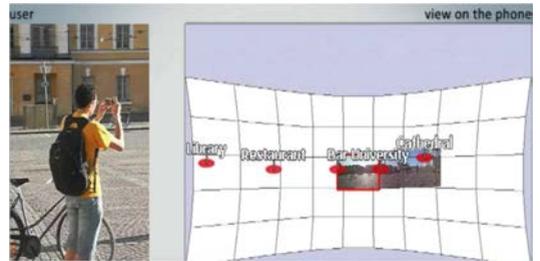
Unterlegt sind diese Visionen mit der Notwendigkeit, über 3D-Modelle der Gebäude zu verfügen, oder bei Verkehrsströmen Modelle der Straßen, Wege und Kreuzungen verwenden zu können. Damit wird unmittelbar verdeutlicht, wie die Aussagen von Weiser (1991) oder Mattern (2004) über „Locations“ zu verstehen sind.

## 6. Immersion

Mit Immersion bezeichnen wir die Erfahrung eines Betrachters in der virtuellen oder gemischten Realität. Dieses Eintauchen in eine Datenwelt erfordert die Vorgabe von geometrischen und visuellen Daten über unsere Umwelt, also genau jener Daten, die wir für ein 3D Weltmodell erzeugen. Uns als Bewohnern von Gebäuden, Nutzern von Fahrzeugen, Fußgängern in urbanen Räumen, Besuchern in Shopping Malls, Museen und wichtigen öffentlichen Einrichtungen verspricht die Verbindung unserer direkten sensorischen Eindrücke, vor allem mit unseren Augen, mit Daten aus dem Internet eine Erleichterung im Alltag. In einem früheren Beitrag haben wir auf ein Beispiel einer technischen Augmented Reality Anwendung im Bereich der kommunalen Infrastruktur hingewiesen [Projekt Vidente, 2009; Schall u.a., 2009; Leberl & Gruber, 2009].

Die Anwendung beruht auf einem Interface mit bildgebenden und positionsbestimmenden Sensoren, das bevorzugt stets mehr als Smart

Phone ausgebildet ist. Dazu kommt der Zugang zu einem Server mit einer großen Datenmenge, die durchsucht und auf das Interface gebracht wird. Um dies zu bewerkstelligen, ist eine Datenverbindung mit hoher Leistung vonnöten. Abb. 9 beschreibt die Kombination eines Smart Phones und eingespielter Daten in einer Anwendung auf die Fußgängernavigation.



**Abb. 9:** Fußgängernavigation. Der Anwender (links) richtet das Smart Phone auf ein Objekt. Durch eine schweifende Bewegung entsteht ein Panoramaüberblick, auf welchen die eingespielte Information aus einem so genannten Content-Server im Internet in der Form roter Markierungen auf das Panoramabild übertragen wird (rechts).

Die Umgebungsintelligenz im Sinne der Ambient Intelligence kann durchaus autonom als selbst regulierendes System verstanden werden, während die Immersion ein menschliche Interaktion mit Daten ermöglicht. Daher handelt es sich um zwei voneinander entkoppelte Konzepte, die aber beide auf einem Datenmodell der Umgebung (Human Habitat) aufbauen. Der Anspruch an die Genauigkeit und den Detailreichtum kann durchaus derselbe sein.

## 7. Ausblick

Die Entwicklungen im Geodatenbereich, die Ansprüche an Genauigkeit, Detailreichtum und Aktualität definieren sich alle im Hinblick auf eine fortgesetzte Verbesserung des Preis-Leistungsverhältnisses im Computing. Die Datenbereitstellung durch alle Anwender, welche wir mit der Silbe Neo zu erfassen suchen, setzt die fortgesetzte Verbreitung des Internet, die allgemeine Verfügbarkeit intelligenter Sensoren, darunter vor allem Kameras, und schließlich den Willen und die Fähigkeit der Anwender zum Umgang mit den Datensystemen im Internet voraus. In allen Fällen darf mit einer Vertiefung und Verbesserung der Technologien und damit des Angebotes gerechnet werden.

Ein 3D Weltmodell im Zentimeter- und Dezimeterbereich war vor nur wenigen Jahren undenkbar

und ist heute im Entstehen. Die heute genannten Exabyte-Datenmengen beeindrucken nur beschränkt. Schließlich haben wir in den letzten 30 Jahren Computing-Verbesserungen im Bereich von 12 Millionen erlebt und verarbeitet. Exabyte stellen daher in Zukunft kein einschüchterndes Volumen dar. Wenn wir mit einer weiteren Verbesserung in den kommenden 30 Jahren im Bereich von 1 Million rechnen dürften, dann würde dies bedeuten, dass eine Rechnerkonfiguration des Jahres 2010 mit 5000 CPUs, die in mehreren 40-Fuss-Containern untergebracht werden muss, in 30 Jahren auf die Größe einer Zündholzschachtel geschrumpft ist und in jede Hosentasche passt. Selbstverständlich erfordert dies die Fortsetzung einer Innovationsdynamik, die nun schon seit 2 Ingenieur-Generationen anhält.

