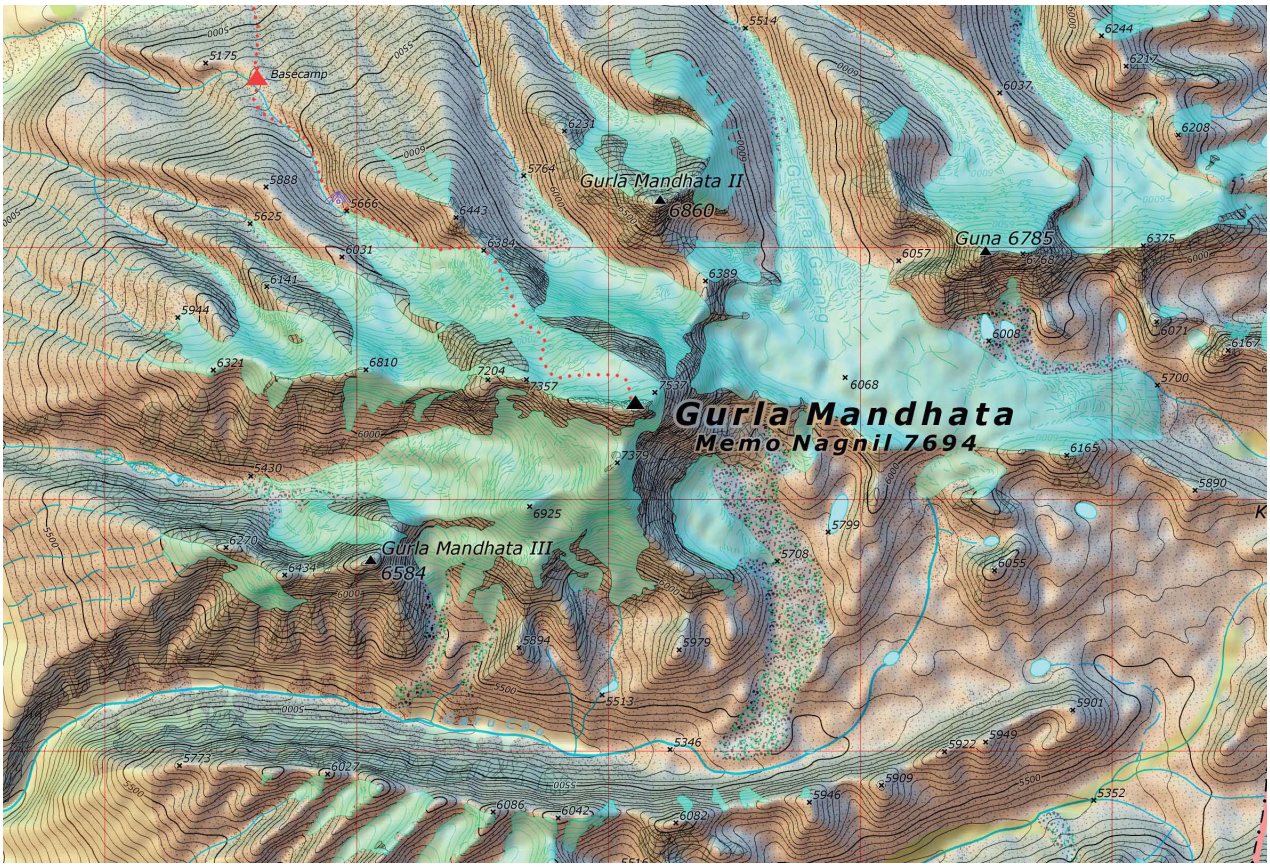
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Fakultät Umweltwissenschaften Institut für Kartographie



Dirk Burghardt (Hrsg.)

Vom Gelände zur Karte ...

Festschrift anlässlich des 65. Geburtstages von Prof. Dr. phil. habil. Manfred F. Buchroithner

Kartographische Bausteine, Band 40
Dresden 2016

Fakultät Umweltwissenschaften
Institut für Kartographie
TU Dresden
01062 Dresden

Telefon: 0351 463 34809
Fax: 0351 463 37028
https://tu-dresden.de/bu/umwelt/geo/ifk

VOM GELÄNDE ZUR KARTE...

Festschrift anlässlich des 65. Geburtstages von
Prof. Dr. phil. habil. Manfred F. Buchroithner

Herausgeber:
Dirk Burghardt
Technische Universität Dresden
Institut für Kartographie
01062 Dresden

Desktop Publishing:
Uta Heidig, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie

Titelbild:
Ausschnitt aus der Karte „Kailash/Gurla Mandhata“, Tibet/Nepal 1:100 000 (verkleinert auf 80%)
Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung e. V.
Institut für Kartographie, TU Dresden, 2014

Kartographische Bausteine, Band 40
Dresden 2016

ISBN 978-3-86780-497-4

INHALTSVERZEICHNIS

Zum Wirken von Manfred Buchroithner
Dirk Burghardt 5

Knowledge about Glacier Mass Changes in High Asia Significantly Improved due to TUD-IfK Research
Tobias Bolch, Tino Pieczonka, Nicolai Holzer, Juliane Peters, Kriti Mukherjee, Atanu Bhattacharya 13

Kartographie: Visualisierung von Objekten und Phänomenen in Raum und Zeit – Ein Essay in zehn Aspekten
Lorenz Hurni 25

Autostereoskopie am Institut für Kartographie der TU Dresden
Claudia Knust 49

Speleology of the Gomantong Karst Systems beyond the Edible Birds' Nest
Mohammed Oludare Idrees, Biswajeet Pradhan 59

Anmerkungen zu Gestaltungsoptionen in digitalen 3D-Landschaftsmodellen
Nikolas Prechtel 75

Studienangebote im Umfeld Kartographie und Geomatik an den traditionellen Stätten grundständiger Kartographie-Lehre in Deutschland – ein Vergleich
Gertrud Schaab 97

Modelling the Restoration Potential of Abandoned Agricultural Land in Gadarif Region, Sudan
Hussein M. Sulieman 117

Verzeichnis der Habilitationen 127

Verzeichnis der Promotionen 129

Verzeichnis der Publikationen Manfred F. Buchroithner 135

ZUM WIRKEN VON MANFRED BUCHROITHNER

Dirk Burghardt
Institut für Kartographie, Technische Universität Dresden

Am 17.12.2015 ist Manfred Buchroithner, Professor am Institut für Kartographie der Technischen Universität Dresden, 65 Jahre alt geworden. Mit der vorliegenden Festschrift möchten wir einen Kartographen und Hochschullehrer ehren, der es geschafft hat, trotz zunehmender Spezialisierung in der Wissenschaft, ein breites Spektrum an Forschungsgebieten zu bearbeiten und zu prägen. Zwei Attribute kennzeichnen die wissenschaftlichen Arbeiten und Aktivitäten von Manfred Buchroithner – *interdisziplinär* und *international*.

Die „Interdisziplinarität" hat sich schon während des Studiums in Graz (Österreich) gezeigt, so hat Manfred „Geologie und Paläontologie" studiert, „Mineralogie und Petrographie" sowie natürlich „Kartographie und Fernerkundung". Seine Dissertation auf dem Gebiet der Paläontologie hat er mit Auszeichnung abgeschlossen. Die „internationale" Ausrichtung wird u. a. sichtbar durch die wissenschaftlichen Einrichtungen, an denen er als Postdoktorand tätig war, beispielsweise das International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (kurz ITC) (heute Fakultät an der Universität Twente, Niederlande) oder die Studienaufenthalte in Verbindung mit dem Fullbright-Stipendium in Forth Worth (Texas), Denver (Colorado) und an der Stanford University (Kalifornien). Im Ergebnis hat sich Manfred Buchroithner 1984 mit einer Arbeit zur „Allgemeinen Geologie mit besonderer Berücksichtigung der Fernerkundung und Luftbildgeologie" habilitiert.

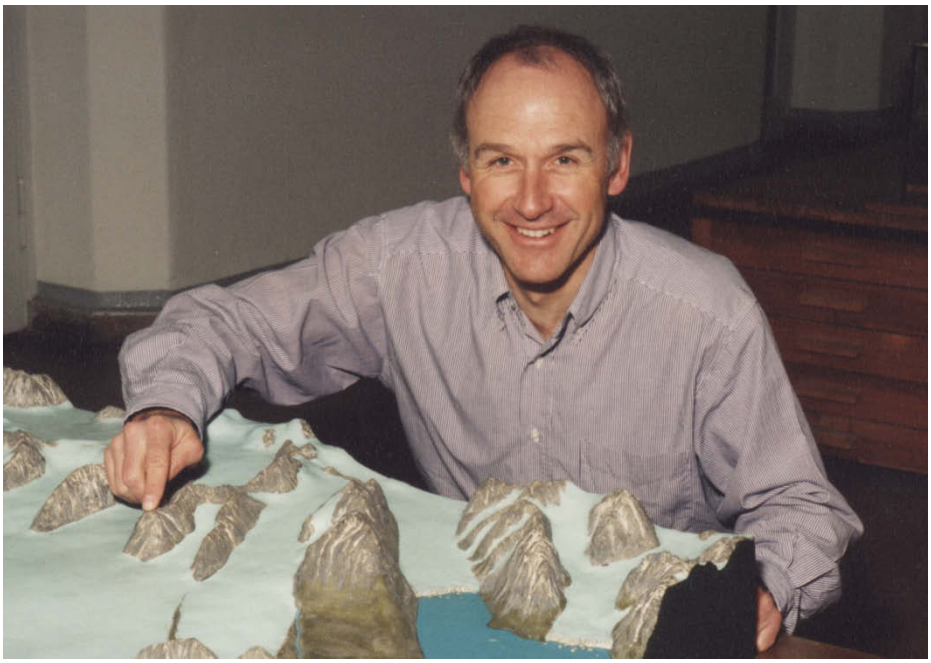


Abbildung 1: „Der kurze Weg zum Gipfel" – demonstriert vom neu berufenen Professor.

Eine wichtige Station in der beruflichen Laufbahn von Manfred Buchroithner war die Zeit von 1985 bis 1992 als Leiter des Institutes für Digitale Bildverarbeitung und Grafik der Forschungsgesellschaft Joanneum in Graz (heute Joanneum Research). Hier konnte Manfred an der Schnittstelle von Wissenschaft und Anwendung tätig werden. Auch in dieser Zeit war Manfred Buchroithner international sehr aktiv, z. B. als UNO-Experte für die Fernerkundungs-Ausbildung in Nigeria. Gleichzeitig zu diesen Aufgaben entstand eine umfangreiche Monographie zur Fernerkundungskartographie mit Satellitenaufnahmen. Eine Gastprofessur für Physische Geographie an der Universität München im Jahr 1989 unterstreicht die breite, interdisziplinäre Ausrichtung und zeigt, wie es Manfred gelingt, universitäre Lehre und praxisbezogene Forschung in seiner Person zu vereinen. Das Holzrelief der Region Schladming, welches er zum Abschied von den Kollegen am Joanneum Research erhalten hat und welches noch heute an der Wand in seinem Büro hängt, erinnert an diese Zeit.

Im Mai 1992 wurde Manfred Buchroithner auf den Lehrstuhl für Kartographie an der Technischen Universität Dresden berufen. In der ersten Institutsberatung würdigt er die „Dresdner Schule der Kartographie" und erläutert, dass er an den Traditionen und Studienschwerpunkten des Kartographie-Diploms nichts grundsätzlich verändern möchte. Gleichwohl zeigt sich schon bald, dass neue Methoden aus Fernerkundung, GIS, Multimedia und Automatisierung in Lehre und Forschung Einzug halten. Das wissenschaftliche Profil, welches Manfred verkörpert, verdeutlicht die rasante Entwicklung, die sich mit dem Wechsel von der analogen zur digitalen Kartographie vollzogen hat. Eine Vielzahl von Publikationen in wissenschaftlich renommierten Zeitschriften sowie die Mitarbeit an mehreren Buchveröffentlichungen, u. a. als Editor, Fachlektor oder Mitautor zeigen in eindrücklicher Weise, wie Manfred Buchroithner diese Entwicklung mitgestaltet hat. Insgesamt sind mehr als 500 Publikationen entstanden (d. h. ca. 1 pro Monat!), wovon er etwa die Hälfte als Einzelautor veröffentlicht hat (ein detailliertes Verzeichnis ist im Anhang der Festschrift).

Abbildung 2, 3: Laserscanning in den Gomantong- und Niah-Höhlen in Borneo im Rahmen eines von der „National Geographic Society" geförderten Projektes.

Eine wesentliche Grundlage für die wissenschaftlich-methodische Forschung bildeten die vielfältigen Geländearbeiten und Exkursionen, welche Manfred Buchroithner organisiert und geleitet hat.

„ … die Geländearbeit ist für den Kartographen unverzichtbar" –

diese Worte können quasi als Leitmotiv verwendet werden, um die kartographischen Arbeiten des Jubilars zu charakterisieren. Stellvertretend können nur einige Geländearbeiten und Regionen aufgezählt werden, beispielsweise die langjährigen Aktivitäten zum Gletschermonitoring in der Himalaya- bzw. Everest-/Khumbu-Region sowie in Tibet am Zhadang-Gletscher. Schon seit 1992 ist Manfred Buchroithner Scientific Advisor des Tibetischen Mount Everest-Nationalparks „Qomolungma Nature Preserve (QNP)".

In den tropischen Regionen der Welt galt das Interesse u. a. der Erfassung und Modellierung komplexer Höhlensysteme mittels Terrestrischer Laserscanner. So konnten in den Jahren 2012 und 2014 in Borneo im Rahmen eines „National Geographic" – Projektes umfangreiche 3D Scanarbeiten in den Gomantong- und Niah-Höhlen durchgeführt werden.

Auch die chilenischen Anden gehören zu einer Region in der Manfred Buchroithner verschiedenste Forschungsarbeiten durchgeführt hat, beispielsweise Untersuchungen zur exogenen Morphogenese d. h. von außen einwirkenden Prozessen bei der Reliefbildung – u. a. im „Valle de Barrancas Blancas Basin".

Ergebnisse von Exkursionen und kartographischen Feldarbeiten werden oft erst nach Monaten sorgfältiger Auswertung und Nachbearbeitung sichtbar, sei es auf dem Gebiet der Gletscherforschung, der Höhlenvermessung oder der Hochgebirgskartographie. Umso erfreulicher ist es, wenn dabei entstandene kartographische Produkte internationale Sichtbarkeit und Anerkennung erlangen. So wurden Karten, die am Institut für Kartographie entstanden sind, insgesamt vier Mal mit dem „Best Map Award" (Excellence in Cartography) der „International Cartographic Association" ausgezeichnet.

Abbildung 4: Entwurf von Felszeichnungen unter Verwendung von Anaglyphenbildern.

Ausführlich hat sich Manfred Buchroithner hierbei mit der Nutzung der verschiedensten 3D-Visualisierungstechniken für kartographische Anwendungen und zur Unterstützung der dreidimensionalen räumlichen Wahrnehmung beschäftigt, beispielsweise mittels Hologrammen, Anaglyphenbildern oder Stereoskopischen Displays. 1997/98 konzipierte und realisierte er die erste holographische Reliefkarte (präsentiert 1999 auf der International Cartographic Conference in Montreal). Insbesondere die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Nutzung der Lentikularfolientechnik führten im Jahr 2004 zur Veröffentlichung von 2 Patenten: „Topographical Map" und „Three-Dimensionally Visually Perceptive Topographical Map".

Das aktuellste Produkt ist eine „Echt-3D-Karte“ der Antarktis und des umliegenden Südpolarmeeres, welche einen Höhenunterschied von rund 12 000 Metern wiedergibt. Der mächtige antarktische Eisschild, der stellenweise bis zu 4 800 Meter umfasst, wurde in Form eines türkisfarbenen Gitters darstellt, so dass der Betrachter direkt durch die Waben hindurch auf die Landschaftsformen unterhalb des Eises blicken kann. Der 3D-Eindruck wird durch Verwendung von 21 alternierenden Teilbildern sowie einer transparenten Kunststofffolie aus parallel angeordneten halbzylindrischen Linsen erzeugt. Die vom Institut für Kartographie der TU Dresden für das Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven angefertigte autostereoskopische Karte wird künftig außerdem in der Map Gallery, dem Museum der bedeutendsten zeitgenössischen Karten der Welt, in San Francisco zu sehen sein.

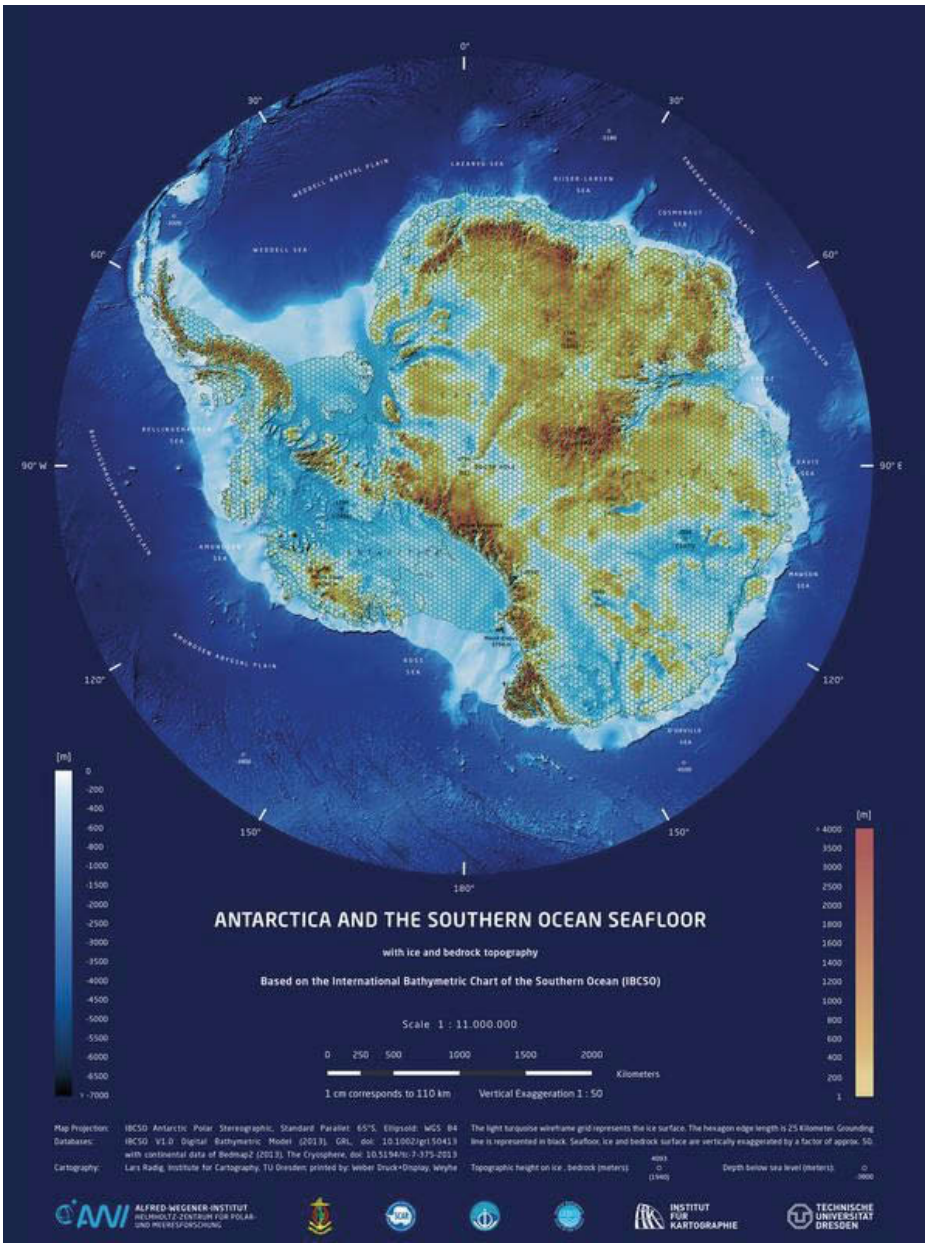


Abbildung 5: 3D-Karte der Antarktis ermöglicht einen Blick auf die Landschaftsformen unter dem Eis (Kooperation Institut für Kartographie, TU Dresden und Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Diplomarbeit L. Radig 2015).

Aber nicht nur in den chilenischen Anden oder im Himalaya ist Manfred aktiv, sondern es zieht ihn auch regelmäßig zurück in seine Heimat nach Österreich. Hiervon zeugen zahlreiche Forschungsarbeiten am Dachsteinmassiv, welches man quasi als Hausberg von Manfred Buchroithner bezeichnen kann. Dank multimedialer Bearbeitung kann man auf DVD die Vermessung und Kartierung der „Dachstein-Südwand-Höhle" im Hörsaal oder zu Hause am Fernseher mit verfolgen. Als Ergebnis entstand ein virtuelles 3D-Modell des Höhleninneren, welches auch als Basis für geologische und karsthydrologische Untersuchungen nutzbar ist. Nicht nur die Höhlen des Dachsteingebirges waren Gegenstand der Forschung, sondern auch die beeindruckende Dachsteinsüdwand. In einem anwendungsbezogenen Projekt wurde der Prototyp eines Bergrettungssystems unter Nutzung mobiler Endgeräte konzipiert und getestet. Dabei wird die Position des Retters in Echtzeit auf dem 3D-Modell angezeigt und damit eine Navigationsunterstützung möglich. Das Verfahren wurde im Jahr 2013 ebenfalls patentiert.

Abbildung 6, 7: Erläuterungen am Dachsteingletscher

Nicht unerwähnt bleiben soll in diesem Zusammenhang, dass Manfred auch keine Mühen und logistische Aufwände scheut, um den Studenten die Schönheit seiner Heimat nahe zu bringen. Das jährlich stattfindende Hochgebirgspraktikum (weiter entwickelt für den internationalen Masterstudiengang „Cartography“ zur „Alpine Field School“) verbindet Lehre am Objekt mit kartographischer Geländearbeit. Dabei wird die geowissenschaftliche Beobachtung und Denkweise in direktem Kontakt mit der Landschaft geschult. Viele Studenten verbinden mit dem Hochgebirgspraktikum sehr angenehme Erinnerungen, auch deshalb, weil in der heutigen Zeit nur die wenigsten Absolventen im späteren Berufsleben die Möglichkeiten zur praktischen Geländearbeit haben. Die Wertschätzung von Manfreds Engagement seitens der Studenten erkennt man u. a. daran, dass er mehrfach mit der Ehrung „beliebtester Dozent“ ausgezeichnet wurde und viele Studenten sich sehr gern an die Arbeiten im Gelände erinnern.

Abbildung 8, 9: Geländepraktikum und „Alpine Field School“ in der Ramsau am Dachstein

Manfred Buchroithner hat in der Zeit von 1993-2016 insgesamt ca. 140 Diplom- und Masterarbeiten betreut, d. h. im Durchschnitt mehr als 6 pro Jahr. Ebenso beeindruckend sind die Listen der 6 Habilitanden und 51 Doktoranden, welche sich ebenfalls im Anhang der Festschrift befinden. So zeigt sich einmal mehr die internationale Vielfalt an den Heimatländern der Wissenschaftler, die den Weg an das Institut für Kartographie gefunden haben – u. a. aus Ägypten, Albanien, Aserbaidschan, Chile, China, Deutschland, Iraq, Iran, Indien, Österreich, Russland, Sudan, Syrien, etc.

Sein „organisatorisch-adiministratives“ Talent kam Manfred Buchroithner bei der Organisation und Durchführung zahlreicher wissenschaftlicher Konferenzen und Workshops zugute. Zu nennen sind hier u. a. die Veranstaltung des 20. Symposiums der Europäischen Vereinigung für Satellitenfernerkundung EARSeL im Jahr 2000, das Symposium „Cartographic Cutting-Edge Technology for Natural Hazard Management“ im Jahr 2004 oder die erste Internationale Tagung „True-3D in Cartography“ im Jahr 2009. Der Höhepunkt war sicher die Organisation der „26th International Cartographic Conference“ in Dresden im Jahr 2013, welche unter Leitung von Manfred Buchroithner nach mehrjähriger Vorbereitung ebenfalls außerordentlich erfolgreich durchgeführt werden konnte. Bei über 1200 Teilnehmern aus 69 Ländern, 438 Vorträgen und 524 präsentierten kartographischen Produkten lässt sich erahnen, welches Engagement von allen Mitarbeitern des Institutes für Kartographie aufgebracht werden musste, um allen Wünschen und Anforderungen der internationalen Teilnehmer gerecht zu werden. Das „Executive Committee“ bezeichnete deren Organisation als beispielhaft und als Referenzbeispiel für die Durchführung zukünftiger International Cartographic Conferences.

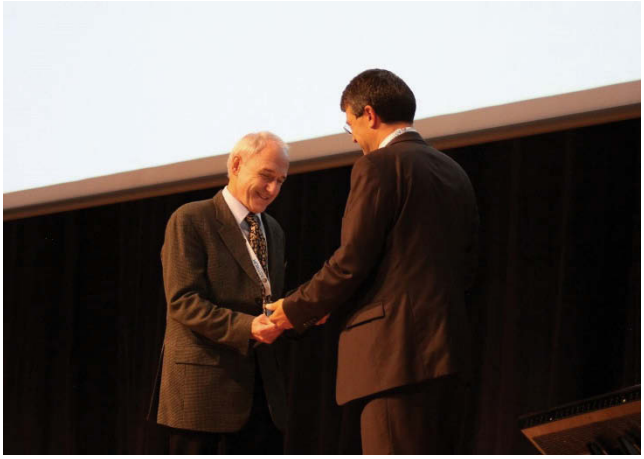


Abbildung 10, 11: Dank des ICA-Präsidenten Georg Gartner an Manfred Buchroithner für die perfekte Organisation der 26. International Cartographic Conference in Dresden vom 25.-30. August 2013.

Im Jahr 2010 erhält Manfred Buchroithner die höchste Auszeichnung der Österreichischen Geodätischen Kommission, die Friedrich Hopfner-Medaille. In seiner Laudatio würdigt der Präsident der International Cartographic Association, Georg Gartner, die besonderen wissenschaftlichen Leistungen und beschreibt Manfred Buchroithner als Grenzgänger, der sich nicht mit Bestehendem zufrieden gibt, sowie als Persönlichkeit, die sich durch Kompetenz und Professionalität die Anerkennung der internationalen, wissenschaftlichen Gemeinschaft gesichert hat.

Abbildung 12, 13: Verleihung der Friedrich Hopfner-Medaille im Jahr 2010 als höchste Auszeichnung der Österreichischen Geodätischen Kommission.

Ich möchte dem Jubilar im Rahmen des heutigen Festkolloquiums alles Gute wünschen, insbesondere natürlich Gesundheit als Grundlage für die geplanten Aktivitäten innerhalb und außerhalb der Kartographie, immer auf dem Weg

„Vom Gelände zur Karte…“.

Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Burghardt

KNOWLEDGE ABOUT GLACIER MASS CHANGES IN HIGH ASIA SIGNIFICANTLY IMPROVED DUE TO TUD-IFK RESEARCH

Tobias Bolch[1,2], Tino Pieczonka[2], Nicolai Holzer[2], Juliane Peters[2], Kriti Mukherjee[2], Atanu Bhattacharya[2]

[1] Department of Geography, University of Zurich, Switzerland
[2] Institute for Cartography, Technische Universität Dresden

ABSTRACT

Glaciers in High Asia are subject of research at the Institute for Cartography at TU Dresden (IfK) for more than 10 years. One major and worldwide almost unique focus is the estimation of glacier mass budgets using multi-temporal digital terrain models based on declassified reconnaissance imagery from the 1960s and 1970s. It could be shown with this data that the glaciers in the Himalaya and the Tien Shan have the highest rates of mass loss since the 1970s. While the mass loss probably increased in the Himalaya since ~2000, no significant changes in the loss rate or even a slight decrease in mass loss could be found for the Tien Shan. Furthermore, we could show that glaciers in the Eastern Pamir and the Karakoram were in balance not only in the recent decade but also since the 1970s. The IfK-team, motivated and supported by Manfred Buchroithner contributed therefore significantly to the knowledge about glacier mass changes in High Asia.

1 INTRODUCTION

Glaciers cover more than 100,000 km² in High Asia and, hence, this region is not only characterised by vast mountain ranges such as the Himalaya, Pamir, or the Tien Shan but also by the highest ice coverage outside Alaska and the polar regions (Pfeffer et al. 2014). The glaciers of High Asia are in the public and scientific focus since they feed the large Asian rivers such as Amu-Darya, Syr-Darya, Indus, Ganges and Brahmaputra and more than one Billion people live in their catchments (Immerzeel and Bierkens 2012). The importance of the glaciers varies and is highest in the drier western catchments which are characterised by winter precipitation. However, the glacier melt contribution to the overall run-off is also of high relevance in the southeast on very humid monsoon influenced catchments as the glaciers significantly contribute to the base flow especially in the post monsoon dry season. In addition, receding glaciers can lead to increasing number and area of glacial lakes which can pose a serious threat to the downstream infrastructure and population (Richardson and Reynolds 2000, Bolch et al. 2011a).

However, glacier research in High Asia was limited for longer period despite their importance. The lack of knowledge came prominently into the forefront of the public debate after the erroneous statement of the possible disappearance of most of the Himalayan glaciers until 2035 stated in the 4th Assessment Report of the International Panel of Climate Change (IPCC 2007). Although it could be clearly shown that this was a mistake (Cogley et al. 2010, Bolch et al. 2012) and the knowledge about the state and fate of the Himalayan glaciers significantly improved since then (e.g. Bolch et al. 2012, Kääb et al. 2012, Gardelle et al. 2013, Yao et al. 2012, Sorg et al. 2012, Farinotti et al. 2015), there are still many knowledge gaps. Of special importance are investigations on glacier mass changes as these are, in contrast to glacier length and area changes, directly linked to climate and run-off. However, most of the investigations on mass changes concentrated on mass changes after the period of 2000 due to the availability of suitable remote sensing data such as GRACE gravimetry data (e.g. Jacob et al. 2012, Gardner et al. 2013), IceSat laser altimetry data (e.g. Kääb et al. 2012, Gardner et al. 2013, Rankl and Braun 2016). Geodetic studies exploiting the large potential of declassified stereo imagery form the 1960s and 1970s were almost exclusively performed or supported by the IfK-team motivated and guided by Manfred Buchoithner. The first study in this regard was published in an international peer reviewed journal by the IfK-team in 2008 (Bolch et al. 2008). The aim of this contribution for the 65th anniversary of Manfred Buchroithner is to summarize the results of or supported by IfK-team members with respect to geodetic glacier studies in High Asia. These studies cover different mountain ranges and are located both in the Westerly dominated Northern Tien Shan, Pamir and Karakoram where glaciers receive most of their accumulation in Winter and the Monsoon dominated regions with summer-accumulation-type glaciers such as the Himalaya (Figure 1).

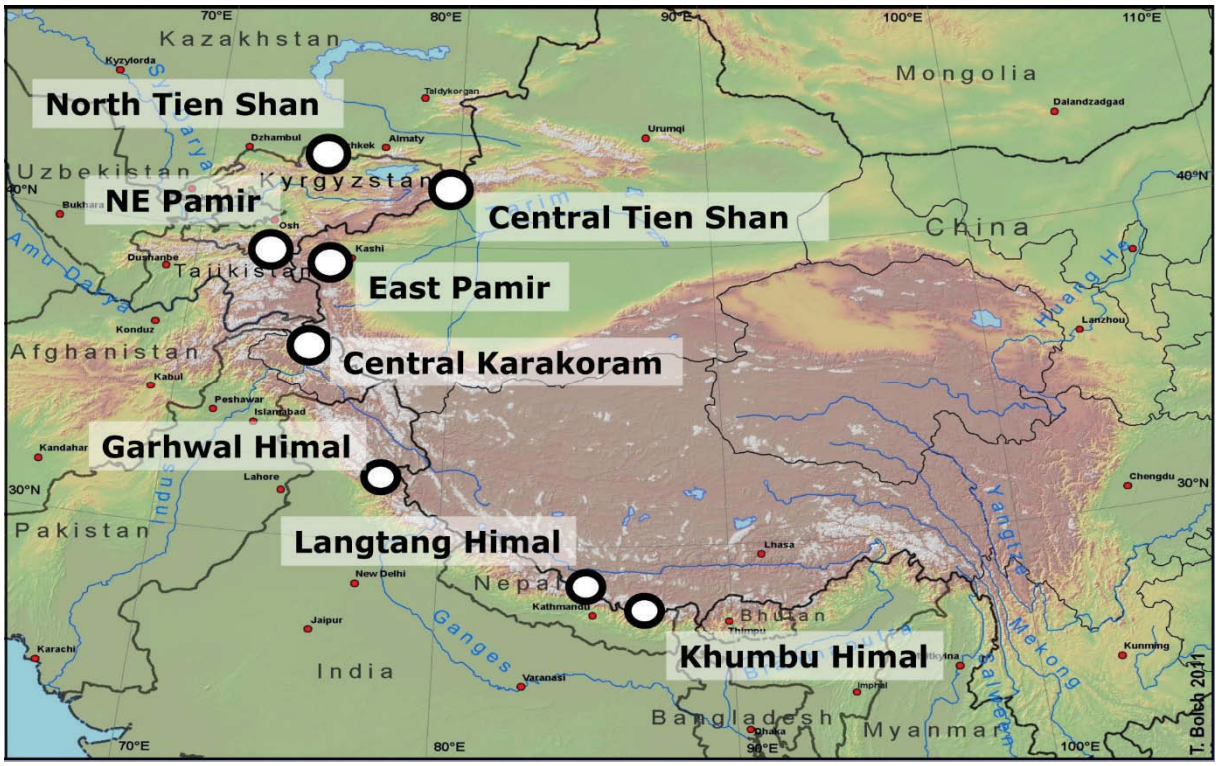


Figure 1: Study regions in High Asia

2 DATA AND METHODS

2.1 DATA

We used different stereo remote sensing data to generate digital terrain models (DTMs) and to estimate the glacier volume/mass changes. One of the main contribution of the IfK-team is that we did not only use recent data such as ASTER, SPOT, Cartosat or Pléiades data but extended the time coverage back to the 1960/70s by utilizing declassified US reconnaissance imagery such as Corona KH-4 and Hexagon KH-9 imagery. For mapping the glacier extents we used in addition well known Landsat MSS, TM and ETM+data. The utilized sensors and software have been described in the following sections.

2.1.1 CORONA IMAGERY

The KH-4 camera system, inaugurated in 1962, employed two oblique viewing panoramic cameras, a forward- and a backward looking camera, each with a 15° tilt. This implies a stereo angle of 30° with a base to height ratio of 0.54 (Dashora et al. 2007, Galiatsatos et al. 2008). The utilized stereoscopic pairs overlap in flight direction by ca. 80%. The footprint size of one KH-4 filmstrip is 15 × 210 km² realized by the mounted panoramic cameras and is accompanied by complex panoramic distortions making the stereo-processing more difficult (Pieczonka et al. 2011). This distortion has to be corrected by a rigorous mathematical approach or empirically by means of ground control points (GCP) (Galiatsatos et al. 2008).

2.1.2 KH-9 HEXAGON

KH-9 Hexagon, whose images were declassified in 2002, was part of the US keyhole reconnaissance satellite program. However, detailed lens distortion information were not declassified with the film. The Mapping Camera (MC) System operated between April 1973

(Mission 1205) and June 1980 (Mission 1216). During this time more than 200,000 km^2 were recorded in trilap mode, ~60,000 km^2 in bilap mode. The utilized 12-inch terrain lens system, with a maximum distortion of 26 µm and a field of view of 80°, enabled a 129 × 259 km^2 ground coverage on a scale of 1:600,000 at an altitude of ~170 km (perigee) (Burnett 2012). Due to the frame camera design Hexagon images are characterized by four fiducial marks and 1081 reseau crosses (Surazakov and Aizen 2010), which can be used to restore the image geometry at the time of image acquisition. One KH-9 scene covers an area of 250 × 125 km².

2.1.3 TERRA ASTER

The ASTER sensor as part of the Terra satellite platform provides multispectral imagery between 82° N and 82° S (Toutin 2008). ASTER images are suitable for DTM generation in mountainous terrain (Kamp et al. 2005, Kääb 2002). The effective resolution of a digital camera or scanning system can be described by applying the point spread function describing the degree of blurring of a point object. For ASTER data this was determined to be 16 m (Jacobsen 2005). For our study we used level 1A data, which are appended with radiometric and geometric coefficients and georeferencing parameters (Toutin 2008).

2.1.4 SPOT

SPOT-5 was launched in May 2002 and is equipped with a HRS sensor and a HRG sensor, both of which offer stereoscopic capabilities. SPOT-5 HRS acquires stereoscopic images in an along-track mode. The sensor consists of two cameras – one pointing 20° forwards and one points 20° backwards – offering a base-to-height-ratio of about 0.8 (Korona et al. 2009). For our study we used two across-track stereoscopic images captured by the HRG sensor system on the first and second November 2009 in panchromatic mode (THR) under similar weather conditions. The images were captured with an incidence angle of −9.6° and 20.3° offering a base-to-height-ratio of about 0.6. Visual inspection of the images indicates two distinct zones – high mountains in the upper and lowlands in the lower part of the scene. While snow coverage is dominant in the high mountain area, the lowlands offer good contrast. A SPOT-5 scene can be located on the ground with an accuracy of±25 m on the 66% confidence level because the orbit of the satellite is well known by INS systems (Berthier et al. 2007).

2.1.5 CARTOSAT-1

Cartosat-1 (IRS-P5) was launched by the Indian Space Research Organisation (ISRO) in 2005 and is equipped with two panchromatic cameras, tilted −5° (backward-looking) and +26° (forward-looking) from the pitch axis, respectively. Thus, this sensor offers along track stereo capability with a base to height ratio of 0.62 (Tiwari et al. 2007). The effective spatial resolution was determined to be approximately 2.75 m for the backward-looking and 3.25 m for the forward-looking camera (Jacobsen et al. 2008). The influence of the camera inclination leads to scale differences in the forward-looking image of about 1.2 pixels of the backward image in X and Y direction (Tiwari et al. 2007). As a consequence the forward view is slightly blurred compared to the backward view (Figure 2). The ground-coverage amounts to 26 by 26 km². Quasi-simultaneous image acquisition is guaranteed by a time lag, similar to the ASTER stereo images, of about 52 s between both records, thus facilitating DTM generation (Titarov 2008).

2.1.6 PLÉIADES

Pléiades is a high-resolution satellite system developed by France. Pléiades 1A was launched in December 2011, followed by Pléiades 1B in December 2012. The spatial resolution of the panchromatic channel is resampled to 0.5 m with a pixel depth of 12 bits at acquisition. It

provides an image swath of 20 km at nadir by flying at an operational altitude of 694 km. Pléiades offers in-track standard as well as tri-stereo capability with an additional quasi-vertical image. The location accuracy was measured to be 8.5 m for nadir-looking images of Pléiades 1A and 4.5 m of Pléiades 1B (Berthier et al. 2014).

2.1.7 SRTM DIGITAL TERRAIN MODEL

The SRTM dataset has an absolute horizontal accuracy of 20 m and a vertical accuracy of up to 10 m (Rodriguez et al. 2006) with increasing inaccuracies towards steeper terrain (Jacobsen 2005, Racoviteanu et al. 2007), In the beginning the DTM was released in a resolution of 3 arc-seconds (~90 m). Since 2014 the one arc second version (~30 m) was also released. Because the original SRTM datasets suffer from radar related data gaps in high mountain regions we used the gap-filled SRTM3 DTM from the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) Version 4.1 (Jarvis et al. 2008) as a master DTM. The non-filled SRTM DTM was used for the calculation of the glacier elevation differences. The penetration of the radar beam into snow and ice was considered following Kääb et al. (2012) and Gardelle et al. (2012).

2.2 DTM GENERATION AND POST-PROCESSING

The Corona data was processed using the Remote Sensing Software Graz (RSG) which is the only software to our knowledge which has an approximation of camera model implemented (Bolch et al. 2008, Pieczonka et al. 2011). The Hexagon data was processed with the Leica Photogrammetry Suite (LPS) or the successor Erdas Photogrammetry. Image pre-processing, comprising the elimination of internal distortions and reseau grid removal, has been done following Pieczonka et al. (2013). We used both LPS and Geomatica Orthoengine for the ASTER, SPOT, Cartosat-1 and Pleiades data.

In order to obtain reliable results on glacier surface elevation changes the DTMs must be properly co-registered (Nuth and Kääb 2011). As we observed tilts when differencing the original DTMs we first minimized elevation differences between the different DTMs with respect to the SRTM master DTM based on spatial trend corrections. We considered only elevation differences (Δh) between ±150 m over non-glacierized terrain with slopes less than 15° (Bolch et al. 2008, Pieczonka et al. 2013). Subsequently, all DTMs were further co-registered following the approach by Nuth and Kääb (2011). The final displacement between all DTMs and SRTM were usually less than or equal to one pixel on average.

Data voids and mismatches that result in incorrect elevation values can occur in areas with low image contrast such as cast shadows and bright snow. Mismatches due to snow in the accumulation regions led often to unrealistic elevation values. However, thickness change distributions for glaciers with negative budgets typically have minimum lowering at the glacier head with increasing values towards the glacier front following a non-linear trend (Huss et al. 2010). Hence, for most DTM differences we used an elevation dependent threshold to remove outliers.

There is no consistent and generally accepted approach to estimate the uncertainty. We applied different methods to estimate the uncertainty based on the elevation difference of the non-glacierized terrain such as its standard deviation, the Normalized Median Absolute Deviation or NMAD (Höhle and Höhle 2009), or a weighted standard error according to the area elevation distribution. Detailed information about the estimation of the uncertainty can be found in the respective publications (Table 1).

3 RESULTS

3.1 HIMALAYA

Himalayan glaciers are known to have a large portion of debris cover (Scherler et al. 2011, Bolch et al. 2012). Almost all glaciers in our investigated regions are also heavily debris-covered. A continuous thick debris cover significantly reduces the melt and, hence, debris-covered glaciers should lose less mass than debris-free glaciers. However, our results show that the debris-covered glaciers lost ice at a rate which is similar reported for clean ice glaciers but that the highest surface lowering does not occur close to the tongue but depending on the glacier site several kilometres upstream the terminus (Figures 2, 3). This fact can probably be attributed to the frequent existence of supraglacial lakes and ice cliffs but also to reduced ice flux (e.g. Benn et al. 2012, Ragettli et al. 2016).

We found the highest mass loss in the Mt. Everest region/Nepal while the loss was less in the investigated Himalayan regions west of Mt. Everest (Table 1). This is in line with investigations using ICESat laser altimetry data which revealed the highest mass loss in eastern Himalaya (Neckel et al. 2014, Kääb et al. 2012). Using declassified data investigations of the IfK-team showed for the first time that glacier mass loss was higher after ~2000 than before (Table 1).

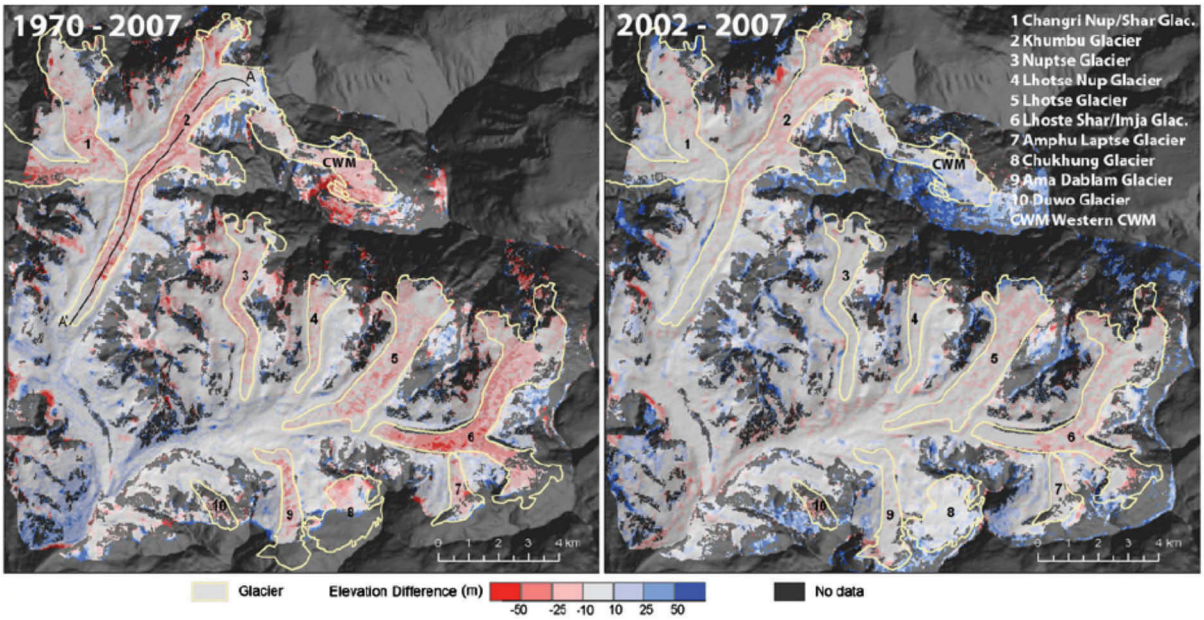


Figure 2: DTM differences of the glaciers of the Mt. Everest area based on 1970 Corona KH-4B (left), 2002 ASTER data (right) and 2007 Cartosat-1 data (Source: Bolch et al. 2011).