Die Geodaten-Konventionen brechen auf. Es geht weg von standardisierten Datenerfassungs- und Auswertemethoden und hin zu Jedermann als Datenlieferant, mit bisher nicht vorstellbarer Automatisierung der Datenanalysen. Genauigkeitsstandards werden missachtet, statt dessen gilt: ist es nützlich, passt es. Die letzten 10% der Datenspezifikationen sind zu exotisch, um darüber viel nachzudenken. Dieser Dynamik stehen gesellschaftliche Sorgen gegenüber, die eine Angst vor dieser Datenflut artikuliert, den Verfall der Wertschätzung für höchste Genauigkeiten und geprüfte Qualität bedauert und den gläsernen Menschen als Negativbild vor Augen hat.

Die Mobiltelefonie erreicht heute 50% der Menschheit und ist in einer Innovationsspirale zum Interface im Sinne der Augmented Reality. Kameras und andere Sensoren, das Internet und Cloud Computing verschmelzen zu einer Infrastruktur im Sinne der Neo-Vermessung für ein immersives 3D Weltmodell. Es brechen hervorragende und interessante Zeiten für die Welt der Geodaten an.

#### Danksagung

Dieser Beitrag hat zwar nur einen Autor, beruht aber auf Einsichten und Beiträgen von vielen an unserem Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen. Besonders erwähnen möchte ich meine Professorenkollegen Horst Bischof, Dieter Schmalstieg und Gerhard Reitmayr. Am Nachbarinstitut gibt es meinen „System-on-Chip“ Freund KC Posch, der mir hilft, das Internet der Dinge abzuwägen. Und dann sind einige der Doktoranden, besonders Arnold Irschara, die mir verständlich machen, was die neuen Bildanalyseverfahren leisten und wie man diese rasend schnell auf GPU-gestützten Rechnern ablaufen lässt.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Agarwal S., Y. Furukawa, N. Snavely, B. Curless, S. Seitz, R. Szeliski (2010): Reconstructing Rome. IEEE Computer, Volume 43, Number 6, pp 40-47.
- [2] Agüera y Arcas B. (2007): [http://www.ted.com/talks/blaise\\_aguera\\_y\\_arcas\\_demos\\_photosynth.html](http://www.ted.com/talks/blaise_aguera_y_arcas_demos_photosynth.html)
- [3] Encarnação José Luis (2008): Ambient Intelligence – The New Paradigm for Computer Science and for Information Technology. it - Information Technology, January, Vol. 50, No. 1: pp. 5-6
- [4] Fleisch E., F. Mattern (Hrsg.) (2005): Das Internet der Dinge. Springer Verlag, 379 S.
- [5] Goesele M., J. Ackermann, S. Fuhrmann, R. Klowsky, F. Langguth, P. Mücke, M. Ritz (2010): Scene Reconstruction from Community Photo Collections. IEEE Computer, Vol. 43, Number 6, pp. 48-53.
- [6] Goodchild M. (2008): Assertion and authority: the science of user-generated geographic content. Proceedings of the Colloquium for Andrew U. Frank's 60th Birthday. GeoInfo 39. Department of Geoinformation and Cartography, Vienna University of Technology.
- [7] Irschara A., V. Kaufmann, M. Klopschitz, H. Bischof, F. Leberl (2010): Towards Fully Automatic Photogrammetric Reconstruction Using Digital Images Taken From UAVs. In: Wagner W., Székely, B. (eds.): ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7A, pp. 65-70
- [8] Iwainsky A. (2009): Nervensysteme für Bauwerke. GFal-Informationen [Informationschrift der Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik, Berlin, [www.gfai.de/](http://www.gfai.de/)], 2/2009, S. 4-5.
- [9] Leberl F., M. Gruber (2009): Aufbau und Nutzung einer virtuellen Erde im Internet. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, 97. Jahrgang, Heft 3/2009, S.359-370.
- [10] Leberl F., H. Bischof, T. Pock, A. Irschara, S. Kluckner (2010): Aerial Computer Vision for a 3D Virtual Habitat. IEEE Computer, Volume 43, Number 6, pp 24-31.
- [11] Leberl F. (2010): Time for Neo-Photogrammetry? GIS-Development. Volume 14, Issue 2, pp 22-24.
- [12] Mattern F. (2004): Ubiquitous Computing: Schlaue Alltagsgegenstände – Die Vision von der Informatisierung des Alltags. Bulletin SEV/VSE 19/04 [Zeitschrift für Elektrotechnik. Offizielles Publikationsorgan von Electrosuisse und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)].
- [13] Mayer H. (1996): Extracting Narrow Linear Structures from Remote Sensing Images Using Search, Global Non-Maximum Suppression and Resolution/Scale Integration. In Jähne B., P. Geißler, H. Haußecker, F. Hering (Eds.): Mustererkennung 1996, 18. DAGM-Symposium, Heidelberg, 11.-13. September 1996, Proceedings. Informatik Aktuell Springer 1996. S.374-382.
- [14] Meixner P., F. Leberl (2010): Describing Buildings by 3-Dimensional Details Found in Aerial Photography. In: Wagner W., Székely, B. (eds.): ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7A, pp. 151-156.
- [15] Schall G., D. Schmalstieg, F. Leberl (2009): Einsatz von mixed reality in der Mobilen Leitungsauskunft, in Tagungsband der 15. Geod. Woche Obergurgl, Wichmann-Heidelberg, ISBN 978-3-87907-485-3. pp. 131-138.