3.2 KARAKORAM

The glaciers in the Karakoram are known to have anomalous behaviour with frequent advances and surges (Hewitt 2011). Our results for the period 1999 – ~ 2009 confirm heterogeneous glacier behaviour, with several surging glaciers in the study region (Figure 4). Overall we could not observe significant mass changes (Table 1) which is in line with previous results for the period after 1999 in Central Karakoram (e.g. Gardelle et al. 2013). We cannot confirm positive mass budgets but our study indicates slight mass loss similar to Rankl and Braun (2016) and Kääb et al. (2015). However, our uncertainties are larger due to the utilization of the lower resolution, but free ASTER data.

Our extended time series show that glaciers in Hunza Valley experienced no significant mass changes and a heterogeneous behaviour also for the period 1973 – 1999 (Table 1). Hence, Central Karakoram glaciers were on average in balance for at least the last 40 years. Although longer-term balanced budgets could be assumed based on existing information about (insignificant) area changes since the 1970s (Bhambri et al. 2013), on average similar debris coverage since 1977 (Herreid et al. 2015) or long-term irregular behaviour with frequent surges determined by glacier front variations (e.g. Hewitt 2011, Rankl et al. 2014), we confirm for the first time balanced-budgets using elevation differencing.

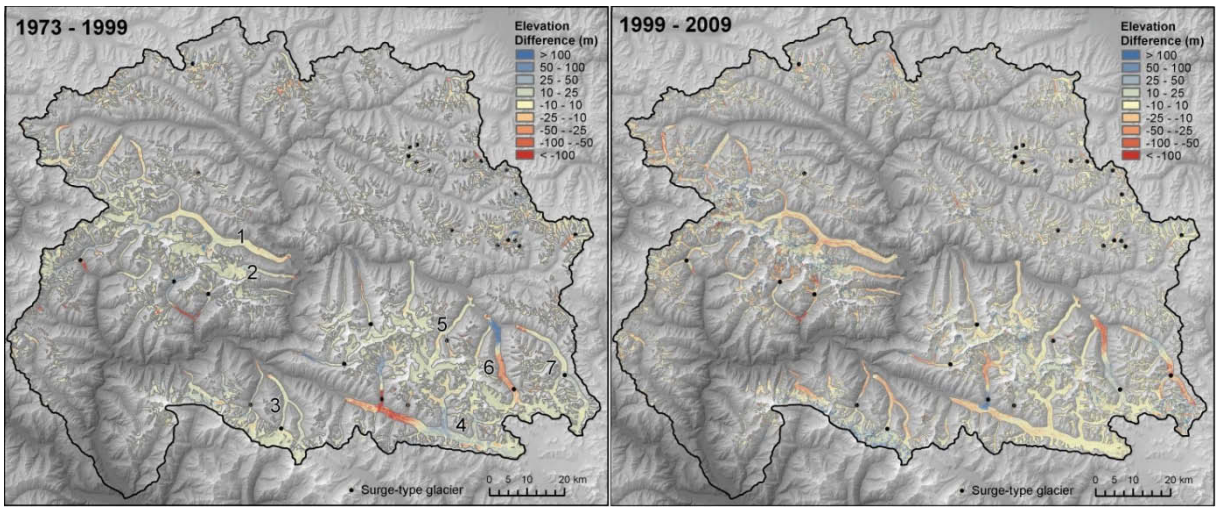


Figure 3: Identified surge-type glaciers and elevation difference between the Hexagon KH-9 and the SRTM1 DTMs (left) and the SRTM1 and ASTER DTMs (right) in the Hunza catchment/Central Karakoram (Source: Bolch et al. 2016).

Table 1: Glacier mass changes of the investigated regions in High Asia for different periods.

Region	Area covered (km²)	Period 1		Period 2		Reference
		Period	Mass budget	Period	Mass budget	
Khumbu Himalaya	~60	1970 - 2007	−0.32±0.08	2002 - 2007	−0.79±0.52	Bolch et al. (2011b)
Langtang Himal	~86	1974 - 2006	−0.21±0.08	2006 - 2015	−0.38±0.17	Ragettli et al. (2016)
Gangotri Glacier/ Garhwal Himal	~210	1968 - 2006	−0.17±0.12	2006 - 2014	−0.29±0.19	Bhattacharya et al. (2016)
Hunza Basin/ Central Karakoram	2870	1973 - 1999	−0.01±0.09	1999 - 2009	−0.08±0.20	Bolch et al. (2016)
Muztag Ata/ East Pamir	273	1973 - 1999	−0.04±0.42	1999 - 2013	+0.04±0.27	Holzer et al. (2015)
Ala Archa/ Northern Tien Shan	~37	1964 - 1999	−0.45±0.27	1999 - 2012	−0.42±0.66	Bolch (2015)
Tomur Region/ Central Tien Shan	~840	1976 - 1999	−0.42±0.23	1999 - 2009	−0.23±0.19	Pieczonka et al. (2013)
Aksu Catch-ment/ Central Tien Shan	~6600	~1975 - 1999	−0.35±0.34		n.c.	Pieczonka and Bolch (2015)

3.3 PAMIR

Several surging glaciers exist also in the Pamir located north of the Karakorum (Kotlyakov et al. 2008). However, it is not clear whether glaciers in this mountain range are on average loosing or gaining mass after the year ~2000: Gardelle et al. (2013) reported balanced glacier budgets not only for the Karakoram but also for the Pamir but Kääb et al. (2015) found ice loss for the same area and similar time period. DTM differencing of SRTM and ALOS PRISM data for the Pik Lenin Region in NE-Pamir revealed typical characteristics of glacier surges (thickening at the tongue and lowering in the middle reaches or vice versa, Figure 4). Estimates of mass changes indicate slight mass loss but the large data voids do not allow more detailed results.

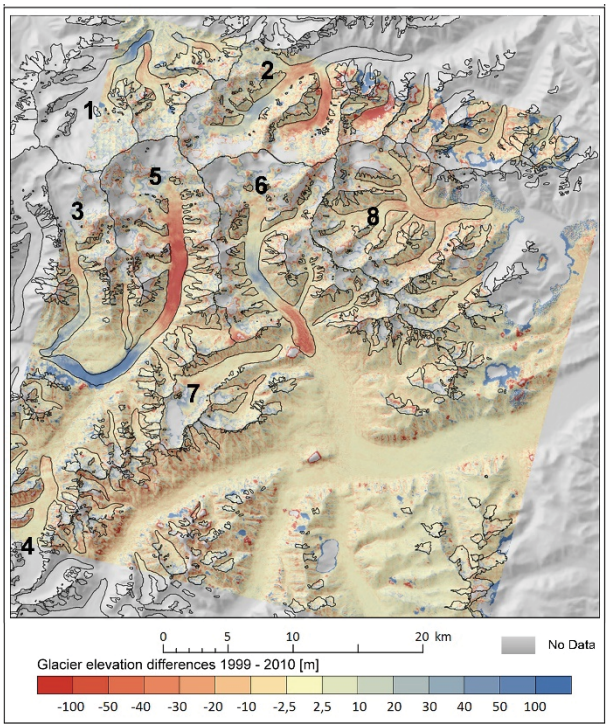


Figure 4: Elevation differences of the glacierized areas of the Trans Alai. Results from DEM differencing ALOS-PRISM (2010) minus SRTM-3 (1999) (Source: Holzer et al. 2016).

Glaciers at Muztag Ata located in Eastern Pamir did not show significant mass changes since 1973 (Table 1) and exhibited possibly even a slight mass gain. This is in line with in-situ measurements which revealed positive budgets since the beginning of the measurements in 2006 (Holzer et al. 2015). Overall, our results confirm also heterogeneous behaviour of the glaciers in Pamir but the investigated regions were too small to be able to answer the question whether glaciers in Pamir are on average gaining or losing mass.

3.4 TIEN SHAN

Most glaciers in Tien Shan were receding continuously but few glaciers in the Tien Shan are also of surge-type (Mukherjee et al. 2016). Glacier mass balances of this mountain range were relatively well investigated in the field during soviet times but after the collapse of the Soviet Union several measurements were stopped (Sorg et al. 2012). In recent times some measurements were re-established and new ones started (e.g. Kronenberg et al. 2016). Investigations using ICESat data indicated that Tien Shan has one of the highest rates of mass loss in entire High Asia (Gardner et al. 2013). However, these investigations cover only a short time period and also the in-situ measurements are few in comparison to the large glacier

coverage and do not need to be representative. We extended both the coverage and the time using declassified imagery. Results confirm significant mass loss of the glaciers since the 1960s/70s with the highest mass loss in the outer Tien Shan ranges such as the Ala Archa Valley and the lowest values in the Central Tien Shan. The mass loss rates are as high as in the Mt. Everest region in Central-Eastern Himalaya. However, in contrast to the Himalaya, our results indicate a decelerated mass loss after ~2000.

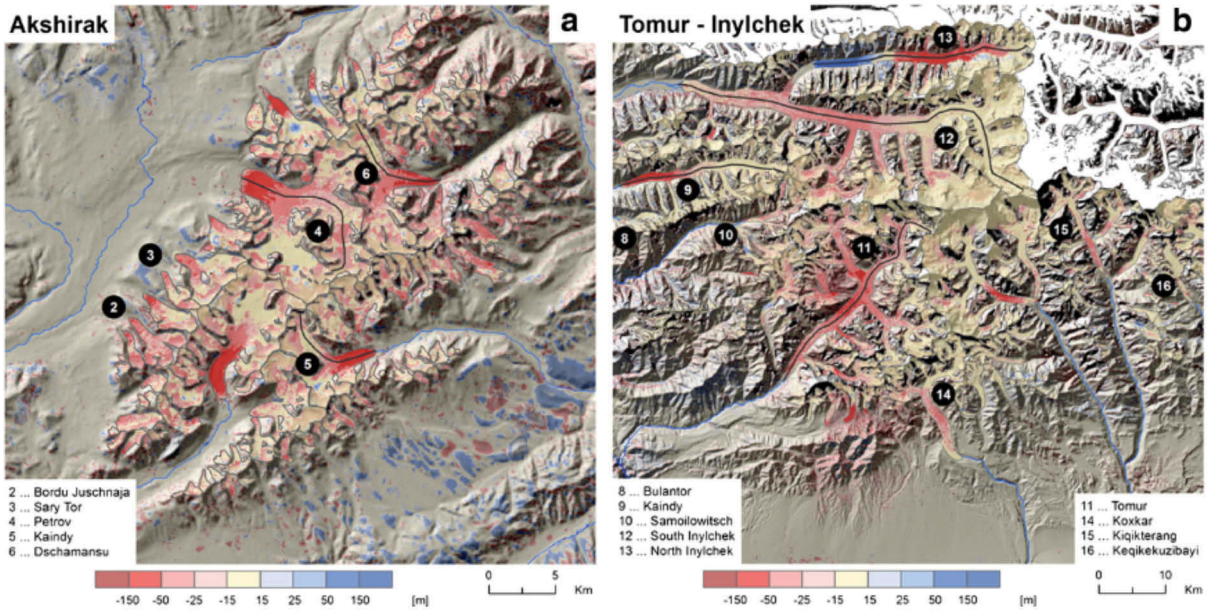


Figure 5: Elevation changes image between 1975 KH-9Hexagon and 1999 SRTM3 data for the Akshirak range (left) and Tomur–Inylchek region (right) in Central Tien Shan (Source: Pieczonka and Bolch 2015).

4 CONCLUSIONS

The IfK-team could demonstrate that declassified reconnaissance acquired during the cold world war in the 1960s and 1970s are a very suitable source of information to study glacier mass changes. Using this and more recent stereo data it could be shown that the glaciers in the Himalaya and the Tien Shan have the highest rates of mass loss in High Asia not only in the recent time but at least since the 1970s. The mass loss probably increased in the Himalaya since ~2000, but not in the Tien Shan. Glaciers in the Eastern Pamir and the Karakoram were in balance not only after 2000 but also since the 1970s.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank M. Buchroithner for his motivation and continuous support. Parts of the work was conducted within the framework of the projects "Water Resources in the Aksu-Tarim-River Catchment of Western China and the Effects of Climate Change" (AKSU-TARIM) supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, Code BO 3199/2-1), "Sustainable Management of River Oases along the Tarim River/China" (SuMaRiO) funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF, Code 01LL0918B), and "Variability and Trends in Water Balance Components of Benchmark Drainage Basins on the Tibetan Plateau" (WET) (BMBF, Code 03G0804F).

REFERENCES

Benn, D.I., Bolch, T., Hands, K., Gulley, J., Luckman, A., Nicholson, L.I., Quincey, D., Thompson, S., Toumi, R., & Wiseman, S. (2012). Response of debris-covered glaciers in the Mount Everest region to recent warming, and implications for outburst flood hazards. *Earth-Science Reviews*, *114*, 156–174.

Battchracharya A., Bolch, T., Mukherjee, K., Pieczonka, T., Kropáček, J., & Buchroithner, M.F. (2016). Overall recession and mass budget of Gangotri Glacier, Garhwal Himalayas, from 1965 to 2015 using remote sensing data. *Journal of Glaciology*, accepted.

Berthier, E., Vincent, C., Magnússon, E., Gunnlaugsson, Á.Þ., Pitte, P., Le Meur, E., Masiokas, M., Ruiz, L., Pálsson, F., Belart, J.M.C., & Wagnon, P. (2014). Glacier topography and elevation changes derived from Pléiades sub-meter stereo images. *The Cryosphere*, *8*, 2275–2291.

Bhambri, R., Bolch, T., Kawishwar, P., Dobhal, D., Srivastava, D., & Pratap, B. (2013). Heterogeneity in glacier response in the Shyok valley, northeast Karakoram. *The Cryosphere*, *7*, 1384–1398.

Bolch, T. (2015). Glacier area and mass changes since 1964 in the Ala Archa Valley, Kyrgyz Ala-Too, northern Tien Shan. *Лёд и Снег (Ice and Snow)*, *1*, 28–39.

Bolch, T., Buchroithner, M.F., Pieczonka, T., & Kunert, A. (2008). Planimetric and volumetric glacier changes in Khumbu Himalaya since 1962 using Corona, Landsat TM and ASTER data. *Journal of Glaciology*, *54*, 592–600.

Bolch, T., Kulkarni, A., Kääb, A., Huggel, C., Paul, F., Cogley, J.G., Frey, H., Kargel, J.S., Fujita, K., Scheel, M., Bajracharya, S., & Stoffel, M. (2012). The state and fate of Himalayan glaciers. *Science*, *336*, 310–314.

Bolch, T., Peters, J., Pradhan, B., Yegorov, A.B., Buchroithner, M.F., & Blagoveshchenskiy, V.P. (2011a). Identification of potentially dangerous glacial lakes in the northern Tien Shan. *Natural Hazards*, *59*, 1691–1714.

Bolch, T., Pieczonka, T., & Benn, D.I. (2011b). Multi-decadal mass loss of glaciers in the Everest area (Nepal, Himalaya) derived from stereo imagery. *The Cryosphere*, *5*, 349–358.

Bolch, T., Pieczonka, T., Mukherjee, K., & Shea, J. (2016). Brief Communications: Glaciers in the Hunza Catchment (Karakoram) are in balance since the 1970s. *The Cryosphere,* submitted.

Burnett, M.G. (2012) Hexagon (KH-9) Mapping Program and Evolution. National Reconnaissance Office, Chantilly, Virginia. ISBN: 978-1-937219-08-6.

Cogley, J.G., Kargel, J.S., Kaser, G., & van der Veen, C. (2010). Tracking the Source of Glacier Misinformation. *Science*, *327*, 522.

Dashora, A., Lohani, B., & Malik, J.N. (2007). A repository of earth resource information - CORONA satellite programme. *Current Science*, *92*, 926–932.

Farinotti, D., Longuevergne, L., Moholdt, G., Duethmann, D., Molg, T., Bolch, T., Vorogushyn, S., & Guntner, A. (2015). Substantial glacier mass loss in the Tien Shan over the past 50 years. *Nature Geosci*, *8*, 716–722.

Galiatsatos, N., Donoghue, N.M., & Philip, G. (2008). High Resolution Elevation Data Derived from Stereoscopic CORONA Imagery with Minimal Ground Control: An Approach Using Ikonos and SRTM Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, *74*, 1093–1106.

Gardelle, J., Berthier, E., & Arnaud, Y. (2012). Impact on resolution and radar penetration on glacier elevation changes computed from DEM differencing. *Journal of Glaciology*, *58*, 419–422.

Gardelle, J., Berthier, E., Arnaud, Y., & Kääb, A. (2013). Region-wide glacier mass balances over the Pamir-Karakoram-Himalaya during 1999-2011. *The Cryosphere*, *7*, 1263–1286.

Gardner, A.S., Moholdt, G., Cogley, J.G., Wouters, B., Arendt, A.A., Wahr, J., Berthier, E., Hock, R., Pfeffer, W.T., Kaser, G., Ligtenberg, S.R.M., Bolch, T., Sharp, M.J., Hagen, J.O., van den Broeke, M.R., & Frank P. (2013). A reconciled estimate of glacier contributions to sea level rise: 2003 to 2009. *Science*, 852–857.

Herreid, S., Pellicciotti, F., Ayala, A., & Chesnokova, A. (2015). Satellite observations show no net change in the percentage of supraglacial debris-covered area in northern Pakistan from 1977 to 2014. *Journal of Glaciology*, *61*, 524–536.

Hewitt, K. (2011). Glacier change, concentration, and elevation effects in the Karakoram Himalaya, Upper Indus Basin. *Mountain Research and Development*, *33*, 188–200.

Höhle, J., & Höhle, M. (2009). Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *64*, 398–406.

Holzer, N., Vijay, S., Yao, T., Xu, B., Buchroithner, M., & Bolch, T. (2015). Four decades of glacier variations at Muztagh Ata (eastern Pamir): a multi-sensor study including Hexagon KH-9 and Pléiades data. *The Cryosphere*, *9*, 2071–2088.

Holzer, N., Golletz, T., Buchroithner, M., & Bolch, T. (2016): Glacier Variations in the Trans Alai Massif and the Lake Karakul Catchment (Northeastern Pamir) Measured from Space. In: *Climate Change, Glacier Response, and Vegetation Dynamics in the Himalaya*, Springer, pp.139-153

Huss, M., Jouvet, G., Farinotti, D., & Bauder, A. (2010). Future high-mountain hydrology: a new parameterization of glacier retreat. *Hydrology and Earth System Sciences*, *14*, 815–829.

Immerzeel, W.W., & Bierkens, M.F.P. (2012). Asia's water balance. *Nature Geoscience*, *5*, 841–842.

Jacob, T., Wahr, J., Pfeffer, T.W., & Swenson, S. (2012). Recent contributions of glaciers and ice caps to sea level rise. *Nature*, *482*, 514–518.

Jacobsen, K. (2005). Analysis of Digital Elevation Models Based on Space Information. In M. Oluic (Ed.), *New Strategies for European Remote Sensing* (pp. 439–451): Millpress, Rotterdam.

Jacobsen, K., Crespi, M., Fratarcangeli, F., & Gianonne, F. (2008). DEM generation with CARTOSAT-1 Stereo Imagery. Proc. EARSeL Joint Workshop Remote Sensing, New Challenges of High Resolution, Bochum, Germany, 5–7 March. pp. 8 (on CDROM).

Jarvis, A., Reuter, H.I., Nelson, A., & Guevara, E. (2008). Hole-filled SRTM for globe Version 4. (available from the CGIAR_CSI SRTM 90 m, database). http://srtm.csi.cgiar.org

Kääb, A. (2002). Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air- and spaceborne opitcal data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *57*, 39–52.

Kääb, A., Berthier, E., Nuth, C., Gardelle, J., & Arnaud, Y. (2012). Contrasting patterns of early twenty-first-century glacier mass change in the Himalayas. *Nature*, *488*, 495–498.

Kääb, A., Teichler, D., Nuth, C., & Berthier, E. (2015). Brief Communication: Contending estimates of 2003–2008 glacier mass balance over the Pamir–Karakoram–Himalaya. *The Cryosphere*, 557–564.

Kamp, U., Bolch, T., & Olsenholler, J. (2005). Geomorphometry of Cerro Sillajhuay, Chile/Bolivia: comparison of DEMs derived from ASTER remote sensing data and contour maps. *Geocarto International*, *20*, 23–34.

Korona, J., Berthier, E., Bernard, M., Rémy, F., & Thouvenot, E. (2009). SPIRIT. SPOT 5 stereoscopic survey of polar Ice: Reference images and topographies during the fourth international polar year (2007–2009). *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64, 204–212.

Kotlyakov, V., Osipova, G., & Tsvetkov, D.G. (2008). Monitoring surging glaciers of the Pamirs, central Asia, from space. *Annals of Glaciology*, *48*, 125–134.

Kronenberg, M., Hoelzle, M., Huss, M., Farinotti, D., Asisov, E., Usubaliev, R., Gafurov, A., Petrakov, D., & Kääb, A. (2016). Mass balance reconstruction for Glacier No. 354, Tien Shan, from 2003-2014. *Annals of Glaciology*.

Mukherjee, K., Bolch, T., Kutuzov, S., Osmonov, A., Pieczonka, T. & Shesterova, I. (2016): Surge-type glaciers in the Tien Shan. *Arctic, Antarctic and Alpine Research,* in review.

Nuth, C., & Kääb, A. (2011). Co-registration and bias corrections of satellite elevation data sets for quantifying glacier thickness change. *The Cryosphere*, *5*, 271–290.

Pfeffer, W., Arendt, A.A., Bliss, A., Bolch, T., Cogley, J.G., Gardner, A.S., Hagen, J.-O., Hock, R., Kaser, G., Kienholz, C., Miles, E.S., Moholdt, G., Mölg, N., Paul, F., Radić, V., Rastner, P., Raup, B.H., Rich, J., & Sharp, M.J.a.t.R.C. (2014). The Randolph Glacier Inventory: a globally complete inventory of glaciers. *Journal of Glaciology*, *60*, 537–552.

Pieczonka, T., & Bolch, T. (2015). Region-wide glacier mass budgets and area changes for the Central Tien Shan between ~1975 and 1999 using Hexagon KH-9 imagery. *Global and Planetary Change*, *128*, 1–13.

Pieczonka, T., Bolch, T., & Buchroithner, M.F. (2011). Generation and evaluation of multitemporal digital terrain models of the Mt. Everest area from different optical sensors. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *66*, 927–940.

Pieczonka, T., Bolch, T., Wei, J., & Liu, S. (2013). Heterogeneous mass loss of glaciers in the Aksu-Tarim Catchment (Central Tien Shan) revealed by 1976 KH-9 Hexagon and 2009 SPOT-5 stereo imagery. *Remote Sensing of Environment*, *130*, 233–244.

Racoviteanu, A.E., Manley, W.F., Arnaud, Y., & Williams, M.W. (2007). Evaluating digital elevation models for glaciologic applications: An example from Nevado Coropuna, Peruvian Andes. *Global and Planetary Change*, *59*, 110–125.

Ragettli, S., Bolch, T., & Pellicciotti, F. (2016). Heterogeneous glacier thinning patterns over the last 40 years in Langtang Himal. *The Cryosphere Discuss*, *2016*, 1–53.

Rankl, M., & Braun, M. (2016). Glacier elevation and mass changes over the central Karakoram region estimated from TanDEM-X and SRTM/X-SAR digital elevation models. *Annals of Glaciology*, *57*, 273–281.

Rankl, M., Kienholz, C., & Braun, M. (2014). Glacier changes in the Karakoram region mapped by multimission satellite imagery. *The Cryosphere*, *8*, 977–989.

Richardson, S., & Reynolds, J. (2000). An overview of glacial hazards in the Himalayas. *Quaternary International*, *65/66*, 31–47.

Rodriguez, E., Morris, C.S. & Belz, J.E. (2006). A global assessment of the SRTM performance. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 72(3)*, 249-260.

Scherler, D., Bookhagen, B., & Strecker, M.R. (2011). Spatially variable response of Himalayan glaciers to climate change affected by debris cover. *Nature Geoscience*, *4*, 156–159.

Sorg, A., Bolch, T., Stoffel, M., Solomina, O., & Beniston, M. (2012). Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia). *Nature Climate Change*, *2*, 725–731.

Surazakov, A., & Aizen, V.B. (2010). Positional accuracy evaluation of declassified Hexagon KH-9 mapping camera imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, *76*, 603–608.

Titarov, P.S. (2008). Evaluation of Cartosat-1 geometric potential. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *37*, 841–846.

Tiwari, P., Pande, H., Punia, M., & Dadhwal, V. (2007). Cartosat-1: Evaluating Mapping Capabilities. *International Journal of Geoinformatics*, *4*, 51–56.

Toutin, T. (2008). ASTER DEMs for geomatic and geoscientific applications: a review. *International Journal of Remote Sensing*, *29*, 1855–1875.

Yao, T., Thompson, L.G., Yang, W., Yu, W., Gao, Y., Guol, X., Yang, X., Duan, K., Zhao, H., Xu, B., Pu, J., Lu, A., Xian, Y., Kattel, D.B., & Joswiak, D. (2012). Different glacier status with atmospheric circulations in Tibetan Plateau and surroundings. *Nature Climate Change*, *2*, 663–667.

KARTOGRAPHIE: VISUALISIERUNG VON OBJEKTEN UND PHÄNOMENEN IN RAUM UND ZEIT — EIN ESSAY IN ZEHN ASPEKTEN

Lorenz Hurni
Institut für Kartografie und Geoinformation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz

ZUSAMMENFASSUNG

Karten sind graphische Umsetzungen des Realraumes. Der Vorgang lässt sich aber auch umkehren, beispielsweise in der Architektur. Beim Übergang vom Realraum und räumlich verteilten Phänomenen hin zu raumbezogenen, benutzerfreundlichen Darstellungen gelangen in der Kartographie eine Reihe von Prinzipien, Methoden und Techniken zur Anwendung. In diesem Essay werden in zehn ausgewählten Aspekten die Schritte zum Aufbau von modernen Kartenprodukten aufgezeigt: Die Karte ist ein Modell, bei dessen Bildung zur Verringerung subjektiver Entscheide standardisierte Abläufe angewendet werden. Die räumliche Information muss in einen bestimmten Maßstab verkleinert, aber dabei auch generalisiert werden, um optimale Lesbarkeit zu gewährleisten. Die kartographische Symbolisierung geschieht unter Anwendung der graphischen Variablen. Karten können auch zeitliche Prozesse abbilden, sei dies als Reihe von Einzelbildern oder als Animation. Die Karte stellt den dreidimensionalen Raum auf einer Ebene dar. Er lässt sich aber mit modernen Technologien auch perspektivisch, d. h. als 3D-Karte, darstellen. Beide Kartenwelten können mit interaktiven Funktionen moderner Atlasinformationssysteme erkundet und benutzergerecht visualisiert werden. Dies wird anhand zweier exemplarischer Atlasprojekte demonstriert.

ABSTRACT

Maps are graphical implementations of the real space. The process is also reversible, for instance in architecture. Cartography uses a number of principles, methods and techniques to master the transition from real space and spatial phenomena to spatial, user-friendly representations. In this essay, by example of ten selected aspects, the steps to build modern map products are shown: The map is a model. For its creation, to minimize subjective decisions, standardized processing is applied. Spatial information is reduced to a specific scale, but it is also generalized in order to assure optimal readability. Cartographic symbolization bases on graphical variables. Maps can also depict temporal processes, either as series of single maps or as animations. Space can be represented not only in 2D, but also as perspective 3D map. Interactive functions of Atlas Information Systems allow for the exploration and user-oriented visualization of map space. This is shown by an example of two atlas projects.

1 EINFÜHRUNG

Die *Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften* zeigte im Oktober 2013 in ihren Räumen in Halle/S. eine eindrückliche Ausstellung mit zahlreichen Erd- und Himmelsgloben. Wie in der Ankündigung und im Katalog (Breidbach und Christoph 2013) erläutert, gibt die Zusammenstellung der Exponate einen guten Überblick, wie über mehrere Jahrhunderte hinweg Globen zur Modellierung, Konstruktion und anschaulichen Visualisierung von räumlichen und zeitlichen Objekten und Zusammenhängen verwendet wurden. Globen ermöglichen es zudem aufgrund ihrer „weltumspannenden Dimension" und „Unverzerrtheit", globale Phänomene übersichtlich und gesamtheitlich darzustellen. Die anschauliche Visualisierung zum besseren Begreifen räumlicher Aspekte spielt nicht nur bei Globendarstellung eine Rolle, sondern ist eine generelle Anforderung an sämtliche Karten- und kartenverwandte Produkte. Beim Übergang vom Realraum und räumlich verteilten Phänomenen hin zu raumbezogenen, benutzerfreundlichen Darstellungen gelangen in der Kartographie eine Reihe von Prinzipien, Methoden und Techniken zur Anwendung. In diesem Essay sollen anhand von zehn ausgewählten Aspekten die wichtigsten Überlegungen und Schritte zum Aufbau von modernen Kartenprodukten aufgezeigt werden. Da es sich bei Karten immer um visuelle Umsetzungen raumbezogener Themen handelt, wird zu jedem Aspekt eine Bildtafel präsentiert, welche im entsprechenden Kapitel kommentiert wird.

2 VON DER REALITÄT ZUM OBJEKT

Als Ausgangspunkt oder Interessensobjekt in Kartierungen wird in der kartographischen Literatur häufig die „Realwelt" oder „Realität" herangezogen.[1] Karten sind also graphische Umsetzungen des realen „Georaumes" (Abbildung 1A) resp. von Teilen davon. Die Definition von Realität hat die Menschen schon seit langer Zeit umgetrieben. In erster Linie ist dabei die (Um-)Welt gemeint, wie wir sie mit unseren Sinnesorganen, allen voran den Augen, erfassen können. Schon allein die Umstände, dass diese Organe nicht bei allen Menschen gleich leistungsfähig sind oder dass bei gewissen Tieren die Augen auch über den Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes hinaus empfindlich sind, lässt erahnen, dass die Wahrnehmung

[1] So z. B. in Robinson et al. 1995.

eine entscheidende Rolle spielt.

Bereits Platon (428/427 v. Chr. – 348/347 v. Chr.) nahm sich in seinem berühmten Höhlengleichnis dem Realitätsbegriff und der menschlichen Wahrnehmung an. So vergleicht er die Menschen mit einer Gruppe von Kreaturen, welche in einer Höhle an eine Mauer gekettet sind und gegen die Rückwand der Höhle blicken (Abbildung 1B). Beim Höhleneingang brennt ein Feuer, vor dem eine Reihe von Figuren vorbeigetragen wird. Die Angeketteten sehen nur die projizierten Schattenbilder auf der Wand. Wird eine Kreatur losgekettet und ans Tageslicht geleitet, ist sie zunächst geblendet und erkennt die Realität erst viel später. Zurück in der Höhle glaubt ihr niemand die Erlebnisse und Erkenntnisse am Tageslicht.

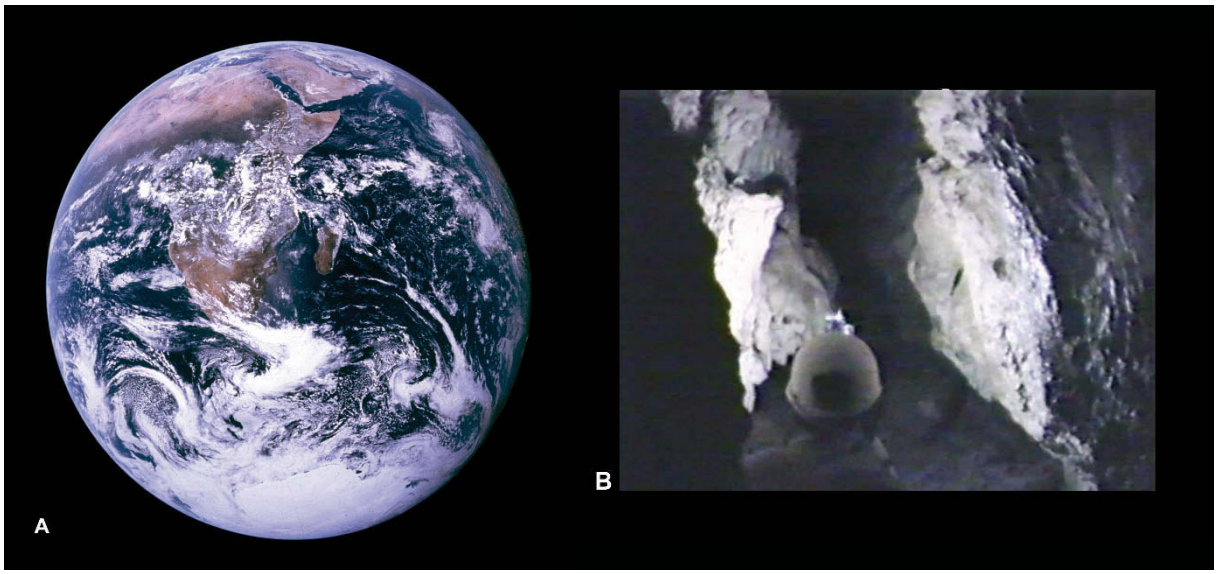


Abbildung 1A: Die reale Welt – Die Erde von Apollo 17 aufgenommen (NASA). **B:** Platons Höhlengleichnis – Speläologe in einer Höhle (aus dem Amateurvideo „Klettern im Nidlenloch" von Max Moor, Aegerten/CH)

Es geht hier im Kern um ontologische Fragen, welche also das Wesen des Seins und der Gegenstände, welche wir wahrnehmen und erdenken, erörtern sollen. Diese Frage der Natur und des Sinns der Dinge und damit der menschlichen Existenz hat die Menschen und insbesondere die Philosophen seit jeher beschäftigt und hat zu verschiedenen philosophischen Strömungen geführt. Als aktuelles Beispiel sei das Buch von Markus Gabriel mit dem etwas provokativen Titel *Warum es die Welt nicht gibt* erwähnt (Gabriel 2013). Gabriel übt darin am Naturalismus und am damit verwandten Realismus Kritik, nach welchem der Welt eine (z. B. durch die Naturwissenschaften) ergründbare Struktur zugrunde liege. Er postuliert einen „neuen Realismus" (eigentlich eine Spielart des sogenannten Radikalen Konstruktivismus), in dem „Gedanken über Tatsachen mit demselben Recht existieren wie die Tatsachen, über die wir nachdenken".[2] Dies führt in letzter Konsequenz zu unendlich vielen Sichten auf die Welt, aber auch zu ebenso vielen Gedanken, Träumen, Fiktionen, etc.

Aus kartographischer Sicht ist dies natürlich ein Überangebot, das kaum eine umfassende Kartierung der Welt zulässt. Eine Karte kann dennoch als eine der möglichen, modellartigen Ansichten der Welt oder von geographischen Zusammenhängen angesehen werden. Der Schweizer Kartograph Eduard Imhof (1895 – 1986) sagte in einem Radiointerview (Imhof 1981): „Die Karte ist nicht automatisch eine Wiedergabe der Natur, sondern sie ist eine Neuerfindung, die nur mit der Natur eine möglichste Ähnlichkeit hat und einen bestimmten Zweck erfüllen muss. Nach diesem Zweck […] wird ein Bild neu gestaltet. Da sind auch die

[2] Gabriel 2013, S. 15.

Grenzen und die Schwierigkeiten, in wie weit die Elektronik dieser Tendenz zu folgen vermag."

Beim Kartierungsprozess wird deshalb von der Wahrnehmung mittels Sinnesorganen oder unter Zuhilfenahme technischer Hilfsmittel ausgegangen. Zur Objektbildung gehören zwingend die Interpretation der Wahrnehmungsinhalte und die Umsetzung in diskrete oder kontinuierliche Objektarten. Schließlich erfolgt die graphische Gestaltung und Symbolisierung hin zum kartographischen Endprodukt. Dieses beschränkt sich jedoch heute nicht nur auf klassische Papierkarten, sondern kann z. B. als interaktive Anwendung auch drei- und mehrdimensionale Zusammenhänge und Themen wiedergeben.

3 DIE KARTE ALS MODELL

Wie im vorangehenden Kapitel erläutert, kann die Welt weder vollständig, noch in ihren ureigenen, innewohnenden Strukturen beschrieben werden. Man benötigt also eine Art Hilfskonstruktion, welche idealerweise möglichst nahe an die Realwelt herankommt, und diese also möglichst umfassend, resp. in ihren relevanten Komponenten – man könnte mit Bredekamp (2012) auch sagen: verkleinert – beschreibt. Die Erstellung einer solchen Konstruktion ist ein gängiges Hilfsmittel in den meisten Wissenschaften und wird auch Modellbildung genannt. Ein Modell soll damit die Annäherung an das zu Erfassende, in diesem Fall an den geographischen (Real-)Raum, ermöglichen. Brassel (1990) unterscheidet zwischen Theorie und Modell: Theorien sind abstrahierte Aussagen über die reale Welt. In der Kartographie geht es jedoch nicht nur um Gesetze und Zusammenhänge, sondern um Darstellungen von Objekten der Realität; hierbei erfolgt (wie auch bei der Theoriebildung) ein Abstraktionsschritt hin zum Modell. Dieser Schritt wird in der Kartographie als Generalisierung bezeichnet. Brassel definiert das Modell als Substitutionsobjekt eines realen Objekts. Wie im letzten Kapitel diskutiert, stellt sich jedoch schon zu Beginn die Frage nach der Natur der Objekte in der Realwelt. So kann eine Straße aus materialtechnischer Sicht als Ansammlung einer größeren Menge Asphalt gesehen werden. Aus Sicht des Autofahrers handelt es sich um eine langgezogene Ebene, welche die Fortbewegung erleichtert (falls er sich nicht gerade im Stau befindet …). Aus diesen verschiedenen Sichtweisen zeigt sich, dass das Modell nicht unabhängig von seiner Anwendung, resp. von einem bestimmten, damit verbundenen Zweck erstellt werden kann oder sollte. Ein Modell repräsentiert zudem immer nur einen (zweckdienlichen) Ausschnitt der Realwelt. Redundanzen, störende Elemente und Unsicherheiten sollen eliminiert werden. Die Modellierung des Georaumes beginnt also, wie bereits gesagt, immer mit einer Interpretation. Auf einem Luftbild beispielsweise sollen zuerst Objekte interpretiert, d. h. erkannt und gebildet werden. Dazu ist in den meisten Fällen die menschliche Urteils- und Entscheidungskraft erforderlich, denn zunächst muss ja definiert werden, wonach im Bild überhaupt gesucht werden soll. Die Erfassung der Objekte kann dann manuell oder eventuell auch automatisch, z. B. mit Methoden der Bildanalyse und Bildverarbeitung erfolgen.

In der Kartographie kann die Modellbildung in verschiedenen Aggregationsschritten oder Generalisierungsstufen erfolgen. Werden in einem Luftbild Objekte wie Häuser oder Straßen mit größtmöglicher Genauigkeit in ihren Achsen oder Umrissen abdigitalisiert (d. h. digital nachgezeichnet, Abbildung 2A), so spricht man von einem Primärmodell, im Falle von Geodaten auch von einem Digitalen Landschaftsmodell (Hake et al. 2002). Für viele, eher analytisch ausgerichtete Anwendungen reicht dieses Modell aus, oder es ist sogar erwünscht, z. B. bei der Berechnung exakter Parzellenflächen. Für kartographische Visualisierungen steht

aber oft nicht genügend Platz zur Verfügung, man denke an eine Übersichtskarte auf Papier. Hier muss also generalisiert werden. Auch dieses zweite Modell wird heute digital in Computern erzeugt und gespeichert, man spricht dabei vom digitalen Kartenmodell (Abbildung 2B).

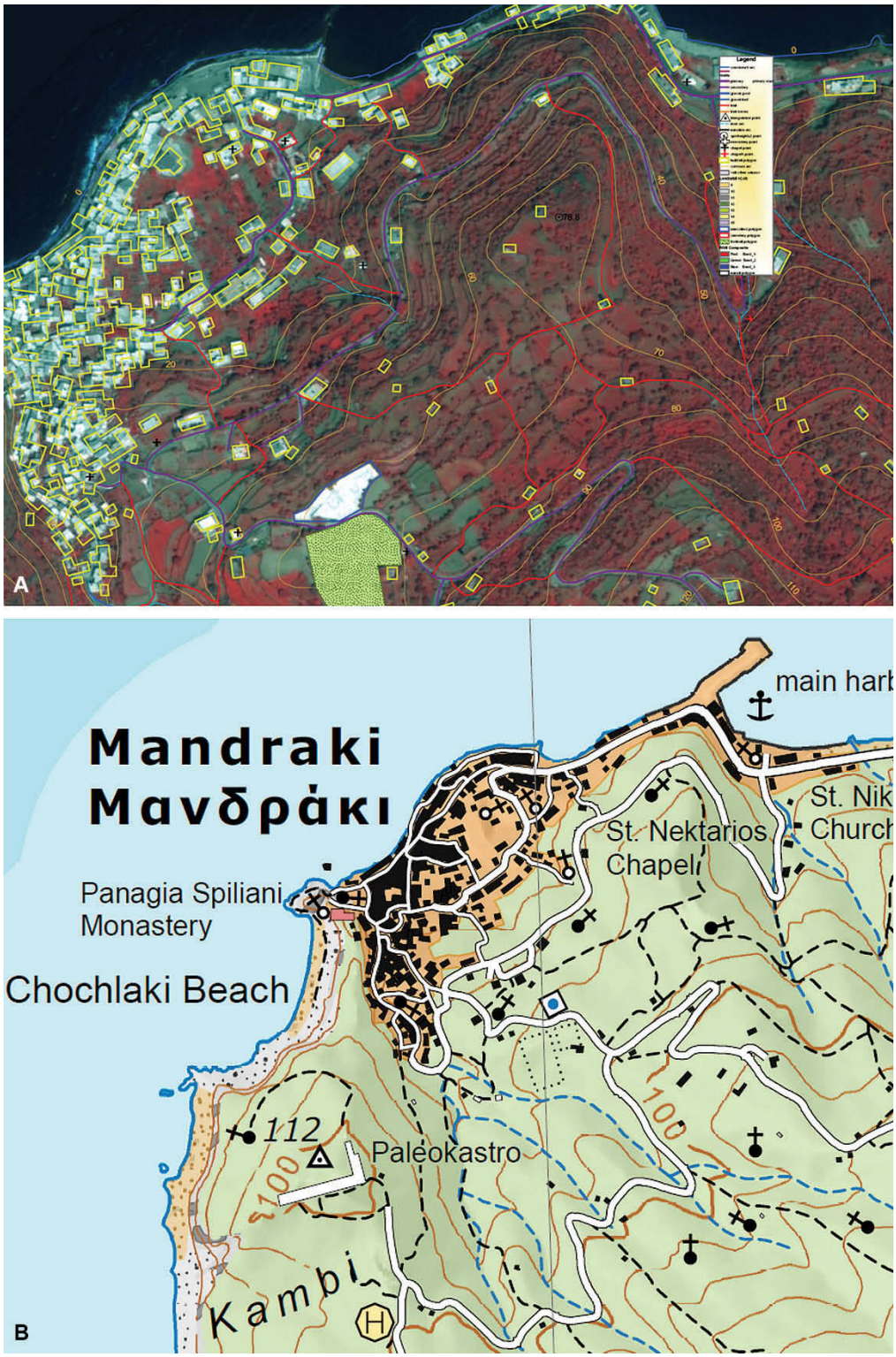


Abbildung 2A: Auswertung von Situationselementen aus einem Satellitenbild (EU-Projekt GEOWARN).
B: Umsetzung in ein Kartenmodell (Praktikumsarbeit ETH Zürich von Melanie Wildi).

In der Kartenproduktion sind normalerweise Feedback- und Korrekturschleifen eingebaut. Der Kartograph kann das Resultat direkt am Computer überprüfen und korrigieren, wenn das System gemäß dem WYSIWYG[3]-Prinzip eine dem Endprodukt entsprechende Bildschirmanzeige erlaubt. Das dritte Modell sollte nun nach dem Betrachten der Karte und dem Wahrnehmen und Interpretieren der Kartenelemente – eventuell unter Zuhilfenahme der Kartenlegende – im Kopf des Kartenlesers entstehen. Idealerweise kommt es der realen Umwelt nahe oder ist dergestalt, dass der Kartenbenutzer die dargestellten Objekte einwandfrei den entsprechenden Realwelt-Objekten zuordnen und er sich damit optimal mit Kartenunterstützung orientieren kann.

4 OBJEKTIVITÄT – SUBJEKTIVITÄT – KUNST

Die Modellierung und Abbildung der Realwelt läuft, wie wir gesehen haben, nach Vorgaben ab, welche durch die Bearbeiter (z. B. Luftbildauswerter, Kartographen) bis zu einem gewissen Grad nach subjektiven Kriterien gemacht werden. Wie in Hurni (1999) bereits dargelegt, erhebt jedoch die moderne Wissenschaft den Anspruch auf größtmögliche Objektivität. Methoden, die aufgrund subjektiver Überlegungen gemacht werden, sollten vermieden oder – wenn unvermeidlich, nicht offensichtlich oder nicht relevant – zumindest diskutiert werden. Allerdings lassen sich bei der Aufstellung auch wissenschaftlich wohlbegründeter Modelle Entscheidungs- und Auswahlkriterien, die auf menschlichen Entscheiden basieren, kaum vermeiden. Jedoch herrscht gerade in den Naturwissenschaften die positivistische und von Frederick Winslow Taylor (1856 – 1915) postulierte Auffassung vor, dass „eine technische Kalkulation in jeder Hinsicht dem menschlichen Urteil überlegen sei und dass man grundsätzlich der menschlichen Urteilskraft nicht trauen könne, weil sie durch Unklarheit, Mehrdeutigkeit und nutzlose Komplexität beeinträchtigt werde; dass die Subjektivität dem klaren Denken hinderlich sei; dass etwas, das sich nicht messen lasse, entweder nicht vorhanden oder wertlos sei; und dass die Angelegenheiten der Bürger eines Landes am besten von Fachleuten gelenkt und geleitet würden".[4] Damit verwandt sind die im vieldeutig bemühten und interpretierbaren Naturalismus (Gabriel 2013) geäußerten Ansichten über die Allgemeingültigkeit der Naturgesetze und die Ablehnung jeglicher willkürlicher Hypothesenbildung. Man sollte hier vielleicht eher von einem physikalischen Realismus sprechen. Im Gegensatz dazu steht der Konstruktivismus (Gabriel 2013), welcher besagt, dass jedes erkannte Objekt quasi neu konstruiert ist. Postmodernisten hingegen sehen ein Phänomen (auch eine Karte) immer auch als Produkt der Kultur, der Politik und der Gesellschaft, in der es eingebettet ist (Azócar und Buchroithner 2014).

Auch die Kartographie kann sich wohl keiner der zahlreichen philosophischen Anschauungen vollumfänglich anschließen und steht mitten im Spannungsfeld: So sollen durchaus handfeste Objekte und existente Phänomene mit Raumbezug dargestellt werden, andererseits können diese oft (wie in Platons Höhlengleichnis) nur schemenhaft und verzerrt wahrgenommen werden. Dies hängt mit der individuellen Sichtweise auf das Objekt zusammen, z. B. aufgrund der zur Verfügung stehenden Sensoren oder unterschiedlicher Interpretation. Andererseits wird das Resultat des Wahrnehmungsprozesses durch die kartographische Weiterverarbeitung noch weiter verändert, indem das Kartenendprodukt durch graphische Gestaltungsmaßnahmen unter Umständen sehr individuell beeinflusst wird. Karten sind also bewusst verfremdet, und von Zeit zu Zeit hört man die Aussage, dass Karten deshalb sogar „lügen"

[3] „What You See Is What You Get".

[4] Zitiert nach Postman 1992.

Abbildung 3A: Leo-Paul Robert: La Prairie, 1887 (Neues Museum, Biel). **B:** Dieselbe Landschaft 2007 als Fotografie (Bild: Lorenz Hurni).

(Monmonier 1996). Obwohl der Kartograph sich subjektiver Methoden bedient und darauf basierend Entscheide trifft, hat er (in den allermeisten Fällen) kaum die bewusste Absicht, zu lügen und zu manipulieren. Meist gibt es denn auch „nicht nur eine gute [kartographische] Lösung, sondern mehrere brauchbare Möglichkeiten" (Baumgartner 1990). Um der Subjektivität in der Kartographie zu begegnen, bedient man sich einer gewissen Standardisierung von Arbeitsabläufen, von Datenerhebung und Kartenredaktion, sowie einheitlicher Zeicheninstruktionen (Legende, graphische Ausprägung). Hier unterscheidet sich die Kartographie wesentlich von der Kunst. Bei letzterer bilden subjektive und individuelle Umsetzung das Herzstück zur Vermittlung persönlicher Eindrücke und Botschaften. Bei der Kartographie handelt es sich also höchstens um ein kleines „Subset" künstlerischer Ausdrucksformen, welche sehr stark vereinheitlicht werden. Jedoch bietet die Realwelt so viele geometrische Variationen, dass jede Karte ein anderes Erscheinungsbild aufweist. Aber auch in der Kunst werden ähnliche Ausdrucksformen zusammengefasst und als Stilrichtungen bezeichnet. Innerhalb einer Stilrichtung ergibt sich jedoch durch die unterschiedlichen Sujets und Künstler ebenfalls eine große Variationsmöglichkeit. Abbildung 3 zeigt eine zeitgenössische fotografische Wiedergabe einer Landschaft und die entsprechende künstlerische Umsetzung in einem Gemälde aus dem 19. Jahrhundert.

5 REALITÄT – FIKTION – REALITÄT

Wir haben gesehen, dass kartographische Repräsentationen durchaus eigenständige „Neuerfindungen" der Natur sein können, welche allerdings mit der Realwelt stark korrelieren sollten (Imhof 1981). Auf der anderen Seite lassen sich aber auch Erscheinungen darstellen, welche in der Realwelt nicht direkt mit unseren Sinnesorganen wahrgenommen werden können, aber trotzdem einen Raumbezug haben. Man denke hier vor allem an Vorkommnisse sozialer, kultureller und wirtschaftlicher Natur. So haben Phänomene wie z. B. „Arbeitslosigkeit" oder „Bruttosozialprodukt" durchaus eine spezifische räumliche Verteilung, können aber nicht direkt mit unseren Sinnesorganen wahrgenommen werden. Werlen (2013) spricht von „raumwissenschaftlichen Zugriffen auf das Soziale" und kritisiert dabei die Reduktion des „Gesellschaftlichen" auf das „Räumliche".

Es ist aber auch möglich, rein fiktionale Inhalte auf Karten zu publizieren. So kann der Realraum als Bühne für fiktionale Handlungen dienen, man denke z. B. an literarische Werke oder an Filme. Im Projekt „Ein literarischer Atlas Europas", welches von 2006 bis 2014 am Institut für Kartografie und Geoinformation der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich ausgeführt wurde, sind fiktionale Handlungen aus literarischen Werken kartiert worden (Piatti 2012). Die grundlegende Frage ist dabei, wo die Literatur spielt und was die Gründe dafür sein könnten. Romane, Novellen und Kurzgeschichten enthalten in den allermeisten Fällen mehr oder weniger präzise Angaben zum Ort, wo sie sich abspielen. So können Orte direkt mit dem entsprechenden Toponym genannt werden. Autoren haben aber die Freiheit, die Bühne, der sie sich für ihre erdachten Handlungen bedienen, nach Belieben zu verändern. So können Handlungsorte und -zonen präzise benannt, gar nicht benannt, umbenannt, verschoben, verzerrt, völlig fiktiv erdacht, kombiniert oder überblendet werden. Die ganze Breite von präziser Lokalisierung über eine mögliche, vage beschriebene Handlungszone bis hin zu ganz fiktiven Welten ist möglich. Im Literaturatlas wird dazu zwischen den vier Graden „importiert" (Realraum), „transformiert" (leichte Änderungen, z. B. Austausch von Ortsnamen), „fingiert" (starke Veränderungen, Verzerrungen) und „ausgemalt" (neu erfundener Raum) unterschieden (Reuschel und Hurni 2011). Diese werden im Atlas in vier Farben (rot, orange, gelb, weiß) dargestellt. Zusätzlich kann die Skala in farblich abgeänderter Form (blau–violett) auch auf sogenannte projizierte Orte angewendet werden, d. h. nicht direkte Handlungsorte im Roman, sondern z. B. Traumorte oder Sehnsuchtsorte. Abbildung 4A zeigt ein Schema dieser Abstraktionsgrade. Auf Abbildung 4B ist ein Ausschnitt von Nordfriesland mit farblich codierten, aufsummierten Gebieten abgebildet, welche eine protagonistische Rolle in den bearbeiteten Romanen spielen, z. B. als Schauplatz von Naturereignissen.

Nach der Kartierung fiktionaler Räume kann man nun noch einen Schritt weiter gehen. So lassen sich zunächst nur fiktionale Räume auch in die Realität umsetzen, d. h. implementieren. Am offensichtlichsten ist dies bei der Architektur, wo zunächst nur imaginäre Projekte auf Plänen entworfen und „geplant" und schließlich in der Realwelt materialisiert werden (Hurni und Sell 2009). Es gibt aber auch Beispiele von fiktionalen literarischen Räumen, welche Auswirkungen auf die Realwelt haben. So siedelte der Emmentaler Mundart-Schriftsteller Simon Gfeller (1868 –1941) seinen Erstlingsroman *Heimisbach – Bilder u Bigäbeheiten us em Bureläbe* (1910) in der gleichnamigen Talschaft an, welche als „Dürrgraben" eindeutig lokalisierbar ist. 1968 wurde der Dürrgraben zu Ehren Gfellers und aus Anlass seines 100. Geburtstags in Heimisbach umbenannt (Simon-Gfeller-Stiftung o. J.; siehe Abbildung 4C, D).

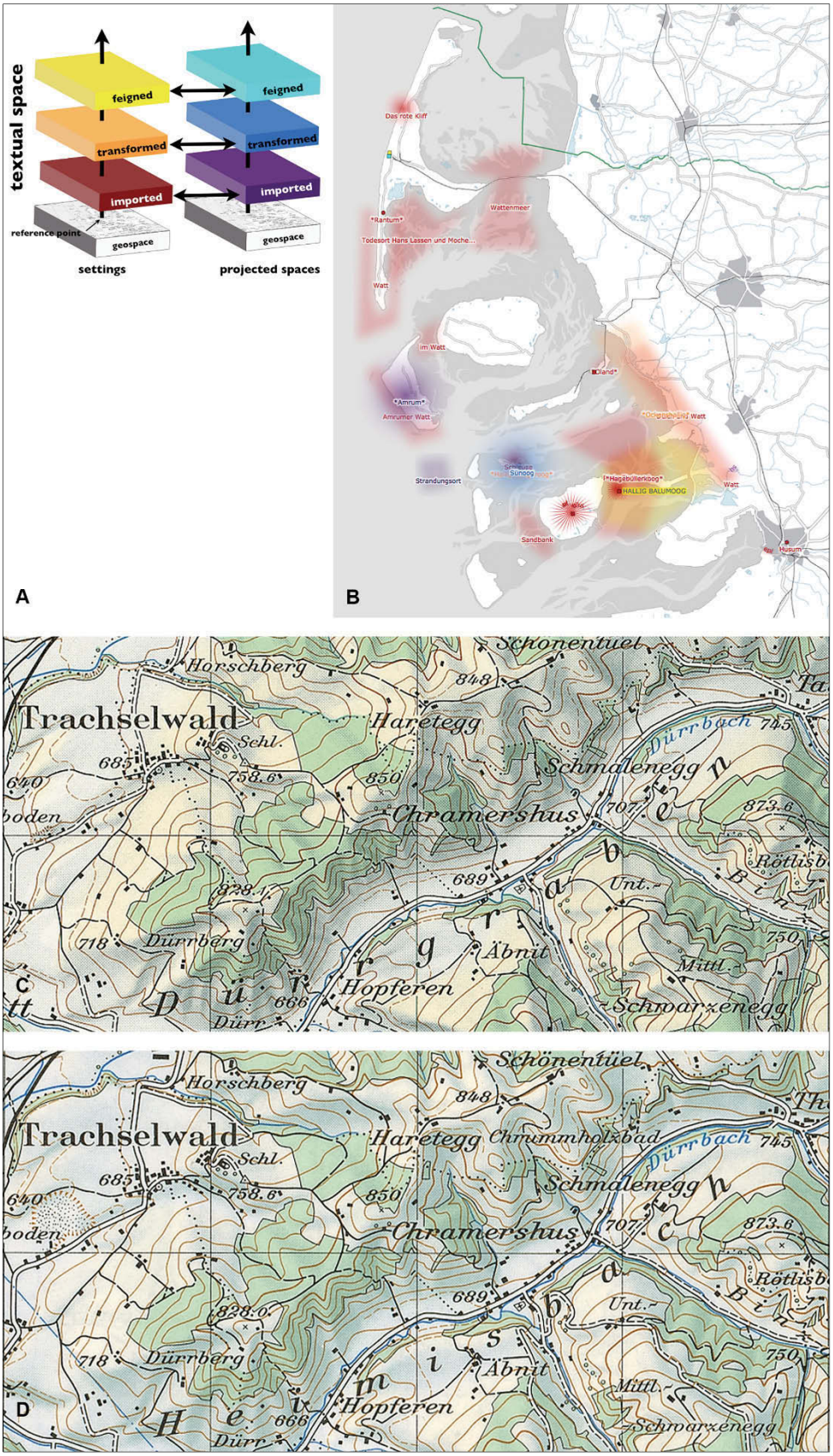


Abbildung 4A: Abstraktionsgrade fiktionaler Literatur als Farbcode (www.literaturatlas.eu). **B:** Ausschnitt aus dem Literaturatlas von Nordfriesland mit farblich codierten, aufsummierten Handlungszonen, welche eine protagonistische Rolle in den bearbeiteten Romanen spielen. **C:** Umbenennung Dürrgraben **D:** in Heimisbach 1968 (Ausschnitte aus den Schweizer Landeskarten 1:25 000. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo [JA 100120]).

6 MASSSTAB UND GENERALISIERUNG

Der argentinische Schriftsteller Jorge Luis Borges (1899 – 1986) beschreibt in seinem fragmentartigen Kurztext *Von der Strenge der Wissenschaft* (Borges 1993) ein imaginäres Reich, in dem die Kartographie zu einer so großen Vollkommenheit gelangt, dass immer größere Kartenmaßstäbe möglich werden. Schließlich bedeckt die Karte unverkleinert das ganze Land. Nachfolgende Generationen sind davon weniger begeistert und überlassen die Karte „den Unbilden der Sonne und dem Winter".

Die Erstellung eines Plans im Maßstab 1:1 oder sogar noch detaillierter kann beispielsweise bei Bauplänen für Maschinen oder Werkstücke notwendig sein. Rechnergestützte 3D-Karten, Globen oder CAD-Modelle ermöglichen heutzutage im Prinzip auch eine Abbildung, resp. Auflösung, welche nahe an die Auflösung des Realraumes heranreicht. Trotzdem steht auf Papierkarten oder digitalen Kartendarstellungen kaum genügend Platz für eine größtmaßstäbige Abbildung zur Verfügung, die Landschaft muss also verkleinert dargestellt werden.

Der kartographische Maßstab ist definiert durch das Verhältnis zwischen Distanz in der Natur und auf der Karte. Eine großmaßstäbige Karte (kleiner Nenner) zeigt einen kleinen Ausschnitt in großem Detail und eine kleinmaßstäbige Karte einen großen Ausschnitt in kleinerer Detailtreue (Hurni und Sell 2009). Im Gegensatz dazu steht die Definition des Geographischen Maßstabs, welche in den meisten Naturwissenschaften zur Anwendung gelangt: Dieser beschreibt die räumliche Ausdehnung eines Untersuchungsgebietes und ist demzufolge bei großen Gebieten groß, und bei kleinen Gebieten klein (Sester 2001).

Es stellt sich nun die Frage, wie man den Karteninhalt in eine auf den Maßstab abgestimmte, präsentierbare Form bringt. Die einfachste Maßnahme wäre eine reine Verkleinerung einer Geodaten-Ersterfassung oder eines Ausgangskartenbildes in einen Zielmaßstab. Abbildung 5A zeigt eine solche Verkleinerung der Schweizer Landeskarte 1:25 000 in zwei Schritten auf 1:50 000 und 1:100 000. Man sieht, dass aufgrund der Reduktion die graphischen Kartenelemente sehr rasch so redimensioniert werden, dass sie durch das menschliche Auge nur noch sehr schwer erkannt werden können. Man spricht von einer Unterschreitung der zugelassenen Minimaldimensionen. Zudem nimmt die Informationsdichte in den kleineren Maßstäben zu, und die dichtgepackten Kartenelemente stören sich gegenseitig.

Es geht nun also darum, den Karteninhalt maßstabsgerecht so zu präsentieren, dass er in gleicher Dichte und Lesbarkeit auch im Zielmaßstab dem Kartenbenutzer zugänglich gemacht werden kann. Dieser Produktionsprozess wird „Kartographisches Generalisieren" genannt und ist eine der Haupttätigkeiten der Kartographie, resp. eine Kernkompetenz ausführender Kartographinnen und Kartographen. Im Grunde genommen erfolgt ein erster Generalisierungsschritt im Sinne einer Auswahl bereits bei der Erstdatenerfassung. Zudem kann auf semantischer Ebene generalisiert werden, indem z. B. verschiedene Landnutzungsklassen zusammengefasst werden. Die eigentliche kartographische Generalisierung konzentriert sich vor allem auf geometrische und graphische Aspekte: Man unterscheidet dabei zwischen verschiedenen Teiltätigkeiten oder Operatoren wie Auswahl, Vereinfachung, Vergrößerung, Zusammenfassung, Klassifikation, Bewertung und Verdrängung (Bollmann und Koch 2001/2002). Diese Operatoren können einerseits auf ein Einzelobjekt angewendet werden, wie z. B. die Vereinfachung eines Hausgrundrisses. Andererseits beeinflussen sich auch Objekte und Objektgruppen unterein-ander, so liegen unter Umständen ein Bach und eine Straße nach der Verkleinerung zu nahe beieinander und müssen sich nun gegenseitig verdrängen. Abbildung 5B zeigt den gleichen Kartenausschnitt wie oben, nun jedoch mit generalisierten Kartenbildern in den beiden Zielmaßstäben.

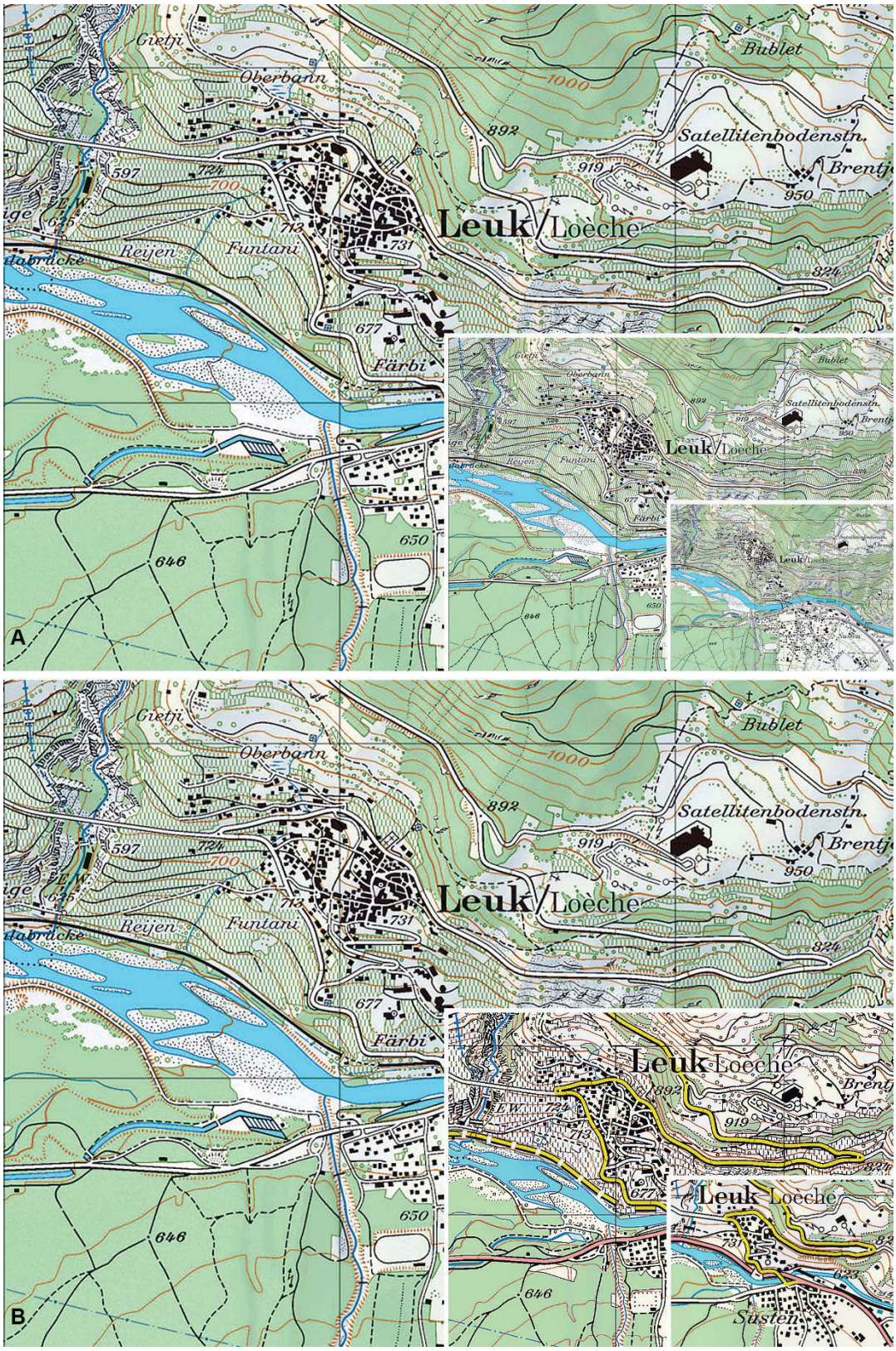


Abbildung 5A: Reduktion der Karte 1:25 000 auf 1:50 000 und 1:100 000. **B:** Gleiche Maßstäbe, jedoch kartographisch generalisiert (Ausschnitte aus den Schweizer Landeskarten 1:25 000). Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo [JA100120]).

7 SYMBOLISIERUNG UND GRAPHISCHE VARIABLEN

Im Unterschied zu einem Luftbild oder einer naturähnlichen, schattenplastischen Reliefzeichnung, welche die Landschaft konkret und unmittelbar abbilden, sind die meisten Kartenelemente abstrakter, fiktiver Natur, es handelt sich um eine mittelbare Abbildung (Imhof 1959). Man spricht auch von Kartensymbolen. Dem gängigen Symbolbegriff am nächsten kommen Punktsymbole, z. B. ein Kirchensymbol mit Ring und aufgesetztem Kreuz. Dies ist ein stark abstrahiertes Symbol, im Gegensatz zu einem bildhaften Symbol, z. B. einer stilisierten kleinen Kirche. Man spricht aber auch bei linearen und flächenhaften Darstellungen von Symbolen (z. B. Straßen oder Waldflächen). Als spezielle, symbolverwandte Elemente gelten die Kartenschrift sowie punktbezogene Diagramme, wie sie in der thematischen Kartographie zur Visualisierung von statistischen Daten zur Anwendung gelangen. Anstatt von Kartensymbolen wird auch von Kartenzeichen oder Signaturen gesprochen. Abbildungen 6B und 6C (rechts) zeigen dasselbe Kartenbild mit und ohne applizierte Symbolisierung.

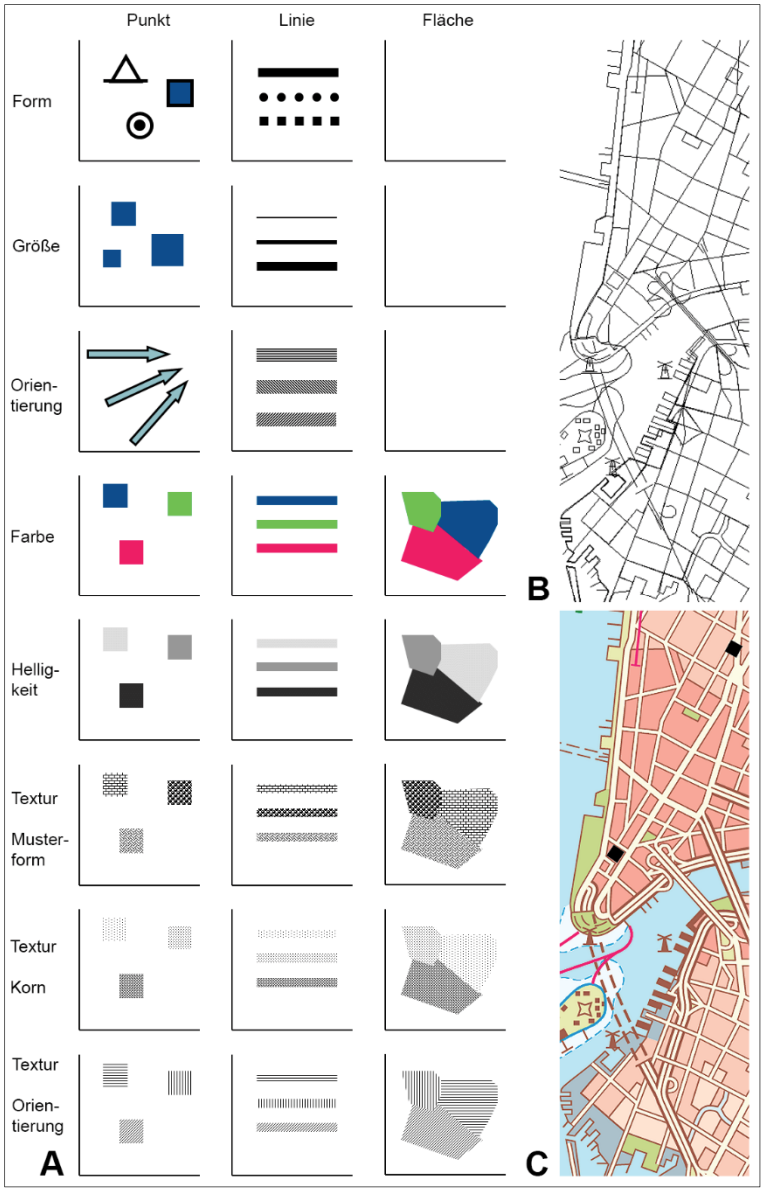


Abbildung 6A: Graphische Variablen nach Jacques Bertin. **B:** Kartenausschnitt aus dem Schweizer Weltatlas ohne Symbolisierung. **C:** mit Symbolisierung.

Die kartographischen Symbole können verschiedene graphische Ausprägungen annehmen, d. h., ihr Erscheinungsbild kann variiert werden. Jacques Bertin (1918 – 2010) hat diese Möglichkeiten systematisiert und dafür den Begriff der Graphischen Variablen geprägt (Bertin 1967). Bertin schlägt die folgenden sechs Grundvariablen vor (Abbildung 6A), welche sich allerdings nicht immer auf alle Elementtypen Punkt, Linie und Fläche anwenden lassen:

- Form: Bei einem Punktelement kann diese verändert werden, um qualitative Unterschiede (Artunterschiede) zu visualisieren. Linien können in ihrer Form nicht ver-ändert werden, da sonst der Linienverlauf verändert wird; dies gilt sinngemäß auch für Flächen. Allenfalls kann die Änderung der Art der Linienunterbrechungen auch als Formänderung angesehen werden.
- Größe: Punkt- und Linienelemente können in ihrer Größe, resp. Strichstärke variiert werden; damit können unterschiedliche Quantitäten ausgedrückt werden. Bei der Fläche entfällt diese Möglichkeit, außer man verzerrt diese aufgrund eines dazugehörigen Mengenwertes (z. B. Gemeindeflächen proportional zur Einwohnerzahl).
- Orientierung: Ein Punktsymbol kann in eine bestimmte Richtung orientiert werden. So kann z. B. die Ausrichtung eines Kirchensymbols die Orientierung der Frontseite resp. des Eingangs der Kirche anzeigen. In der thematischen Kartographie können Phänomene wie Winde, welche sich in einer bestimmten Richtung ausbreiten, assoziativ mittels ausgerichteter Pfeile dargestellt werden.
- Farbe: Unterschiedliche Farben ermöglichen wiederum die Unterscheidung qualitativer Art, z. B. eine flächenbezogene Landnutzung. Bei Punkten und Linien sind die geringen Dimensionen zu beachten, welche die Anzahl noch wahrnehmbarer Farbabstufungen begrenzen.
- Helligkeit: Mit der Variation der Helligkeit lassen sich Quantitäten repräsentieren. Flächenbezogene Relativwerte werden oft derart flächenhaft als sogenannte Choroplethen dargestellt. Bei flächigen Grauwertbildern lassen sich noch max. 5 – 7 Stufen unterscheiden, bei Punkten und Linien noch weniger.
- Füllung: Füllungen in Form von Texturen lassen sich am besten auf Flächen anwenden, Linien und Punkte sind dafür weniger geeignet. Man unterscheidet zwischen Musterform (für Qualitäten), Korn (Rasterdichte/-frequenz) für Quantitäten und Orientierung.

Die graphischen Variablen sind in jüngerer Zeit aufgrund neuer technischer Möglichkeiten erweitert worden. Es wurden z. B. neue Variablen wie Sättigung, Auflösung, Schärfe und Transparenz vorgeschlagen (MacEachren 1995).

8 ZEIT – ANIMATIONEN

Klassische Papierkarten sind statische Bilder und stellen einen bestimmten zeitlichen Zustand der repräsentierten Landschaft oder Phänomene dar. Die Situation wird also zu einem Zeitpunkt „eingefroren“, deshalb stellt sich bei einem solchen Kartenprodukt immer auch die Frage nach der Aktualität. Schweizer Landeskarten werden z. B. in einem sechsjährigen Turnus nachgeführt. Zwischen der Aufnahme des Luftbildes, welches als Basis für die Auswertung und die kartographische Bearbeitung dient, und der Publikation verstreichen jedoch bis zu zwei Jahre. Die Karte ist also bereits bei Erscheinen veraltet. Für die Zukunft überlegt man sich, Karten allenfalls aufgrund der lokalen und regionalen Veränderungen in unterschiedlichen Zeitabständen nachzuführen, d. h. häufiger in besiedelten Gebieten,

weniger häufig in ländlichen Gegenden oder in Naturlandschaften.

Aus der Sammlung von Karten verschiedener Nachführungsstände ergibt sich quasi automatisch eine Zeitreihe. Die einfachste Art der Darstellung zeitlicher Unterschiede ist das Nebeneinanderstellen dieser einzelnen Zustandskarten. In Abbildung 7 ist dies monatsweise für durchschnittliche Niederschlagsdaten zum indischen Subkontinent geschehen.

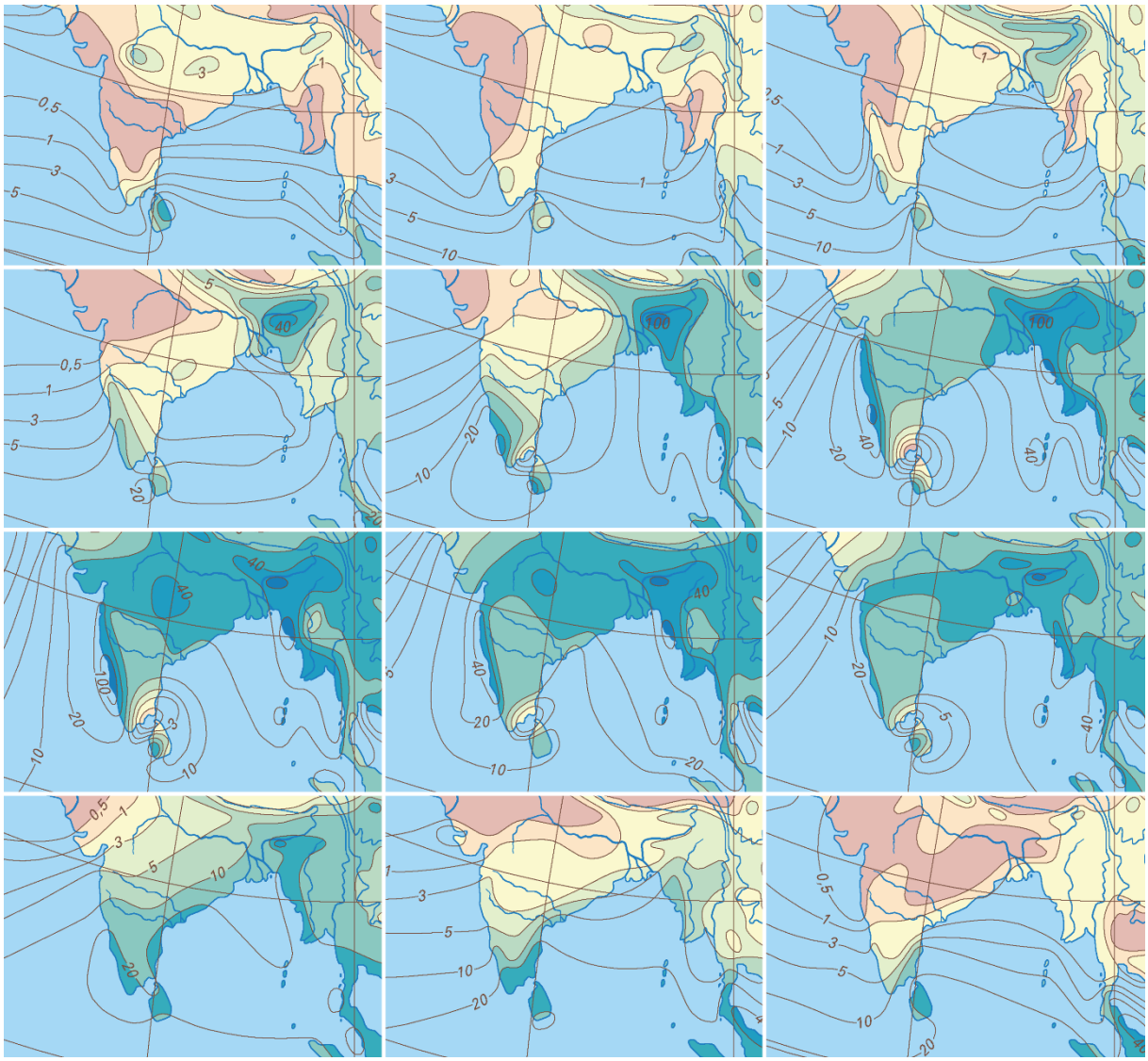


Abbildung 7: Niederschlagsmonatskarten zum indischen Subkontinent (Daten: Schweizer Weltatlas).

Solche Einzelbilder können aber auch wie in einem Film hintereinandergeschaltet werden, dazu genügt allerdings das Medium Papier nicht mehr (mit Ausnahme eines Daumenkinos!). Auf neuen Medien lassen sich solche Animationen jedoch relativ einfach erstellen, z. B. in Form einer animierten Bilddatei im GIF-Format, in welche mehrere Zeitstände geordnet hineingepackt und mit geeigneter Software in der richtigen Reihenfolge abgespielt werden können. Alle verfügbaren Zeitstände der Schweizer Landeskarte sind seit kurzem als sogenannte Zeitreise im Internet verfügbar (swisstopo 2013). Es können beliebige rechteckige Gebiete ausgewählt werden, und die gesamte Zeitreihe wird in einem passenden Maßstab angezeigt. Es zeigt sich hier, dass kartographische Animationen „nach einem vorgefertigten Drehbuch“ (Buziek 2001) mit vorgefertigten Einzelbildern ablaufen. Die zeitlichen Abstände zwischen den Bildern können regelmäßig ausgestaltet sein und den Ablauf zeitlich linear

komprimiert wiedergeben. Sie können mehrere, zwischenzeitliche Veränderungen in einem Stand kombiniert wiedergeben, oder aber es kann jede einzelne Mutation oder jedes einzelne „Event“ (Langran 1992, Andrienko et al. 2010) in einem Zustandsbild wiedergegeben werden, was zu einer längeren Animation führt. Animationen enthalten mehr Informationen und vor allem mehr Informationswechsel als statische Karten und müssen demzufolge stärker inhaltlich und geometrisch generalisiert werden. Bei der technischen Umsetzung kann zwischen einer sogenannten Keyframe-Animation mit einer genügend dichten Abfolge von Einzelbildern oder einer prozeduralen Animation mittels Geoobjekten und darauf angewendeten Transformationsprozessen unterschieden werden (Dransch 1997).

Neben der temporalen sind auch non-temporale Animationen möglich, welche technisch sequenziell, aber trotzdem zeitlich ablaufen. Dazu gehören z. B. die Navigation in interaktiven Atlanten (wie Maßstabswechsel oder Verschieben eines Kartenausschnitts, die inhaltliche Veränderung durch Ein- und Ausschalten von thematischen Ebenen). Weitere Möglichkeiten wären beispielsweise die direkte Veränderung der graphischen Daten durch Wechsel der Symbolisierung oder die Visualisierung eines (iterativen) Generalisierungsalgorithmus (Dransch 1997).

Dynamische Vorgänge können aber durchaus auch auf einer statischen „Einbild“-Karte visualisiert werden. So lassen sich Verbreitungsrichtungen von Phänomenen, wie z. B. philosophische Strömungen (Holenstein 2004), mittels Pfeildiagrammen auf einer Karte verfolgen. Auch die Ausbreitung flächenhafter Phänomene (z. B. Überflutungen) können mittels Isoliniendarstellungen umgesetzt werden. Eine kartographische Abbildungssystematik für statische und auch solche dynamische Phänomene bieten die im französischen Sprachraum oft verwendeten „Chorème“ (Brunet 1987).

9 3D-RAUM

Klassische Landkarten sind zweidimensionale Abbildungen der Erdoberfläche auf einem Medium (Papier, eventuell Bildschirm). Unter Berücksichtigung von speziellen, durch die Projektion vorgegebenen Abbildungsvorschriften werden die ausgewählten Objekte alle senkrecht auf die Abbildungsfläche übertragen. Nicht wie bei einem Luftbild, wo das Projektionszentrum in der Kamera liegt, weisen in dieser sogenannten Orthogonalprojektion alle Objekte, ob sie nun auf einem Hügel (also näher beim Betrachter) oder in einem Tal liegen, den gleichen, uniformen Maßstab auf. Dies ermöglicht im Sinne einer „Gleichbehandlung“ eine „objektivere“ Sicht auf alle Kartenelemente. Allerdings geht durch die Senkrechtansicht die Dreidimensionalität der Erdoberfläche verloren. Diese muss mit graphischen Maßnahmen, wie der Geländerepräsentation durch Höhenkurven, hypsometrischen Flächenfarben oder einer Reliefzeichnung, (teilweise) wiederhergestellt werden.

Soll nun jedoch die Perspektive mit in der Karte dargestellt werden, so spricht man in der klassischen Kartographie von einer sogenannten kartenverwandten Darstellung (Hake et al. 2002). Die moderne Computergraphik und Computer-Aided-Design-Systeme (CAD) erlauben jetzt aber die einfachere Modellierung, Exploration und Darstellung von Geoobjekten im 3D-Raum. Ähnlich wie bei einem Geographischen Informationssystem (GIS) wird jedoch in diesen Systemen die kartographische, sprich generalisierte und gestaltete, Darstellung zugunsten von Detailtreue und Fotorealismus weniger gewichtet. Slocum (2009) spricht relativ generell von „3D-maps“, sobald raumbezogene Objekte und Phänomene mit dreidimensionaler Ausdehnung perspektivisch abgebildet werden. Terribilini (2001) zeigt in seiner Dissertation den Arbeitsablauf zur Erstellung einer dreidimensionalen topographischen Karte auf

(Abbildung 8A): Aus den Rohdaten (z. B. lasergemessenes Höhenmodell) wird durch Bereinigung, Harmonisierung und Zusammenführung zunächst ein unsymbolisiertes Höhenmodell und unter Beizug von aufs Terrain aufgesetzten 3D-Objekten, resp. Symbolen (wie Straßen, Gebäude, Landnutzung) ein kartographisches 3D-Landschaftsmodell (oder Kartenmodell) erstellt. Zur finalen Darstellung („Rendering") können verschiedene Parameter (z. B. Farben, Beleuchtung) gewählt werden. Wie bei klassischen Karten sind auch im 3D-Modus Objekte möglich, die sich auf Referenzpunkte beziehen, linienhaft oder flächenhaft sind. Diese Objekte sind entweder bereits dreidimensional erfasst worden oder werden durch geeignete Methoden auf die Erdoberfläche aufgesetzt (Abbildung 8B).

Häberling et al. (2008) schlagen eine Kategorisierung der Gestaltungsaspekte vor, welche eine kartographisch bearbeitete 3D-Karte charakterisieren: Gemäß dem gezeigten Arbeitsablauf von Terribilini (2001) unterscheiden die Autoren zwischen der Objektmodellierung (mit den Unteraspekten Geländemodell, Objekte, Hilfsinformationen, Beschriftung), der Symbolisierung (graphische Variablen, Textur, Animationen) und der Visualisierung (Perspektive, Kameraparameter, Beleuchtung, Schattierung, Spezialeffekte). Die Parameter werden dann in verschiedenen Stufen variiert, und anhand empirischer Tests geben die Autoren Empfehlungen bezüglich der optimalen Wahl der Aspekte ab. So empfehlen sie unter anderem den Einsatz vereinfachter, d. h. graphisch gestalteter, vergrößerter und möglichst nicht verdeckter 3D-Symbole zur besseren Lesbarkeit. Jenny (2011) geht noch einen Schritt weiter und deformiert das Geländemodell über globale Parameter, aber auch interaktiv lokal, um gewisse Landschaftselemente besser erkennbar zu machen. Dabei werden Techniken von Panoramamalern wie Heinrich Berann (1915 – 1999) digital simuliert. Abbildung 8 unten zeigt C ein unverzerrtes, perspektivisch präsentiertes Geländemodell der Jungfrauregion (CH) sowie D eine überhöhte und lokal angepasste Variante.[5]

3D-Geodatenviewer setzen sich in jüngster Zeit vermehrt durch: Virtuelle Globen wie Google Earth/Google Maps oder NASA Worldwind ermöglichen eine quasi stufenlose räumliche und maßstäbliche Navigation und gewähren damit einen interaktiven Zugang zu dreidimensionalen Visualisierungen.

10 INTERAKTION

Wie in den vorangehenden Abschnitten gezeigt, sind Karten moderner Prägung nicht nur mehr rein statische Endprodukte eines durch den Kartographen gesteuerten Datenerhebungs-, Analyse-, Auswahls- und Visualisierungsprozesses. Mit dem verbesserten Einbezug der Dimensionen 3D-Raum und Zeit werden zwar die Karten dynamischer, jedoch sind auch diese Kartenmodelle meist durch einen Bearbeiter vordefiniert. Neue Medien ermöglichen es nun, noch einen Schritt weiterzugehen und sowohl auf den Inhalt wie auch auf das Erscheinungsbild Einfluss zu nehmen. Ein wesentlicher Teil der kartographischen Entscheidungskompetenz geht also vom bearbeitenden Kartographen über an den Kartennutzer. Roth (2013) illustriert diese Paradigmenverschiebung anhand zweier Verortungssysteme. Klassische, analoge Karten lassen sich zwischen großen und kleinen Maßstäben sowie zwischen bildhaften und stark abstrahierten Darstellungen variieren. Digitale Karten lassen sich zwischen Offline- und Online(=Web)-Zugang und zwischen hohem und niedrigem Interaktionsgrad verorten. Abstraktionsgrad und Maßstab lassen sich bei digitalen, interaktiven Karten oft stufenlos

[5] Vgl. Berann o. J.

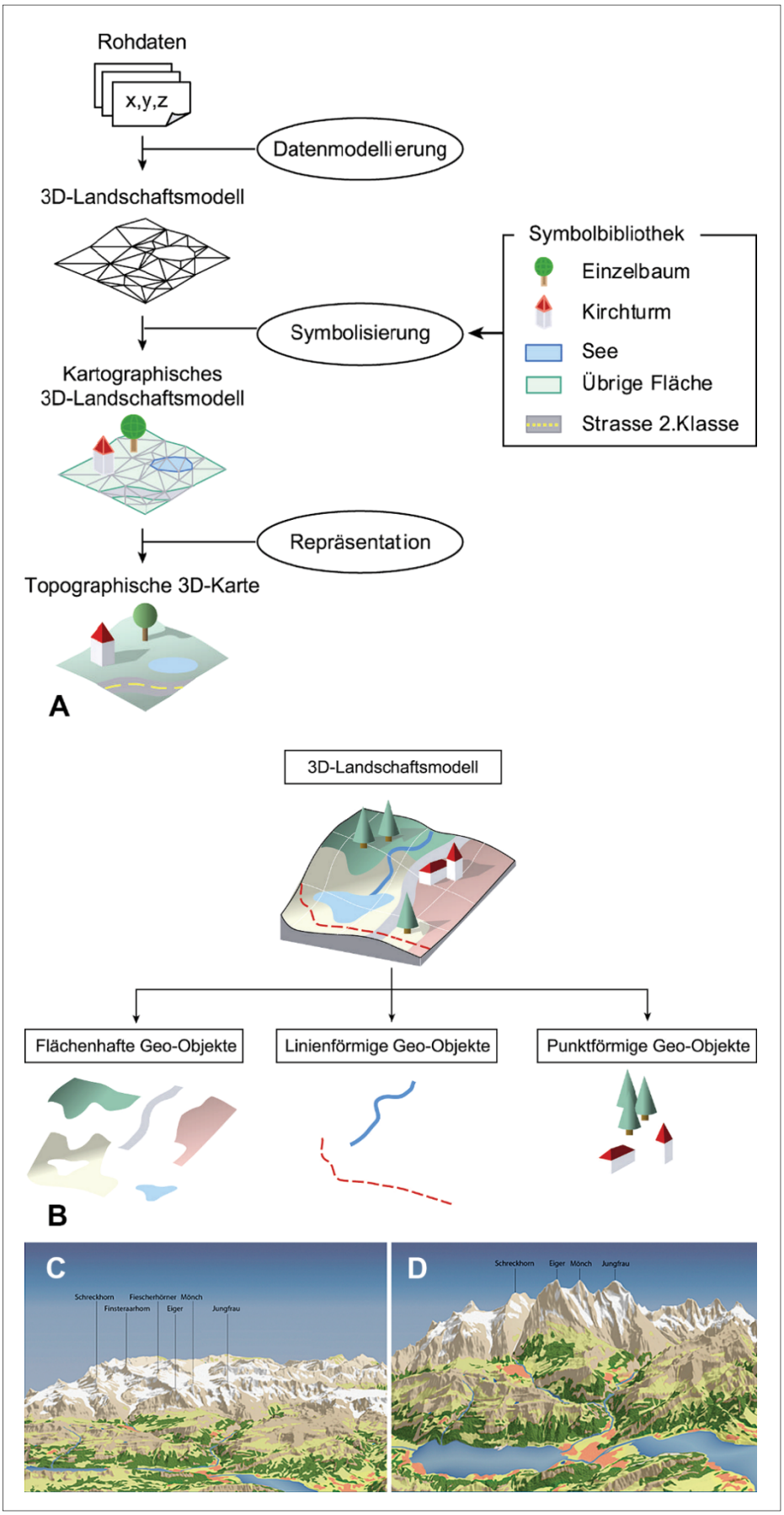


Abbildung 8A: Arbeitsablauf zur Erstellung einer dreidimensionalen topographischen Karte. **B:** Objekte im 3D-Kartenmodell (Terribilini 2001). **C, D:** Deformation eines Geländemodells zur verbesserten dreidimensionalen Visualisierung (Jenny 2011).

variieren. Roth definiert kartographische Interaktion als Dialog zwischen Mensch und Maschine unter Vermittlung eines kartographisch ausgerichteten Computersystems. Um ein offenes oder vordefiniertes Ziel zu erreichen, stehen Funktionen oder Operatoren zur Verfügung, mit denen Aktionen ausgelöst werden können. Deren Resultate können jederzeit eingesehen, interpretiert, evaluiert und allenfalls durch weitere Aktionen verändert werden.

Solche spezifisch kartographisch ausgerichteten Systeme werden Atlas-Informationssysteme genannt. Buziek (2001) unterscheidet zwischen folgenden Ausdrucksformen: Die Systeme können zwei- oder dreidimensionale Daten wiedergeben. Sie ermöglichen statische, starr ablaufende, d. h. kinematographische, oder aber dynamische Datenpräsentationen. Die Medienkanäle können visueller, akustischer oder sogar haptischer Natur sein. Der Interaktionsgrad kann von reiner Anzeige über einfaches Abfragen bis hin zu interaktiver Analytik reichen (Ormeling 1995). Der Bezug zwischen Karte und Kartennutzer resp. Realwelt kann von separierend über integrativ bis hin zu einer verstärkten Realität gehen. Die Funktionen eines interaktiven Atlas-Informationssystems sind also zusammen mit deren Handhabung entscheidend für deren zielgerichteten Einsatz. In Hurni (2008) sind diese wie folgt gegliedert (siehe Abbildung 9):

- Generelle Funktionen: Dazu gehören einerseits grundlegende Einstellungen wie der Wechsel der Dimension (2D/3D), aber auch Dienstfunktionen wie Drucken, Datenexport, Hilfefunktionen, Parametereinstellung, Historyfunktion, etc.
- Navigationsfunktionen: Hier unterscheidet man zwischen räumlicher Navigation („sich bewegen“ in der Karte), thematischer Navigation (Suche und Auswahl des anzuzeigenden Themas) und der zeitlichen Navigation (Auswahl eines zeitlichen Kartenstands oder einer Zeitspanne, Animation).
- Didaktische Funktionen: Diese erläutern oder ergänzen die Inhalte des Atlas, z. B. anhand geführter Touren durch Karten mit einem thematischen Zusammenhang oder durch Multimedia-Elemente (Texte, Graphiken, Bilder, Videos, Töne …). Weiter können Selbsttests wie Spiele oder „Quizzes“ eingebaut werden.
- Kartographische und Visualisierungsfunktionen: Das Kartenbild kann durch Zu- oder Wegschalten von Inhaltsebenen oder Vergleichskarten, Anpassung der Symbolisierung, Neuklassierungen, Wechsel der Beleuchtung oder durch Projektionswechsel beeinflusst werden. Weiter können eigene Objekte hinzudigitalisiert werden.
- Analytische/GIS-Funktionen: Dazu gehören kombinierte Abfragen von geometrischen Eigenschaften (z. B. Messen) oder komplexe inhaltliche Abfragen aufgrund semantischer Datenattribute oder von statistischen Daten.

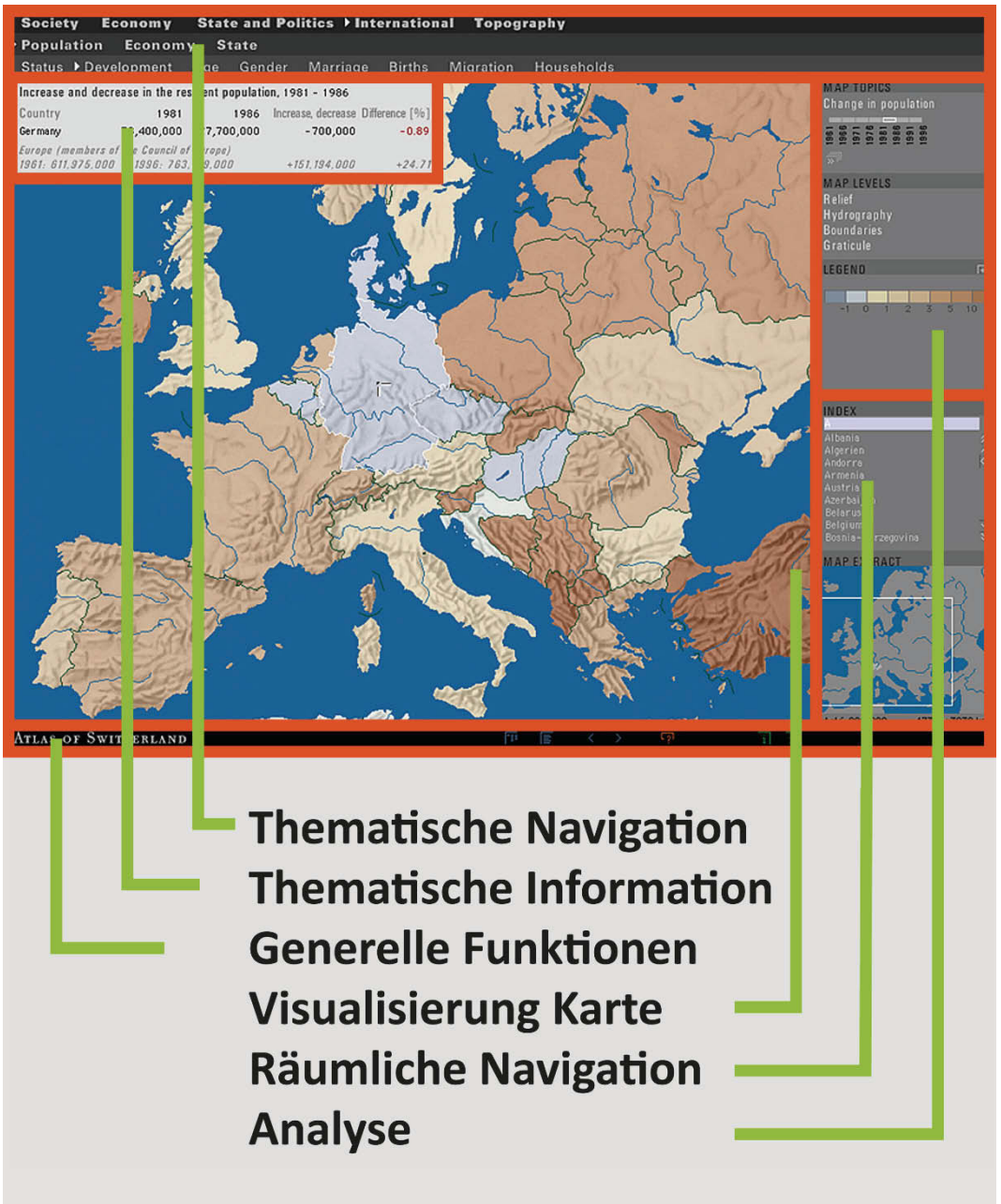


Abbildung 9: Interaktionsfunktionen anhand des Atlas der Schweiz – interaktiv.

11 PROOF-OF-CONCEPT: MULTIMEDIALE ATLAS- UND GLOBENINFORMATIONSSYSTEME

In den vorangehenden Abschnitten konnten nun die wichtigsten Aspekte und Bausteine zur Erstellung eines Kartenproduktes zusammengestellt werden. In diesem Kapitel sollen anhand zweier am Institut für Kartografie und Geoinformation der ETH Zürich redigierter und entwickelter Atlanten die Möglichkeiten multidimensionaler, multithematischer und multimedialer Kartographie-Anwendungen aufgezeigt werden.

Der *Atlas der Schweiz* (Hurni und Sieber 2010) ist der Schweizerische Landes- oder Nationalatlas. Er ist quasi ein Gegenstück zu den topographischen Karten und stellt die Schweiz auf vereinheitlichten Übersichtskarten in vielfältigen thematischen Aspekten dar. Der Atlas wurde zwischen 1965 und 1996 im Auftrag des Bundesrates (Schweizer Regierung) in

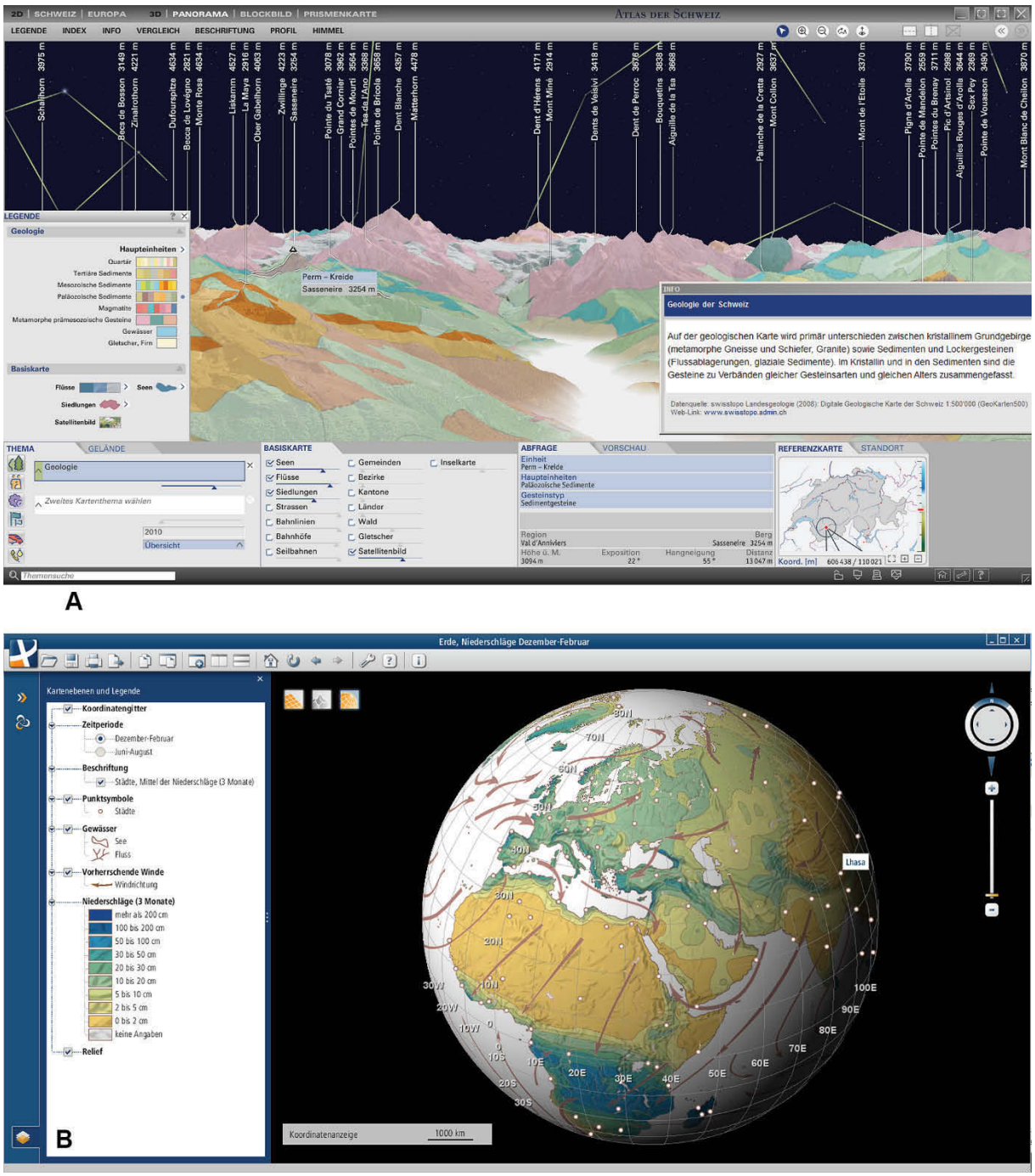


Abbildung 10A: Abfrage und Visualisierungsmöglichkeiten in einer dreidimensionalen Visualisierung der Geologie im Atlas der Schweiz. **B:** Virtueller Globus mit Niederschlagsdaten im Schweizer Weltatlas – interaktiv.

gedruckter Form auf großformatigen Tafeln herausgegeben. Ab 2000 wurde er auf eine interaktive Version umgestellt. 2010 erschien die aktuelle, dritte Version auf DVD. Eine vierte, webbasierte Version ist im Moment in Bearbeitung. Version 3 enthält insgesamt 2000 thematische Ebenen, welche sowohl zweidimensional wie auch dreidimensional perspektivisch (Blockbild und Panorama) angezeigt werden können. Einzelne Elemente (z. B. eine geologische Gesteinsformation) lassen sich direkt im Kartenbild abfragen und allenfalls graphisch anpassen. Auch Bergmassive sind als Perimeter definiert worden und lassen sich im Panoramamodus abfragen. Zudem stehen verschiedene Analyse- und Visualisierungstools wie Geländeprofilberechnung, Panoramabeschriftung oder die Anzeige des aktuellen Sternenhimmels zur Verfügung. Karten lassen sich auch vergleichen, so können zwei

verschiedene Themen des gleichen Ausschnitts entweder einander transparent überlagert oder in einem „Split Screen" gegenübergestellt werden. Die Funktionen sind je nach Komplexitätsgrad hierarchisch angeordnet, d. h. in den Funktionspanelen mehr oder weniger „versteckt". Abbildung 10A zeigt einige der erwähnten Abfrage- und Visualisierungsmöglichkeiten des *Atlas der Schweiz – interaktiv*. Während in Version 3 die 2D- und die 3D-Welt noch komplett separiert sind, soll die nächste Version auf einem interaktiven Globus basieren, welcher beide Welten vereinigt. 2D wäre demzufolge ein Spezialfall von 3D, und der Übergang ließe sich dynamisch und interaktiv bewerkstelligen.

Der *Schweizer Weltatlas* (Hurni und Spiess 2010) ist der offizielle Schweizer Schulatlas in drei Sprachen (D, F, I). Er wurde 1910 erstmals publiziert, und die Redaktion obliegt seit der Ausgabe von 1928 dem Institut für Kartografie und Geoinformation der ETH Zürich. Anders als der *Atlas der Schweiz* zeigt der *Schweizer Weltatlas* nicht ein Land in vergleichbaren Kartendarstellungen. Er umfasst vielmehr eine Reihe von zwar einheitlich gestalteten physischen und thematischen Karten, jedoch in den verschiedensten Maßstäben und Ausschnitten. Die Produktion des Atlas erfolgt seit 2002 vollständig digital, im Moment ist die Umstellung von dateibasierter auf weitgehend datenbankgestützte Umsetzung im Gange. Seit 2010 existiert auch eine interaktive, Web-basierte Version. Sie ist komplementär zur gedruckten Version ausgerichtet, basiert aber auf denselben Basiskartendaten („Crossmedia-Publishing"). Der Atlas zeigt Karten als zweidimensionale, klassische Darstellungen. Allerdings lassen sich hier einzelne thematische Ebenen ein- und ausschalten und Zusatzinformationen (z. B. Einwohnerzahlen großer Städte) können per Mausbewegung abgefragt werden. Einige Karten können auch als interaktive Blockdiagramme angezeigt werden, so können z. B. geologisch interessante Regionen in einer perspektivischen Ansicht besser dargestellt und verstanden werden. Karten auf globaler Ebene können zudem auf einen virtuellen Globus gelegt werden. Dies ermöglicht das dynamische Aufzeigen und Erkunden globaler Zusammenhänge und den Vergleich mit anderen Phänomenen. Abbildung 10B zeigt das Globus-Modul des *Schweizer Weltatlas – interaktiv* mit einer Darstellung der Niederschläge und der Windrichtungen und zusätzlichen Abfrageelementen. Zusatzmodule im Atlas erlauben die explorative Darstellung spezifischer Themen und Phänomene wie z. B. eine interaktive Darstellung des Umlaufs der Erde um die Sonne.

12 FAZIT UND AUSBLICK

In diesem Artikel wurde der Ablauf eines Kartierungsprozesses von der Erfassung der Realwelt über die Modellbildung hin zur kartographischen Darstellung aufgezeigt. Der Prozess ist an verschiedenen Stellen subjektiven, d. h. von Menschen getroffenen Entscheiden unterworfen. Allerdings wird mit dem Einsatz digitaler Verfahren angestrebt, auch diese Entscheide nachvollziehbar zu implementieren, d. h., die Methoden sind wiederholbar und übertragbar auf andere Szenarien. Die modellierten und dargestellten Informationen sind multidimensionaler Natur, d. h., das Thema kann sowohl räumlich wie zeitlich verortet werden. Idealerweise werden solche Datencluster in räumliche Datenbanken importiert, dort harmonisiert, generalisiert und verwaltet. Mittels räumlicher Abfragen können Ausschnitte aus den Daten gebildet und im einfachsten Fall als statisches Kartenbild visualisiert werden. Moderne interaktive Atlas-Informationssysteme erlauben den Zugang und die Exploration und die Anzeige in dreidimensionalen, zeitlich variierbaren Echtzeitdarstellungen.

Als Fazit können wir festhalten, dass die Möglichkeiten der kartographischen Darstellung in den letzten Jahren dank der neuen Medien wesentlich erweitert und damit flexibler geworden

sind. Es handelt sich allerdings auf allen Stufen um Modelle und Modellvorstellungen, welche im Prinzip austauschbar sind. Oder um es mit der Erkenntnis des Pygmalion zu sagen: Man sollte sich nicht in sein Modell verlieben.

Dieser Beitrag erschien erstmalig in der *Acta Historica Leopoldina 67* (Hurni 2015). Der leicht angepasste Abdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung der *Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften.*

LITERATUR

Andrienko, Gennady; Andrienko, Natalia; Demsar, Urska; Dransch, Doris; Dykes, Jason; Fabrikant, Sara Irina; Jern, Mikael; Kraak, Menno Jan; Schumann, Heidrun; Tominski, Christian (2010). Space, time and visual analytics. International Journal of Geographical Information Science 24/10, 1577–1600.

Azócar Fernández, Pablo Iván; und Buchroithner, Manfred Ferdinand (2014). Paradigms in Cartography – An Epistemological Review of the 20th and 21st Centuries. Heidelberg: Springer.

Baumgartner, Ulrich: Generalisierung topographischer Karten. In: Brassel, Kurt; Kishimoto, Haruko (Hrsg.) (1990). Kartographisches Generalisieren. S. 23 –24. Bern: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie.

Berann, Heinrich: Panorama der Jungfrauregion. Panoramagemälde. (o. J.) http://www.berann.com/panorama/PNCH013.jpg (aufgerufen am 4. April 2014)

Bertin, Jacques (1967). Sémiologie graphique – les diagrammes – les réseaux – les cartes. Paris: Mouton.

Bollmann, Jürgen; Koch, Wolf Günther (Hrsg.) (2001/02). Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Borges, Jorge Luis: Borges und Ich (1993). Kurzprosa und Gedichte 1960. Frankfurt (Main): Fischer-Taschenbuch-Verlag.

Brassel, Kurt (1990). Der Generalisierungsbegriff in der Kartographie und anderen Disziplinen. In: Brassel, Kurt; Kishimoto, Haruko (Hrsg.): Kartographisches Generalisieren. S. 5 –16. Bern: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie.

Bredekamp, Horst (2012). Das Modell als Fetisch und Fessel. In: Höffe, Otfried (Hrsg.): Bild und Bildlichkeit. Nova Acta Leopoldina Bd. 113, Nr. 386, 61– 69.

Brunet, Roger (1987). La carte – mode d'emploi. Paris: Fayard/Reclus.

Buziek, Gerd (2001). Eine Konzeption der kartographischen Visualisierung. Habilitationsschrift. Universität Hannover.

Christoph, Andreas; Breidbach, Olaf (Hrsg.) (2013). Weltansichten. Vom Globus zur Globalisierung. Ein Ausstellungsprojekt des Ernst-Haeckel-Hauses (Jena) in Kooperation mit der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina. Halle, 8.10.–21.11.2013. Jena: Ernst-Haeckel-Haus.

Dransch, Doris (1997). Computer-Animation in der Kartographie – Theorie und Praxis. Berlin etc.: Springer.

Gabriel, Markus (2013). Warum es die Welt nicht gibt. Berlin: Ullstein.

Gfeller, Simon (1919). Heimisbach – Bilder u Bigäbeheiten us em Bureläbe. Bern: Francke.

Häberling, Christian; Bär, Hansruedi; Hurni, Lorenz (2008). Proposed cartographic design principles for 3D maps: A contribution to an extended cartographic theory. Cartographica 43/3, 175 –188.

Hake, Günter; Grünreich, Dietmar; Meng, Liqiu (2002). Kartographie – Visualisierung raum-zeitlicher Informationen. 8. Aufl. Berlin: de Gruyter.

Holenstein, Elmar (2004). Philosophie-Atlas – Orte und Wege des Denkens. Zürich: Ammann.

Hurni, Lorenz (1999). Digitalisierung und Virtualisierung der Landschaft. In: Gugerli, David (Hrsg.): Vermessene Landschaften – Kulturgeschichte und technische Praxis im 19. und 20. Jahrhundert. S. 65 –78. Zürich: Chronos.

Hurni, Lorenz (2008). Multimedia Atlas Information Systems. In: Shekhar, Shashi; Xiong, Hui (Eds.): Encyclopedia of GIS; pp. 759 –763. New York: Springer.

Hurni, Lorenz (2015). Kartographie: Visualisierung von Objekten und Phänomenen in Raum und Zeit. Ein Essay in zehn Aspekten. In: Breidbach, Olaf; Christoph, Andreas; Godel, Rainer (Hrsg.): Welt-Anschauungen. Interdisziplinäre Perspektiven auf die Ordnungen des Globalen. Acta Historica Leopoldina Nr. *67*, 55–78.

Hurni, Lorenz; Sell, Gerrit (2009). Cartography and architecture: Interplay between reality and fiction. The Cartographic Journal 46/4, 323 –332.

Hurni, Lorenz; Sieber, René (2010). Atlas der Schweiz. Version 3. DVD-ROM. Wabern: Bundesamt für Landestopografie.

Hurni, Lorenz; Spiess, Ernst (2010). Schweizer Weltatlas. Ausg. 2010. Zürich: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.

Imhof, Eduard (1959). Eine neue Karte der Alpenländer. Geographica Helvetica 15/1, 65 –76.

Imhof, Eduard (1981). Radio-Interview mit Prof. Dr. h. c. Eduard Imhof – Teil 2: Imhof's Karten und Reliefs. Zürich: Schweizer Radio SRF.

Jenny, Helen (2011). Geometric Design Alternatives for Computer-Generated 3D Maps Inspired by Hand-Painted Panoramas. Dissertation. ETH Zürich.

Langran, Gail (1992). Time in Geographic Information Systems, Technical Issues in Geographic Information Systems. London etc.: Taylor & Francis.

MacEachren, Alan M. (1995). How Maps Work – Representation, Visualization, and Design. New York etc.: Guilford.

Monmonier, Mark (1996). Eins zu einer Million – Die Tricks und Lügen der Kartographen. Basel etc.: Birkhäuser.

Ormeling, Ferjan (1995). Atlas information systems. Proceedings of the 17th International Cartographic Conference, Barcelona, 2127–2133.

Piatti, Barbara (2012). Vom Text zur Karte. Literaturkartographie als Ideengenerator. In: Reder, Christian (Hrsg.): Kartographisches Denken. S. 269 –279. Wien: Springer.

Postman, Neil (1992). Das Technopol – Die Macht der Technologien und die Entmündigung der Gesellschaft. Frankfurt (Main): Fischer.

Reuschel, Anne-Kathrin; Hurni, Lorenz (2011). Mapping literature: Visualisation of spatial uncertainty in fiction. The Cartographic Journal 48/4, 293 –308.

Robinson, Arthur H.; Morrison, Joel L.; Muehrcke, Philip C.; Kimerling, A. Jon; Guptill, Stephen C. (1995). Elements of Cartography. 6th edit. New York: Wiley.

Roth, Robert (2013). Interactive maps: What we know and what we need to know. Journal of Spatial Information Science 6, 59 –115.

Sester, Monika (2001). Maßstabsabhängige Darstellungen in digitalen räumlichen Datenbeständen. Habilitationsschrift. Universität Stuttgart. München: Verl. der Bayer. Akad. der Wiss.

Simon-Gfeller-Stiftung: Willkommen bei Simon Gfeller im Heimisbach. http://www.trachselwald.ch/simon-gfeller-stiftung.html (aufgerufen am 18. März 2014) (o. J.)

Slocum, Terry A (2009).Thematic Cartography and Geovisualization. 3rd edit. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.

swisstopo: swisstopo Zeitreise. Web-Applikation. Wabern: Bundesamt für Landestopografie swisstopo. http://www. swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/175.html (aufgerufen am 24. März 2014) (2013)

Terribilini, Andrea (2001). Entwicklung von Arbeitsabläufen zur automatischen Erstellung von interaktiven, vektorbasierten topographischen 3D-Karten. Dissertation. ETH Zürich.

Werlen, Benno (2013). Gesellschaft und Raum – Gesellschaftliche Raumverhältnisse. Erwägen, Wissen, Ethik 24/1, 3 –16.

AUTOSTEREOSKOPIE AM INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE DER TU DRESDEN

Claudia Knust
Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern, Schweiz

1 EINLEITUNG

Der Alltag des Menschen ist dreidimensional. Kein Wunder also, dass viele Produkte und Dienstleistungen mittlerweile auch in 3D angeboten werden, die noch bis vor wenigen Jahren nur oder überwiegend zweidimensional erhältlich waren. Auch die Kartographie nutzt die dritte Dimension auf vielfältige Art und Weise. Sie bietet zahlreiche Möglichkeiten zur räumlichen Darstellung kartographischer Inhalte. Neben traditionellen Möglichkeiten, wie beispielsweise ein handgezeichnetes pseudo-3D Panorama einer Landschaft, ein am 2D-Monitor visualisiertes pseudo-3D Stadtmodell oder ein haptisches 3D-Landschaftsmodell werden zunehmend auch aktuelle Entwicklungen im Bereich der 3D-Visualisierung genutzt. Einige von ihnen, wie die Lentikularfolientechnik und die Parallaxen-Barriere-Technik, sind altbekannt, erleben in den letzten Jahren aber einen neuen Aufschwung, den auch die Kartographie für sich nutzt. Modern ist an diesen Techniken nicht das Funktionsprinzip, sondern vielmehr deren Einsatz im digitalen Bereich. Die digitalen Displays gewinnen dabei gegenüber den analogen Displays zunehmend an Bedeutung. 3D-Monitore, 3D-Spielekonsolen, 3D-Digitalkameras sind nur einige Beispiele. Der vorliegende Beitrag befasst sich vornehmlich mit der autostereoskopischen Form der 3D-Displays und deren Nutzung am Institut für Kartographie der TU Dresden.

2 KLASSIFIKATION VON 3D-VISUALSIERUNGSMETHODEN

Es gibt verschiedene Arten dreidimensionaler Visualisierung. Grundsätzlich kann dabei zwischen *pseudo-3D* und *echt-3D* unterschieden werden. *Pseudo-3D*-Darstellungen sind perspektivisch-monoskopische Abbildungen auf einem planaren Medium, z. B. einem Monitor (Buchroithner 2001). Der Betrachter erhält einzig durch die Perspektive einen pseudo-dreidimensionalen Eindruck. Beispiele für pseudo-3D-Visualisierungen in der Kartographie sind die sehr realistisch wirkenden handgezeichneten Panoramen des berühmten österreichischen (karto)grafischen Künstlers Heinrich C. Berann (Berann (o. J.), Patterson 2000). Pseudo-3D-Darstellungen sind nicht autostereoskopisch (Knust und Buchroithner 2014). Objekte, die im Gegensatz zu Pseudo-3D-Darstellungen so visualisiert werden, dass die dreidimensionale Wahrnehmung auf mehr als nur der Perspektive beruht, werden als *echt-3D* bezeichnet (Knust und Buchroithner 2014). Um einen echtdreidimensionalen Eindruck eines Objektes gewinnen zu können, müssen die Augen das Objekt aus leicht versetzten Blickrichtungen sehen. In der Realität ist das durch den Augenabstand per se gegeben. Dreidimensionalität kann aber auch künstlich generiert werden, in dem den Augen zwei Bilder gezeigt werden, die die Szene bzw. das Objekt aus eben solchen leicht versetzten Blickrichtungen zeigen. So kann beispielsweise eine mit einer 3D-Modellierungssoftware erstellte Szene echt-dreidimensional wahrgenommen werden, wenn mit zwei dem natürlichen Sehen entsprechend horizontal versetzten Kamerapositionen zwei Sichten generiert werden. Je eines der so erstellten Bilder wird je einem Auge dargeboten. Im Gehirn verschmelzen diese beiden Teilbilder wie beim natürlichen räumlichen Sehen zu einem räumlichen Gesamteindruck.

Diese perspektivisch verschiedenen Sichten einer Szene können dem Betrachter auf unterschiedliche Weise gezeigt werden. Es gibt eine Vielzahl von Echt-3D-Visualisierungstechniken. Die entsprechenden Displays können dabei in *parallaxen-3D* und *voll-3D* unterschieden werden. Der Unterschied liegt grundsätzlich in der Nutzung der depth cues, den Tiefenkriterien für das räumliche Sehen. Bei Parallaxen-3D-Visualisierungen werden nur ausgewählte bi- und monokulare depth cues genutzt. Es gibt nur Parallaxen in x-Richtung. Neigt der Betrachter seinen Kopf entgegen dieser Parallaxen, verliert er den 3D-Eindruck. Bei Voll-3D-Visualisierungen kommen alle depth cues zur Anwendung. Der Betrachter behält den räumlichen Eindruck auch dann, wenn er seinen Kopf neigt (Buchroithner 2001, Knust und Buchroithner 2014). Echt-3D-Darstellungen bestehen oft aus zwei oder mehr Sichten.

Die beiden Gruppen *parallaxen-3D* und *voll-3D* können jeweils weiter unterschieden werden in *autostereoskopisch* und *nicht-autostereoskopisch*. *Nicht-autostereoskopisch* bedeutet hilfsmittelbasiert im Sinne der 3D-Wahrnehmung sein, d. h. solche Darstellungen benötigen eine Brille etc. zum räumlichen Betrachten. *Autostereoskopisch* hingegen heißt, dass solche Displays einen spontanen räumlichen Eindruck ganz ohne zusätzliche Betrachtungshilfen gewähren. Beispiele für autostereoskopische Visualisierungstechniken sind die Lentikularfolientechnik, die Parallaxen-Barriere-Technik und auch die Holographie. Dabei ist es gleich, ob das Visualisierungsmedium analog oder digital ist (Knust und Buchroithner 2014, Knust 2016).

Autostereoskopische und *nicht-autostereoskopische* Displays können jeweils wiederum *stereoskopisch* oder *multi-stereoskopisch* sein, d. h. aus zwei oder aus mehr als zwei Sichten bestehen. Es gibt aber auch die Techniken, bei denen das Echt-3D-Display lediglich aus einer oder einer kontinuierlichen Sicht besteht. Autostereoskopische Echt-3D-Visualisierungen können zusätzlich unterschieden werden in *planare* oder *volumetrische* Darstellungen. Eine Übersicht zu einer Vielzahl von Echt-3D-Visualisierungsmethoden, deren jeweiligen Betrachtungsbereichen, der Art der Betrachtung und weiterer Eigenschaften sind in Knust und

Buchroithner (2014) bzw. Knust (2016) wiedergegeben. Abbildung 1 zeigt die Klassifikation von Echt-3D-Displays und der dazugehörigen Visualisierungsmethoden in Form eines Baumdiagrammes nach Knust und Buchroithner (2014).

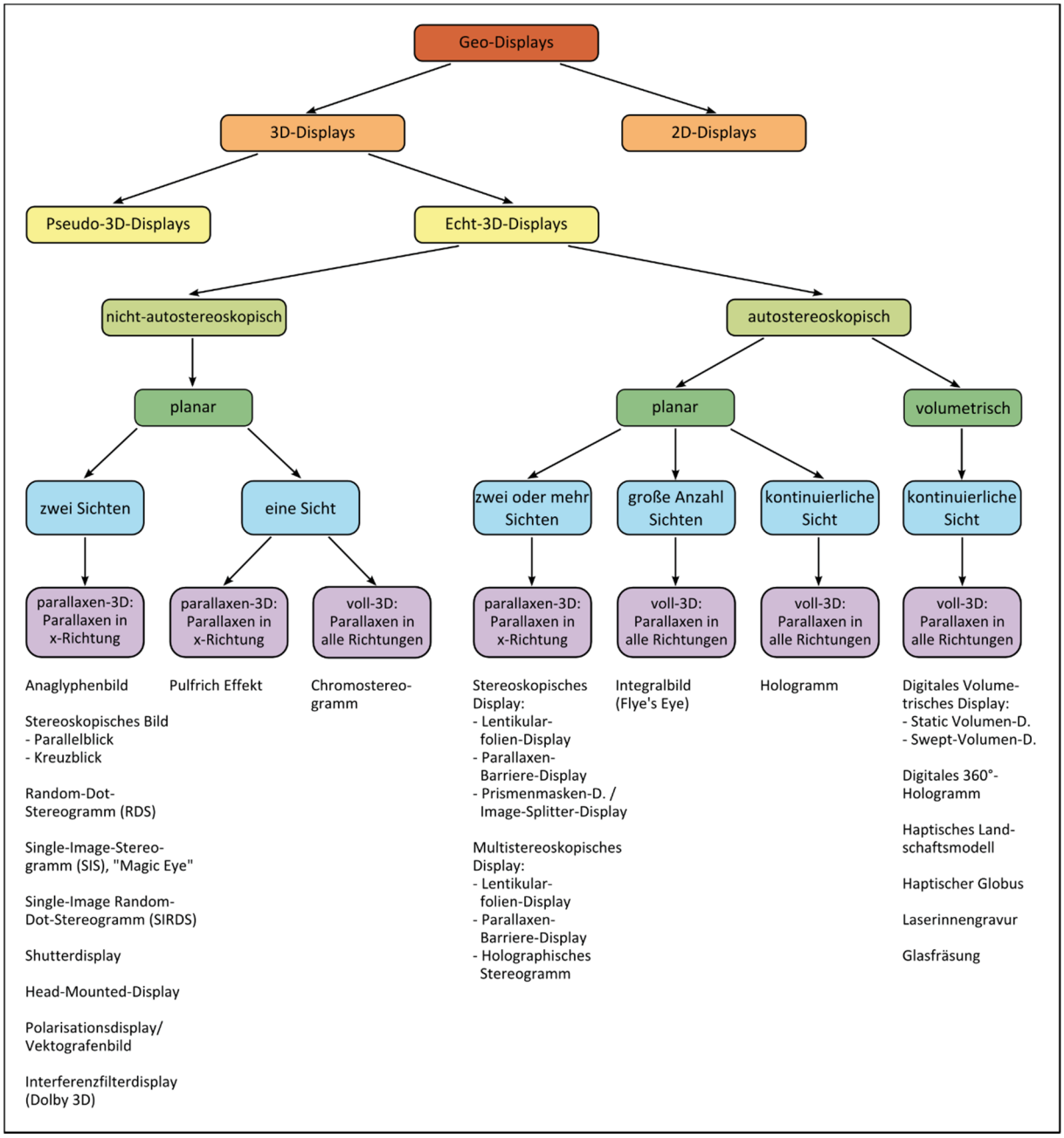


Abbildung 1: Klassifikation möglicher 3D-Geodisplays. (übersetzt nach: Knust und Buchroithner 2014, Abbildung 4, S.197)

3 FORSCHUNGSSCHWERPUNKT AUTOSTEREOSKOPIE AM INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE

ÜBERBLICK

Auch Prof. Buchroithner beschäftigt sich schon sehr lange mit der Echt-3D-Visualisierung in der Kartographie. Seit rund 20 Jahren leitet und betreut er am Institut für Kartographie der TU Dresden Projekte, die sich mit verschiedenen Echt-3D-Visualisierungstechniken beschäftigen. Selbstverständlich gab es auch Forschungsarbeiten zum Thema Echt-3D, die von anderen Institutsangehörigen geleitet und bearbeitet wurden. Diese werden hier allerdings wegen der Fülle an Projekten nicht berücksichtigt. Und auch bei den im Folgenden vorgestellten Arbeiten von Prof. Buchroithner beschränkt sich die Autorin ausschließlich auf Projekte, die sich mit autostereoskopischer Echt-3D-Visualisierung beschäftigten. Dabei werden allerdings Auftragsarbeiten, wie zum Beispiel das Erstellen von Lentikularfoliendisplays in Postkartenformat als Give Aways, die von Institutsmitarbeitern durchgeführt wurden, aber nicht in einer Abschlussarbeit mündeten, nicht aufgelistet. Auch extern durchgeführte Arbeiten, bei denen Prof. Buchroithner die Betreuungsfunktion wahrnahm, z. B. Stendel (2013), werden in diesem Beitrag dabei nicht berücksichtigt. Darüber hinaus gab es zahlreiche nicht-autostereoskopische Visualisierungen, z. B. Darstellungen für die Betrachtung mit Polarisations- oder Shutterbrille. Auch diese Arbeiten werden in der Auflistung ausgespart. Es werden nur autostereoskopische Arbeiten, die in Abschlussarbeiten mündeten, näher betrachtet. Für einen vollständigen Überblick zu Forschungsprojekten und Abschlussabreiten zum Thema Echt-3D im Allgemeinen bzw. Autostereoskopie im Speziellen sei auf die Homepage des Institutes verwiesen, auf der unter den Links *Studium* bzw. *Forschung* die entsprechenden Angaben zu finden sind: https://tu-dresden.de/bu/umwelt/geo/ifk

Abbildung 2 fasst die Arbeiten zum Thema Autostereoskopie, die von Professor Buchroithner betreut wurden, in chronologischer Reihenfolge zusammen. Es wird dabei unterschieden in Studien und Produkte. Bei Studien handelt es sich meist um empirische Untersuchungen, Konzeptionen für geplante Produkte oder allgemeine Forschungen. Bei Arbeiten der Rubrik Produkte entstanden Prototypen oder fertige Produkte für Forschung und Wirtschaft.

AUSWAHL VON ABSCHLUSSARBEITEN ZUM THEMA AUTOSTEREOSKOPIE

Einige Arbeiten von oder unter Leitung von Professor Buchroithner, die sich mit Autostereoskopie befassten, sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden:

Robert Schenkel (1998) beschäftigte sich in seiner Studienarbeit mit der Holografie. Er erstellte eine holografische Karte des Dachsteingebirges, die bis 2010 im Eingangsbereich des Institutes für Kartographie ausgestellt war. Dabei handelte es sich um ein holografisches Stereogramm, einer Mischform aus Hologramm und Stereogramm. Im Gegensatz zu einem „echten" Hologramm besteht ein holografisches Stereogramm aus mindestens zwei – in vorliegendem Fall aus 132 – Einzelhologrammen. Diese Einzelhologramme sind zweidimensionale Teilbilder, die aus unterschiedlichen Blickrichtungen aufgenommen wurden. Die holografische Wiedergabe dieser stereoskopischen Bilder zeigt diese ebenfalls zwei-dimensional. Innerhalb eines bestimmten Blickwinkels nimmt der Betrachter immer zwei Teilbilder wahr, die im Gehirn ein räumliches Gesamtbild ergeben. Holografische Stereogramme sind autostereoskopisch (Schenkel 1998).

Abbildung 2: Arbeiten am IfK zum Thema Autostereoskopie. Rot: Dissertation; Blau: Diplomarbeit; Orange: Masterarbeit; Grün: Studienarbeit.

Stefan Liehmann erstellte in seiner Studien- und Diplomarbeit den „Dresdner Echt-3D-Atlas", eine interaktive Anwendung, die für das am IfK vorhandene autostereoskopische Display der heutigen SeeReal Technologies GmbH (ehemals: Forschungsgruppe 3D-Display), dem Dresdner 3D-Display (D4D), konzipiert wurde (Liehmann 2002 und 2003). Dieses 3D-Display basiert auf der Prismenmaskentechnik. Die Methode kann als eine Sonderform der Lentikularfolientechnik betrachtet werden, bei der anstatt halbzylindrischer Linsen parallel angeordnete Prismenstreifen verwendet werden. Der „Dresdner Echt-3D-Atlas" erhielt 2001 eine Auszeichnung von der International Cartographic Association (ICA).

Im Jahr 2004 untersuchte Thomas Gründemann in seiner Studienarbeit die Lentikularfolientechnik in Hinblick auf analoge kartographische Darstellungen. Er untersuchte die

Abbildungseigenschaften von Lentikularfolien sowie die Realisierbarkeit der Darstellung kartographischer Elemente mit dieser autostereoskopischen Visualisierungsmethode (Gründemann 2004a). Seine Erkenntnisse setzte Gründemann in seiner Diplomarbeit um. Es entstand dabei eine Echt-3D-Hochgebirgskarte der Granatspitzgruppe (Hohe Tauern, Österreich) (Gründemann 2004b).

In ihrer Dissertation analysierte Sabine Kirschenbauer (2004) den Nutzen von autostereoskopischen Displays in der Kartographie. Sie untersuchte die echt-dreidimensionale Darstellung des Reliefs an einem autostereoskopischen 3D-Monitor im Vergleich zur klassischen Reliefdarstellungsmethoden in zweidimensionalen Karten mittels Höhenlinien und Schummerung. Dabei verwendete sie das gleiche autostereoskopische Display, das auch Stefan Liehmann für seinen Atlas nutzte. Kirschenbauer untersuchte in ihrer Arbeit unter anderem die Frage "[...] ob die echte dritte Dimension die Wahrnehmung und die Verarbeitung der extrahierten Informationen – das Relief betreffend – unterstützt." (Kirschenbauer 2004, S. 48). Die Ergebnisse bestätigten den positiven Effekt der echtdreidimensionalen Reliefvisualisierung auf die Wahrnehmung und die Interpretierbarkeit der dargestellten räumlichen Gegebenheiten. Die benötigte Antwortdauer war beim Test am 3D-Display geringer. Darüber hinaus erhöhte sich besonders bei der Gruppe der Anwender (=Piloten) die Bearbeitungsgenauigkeit (Kirschenbauer 2004, S. 103ff.).

Die bisher beschriebenen Arbeiten beschäftigten sich hauptsächlich mit der autostereoskopischen Visualisierung von Reliefverhältnissen. Die Verwendbarkeit der Autostereoskopie für die thematische Kartographie wurde bis dahin kaum untersucht. Arbeiten wie die Dissertation von Khaled El Nabbout konnten hier erste Erkenntnisse liefern, wenn auch zunächst nur für den Wechselbild- und nicht für den Echt-3D-Effekt. Da es bei dieser Studie demnach nicht um die Untersuchung autostereoskopischer Darstellungen ging, wurde diese Arbeit nicht in Abbildung 2 erfasst. Sie ist aber dennoch wertvoll für weitere Untersuchungen in Hinblick auf dreidimensional zu visualisierende Themen. El Nabbout (2007) untersuchte den Einsatz der Lentikularfolientechnik bei Stadtplanungsprozessen am Beispiel von Tripoli, Libanon. Durch den Wechselbildeffekt (Flip-Effekt) der Lentikularfolie konnten durch Kippen des Displays verschiedene Inhalte gezeigt werden. An seiner Studie nahmen sowohl Laien als auch Experten teil. Es zeigte sich, dass die Pläne unter Verwendung der Lentikularfolientechnik besonders von den Nicht-Experten sowohl leichter zu interpretieren waren als auch weniger Zeit zur Interpretation benötigten als die konventionellen, zweidimensionalen Schwarz-Weiß-Pläne (El Nabbout 2007). Ein Effekt, der auch für die echtdreidimensionale Visualisierung denkbar ist. Besonders Betrachter, die wenig Erfahrung mit dem gezeigten Inhalt haben und denen die Interpretation daher schwerfällt, kann eine Wechselbild- aber auch eine autostereoskopische Visualisierung des thematischen Inhaltes die Interpretation erleichtern und damit beschleunigen.

Die Studien- und Diplomarbeit von Lars Radig (2014 und 2015) sind Beispiele der Verwendung einer autostereoskopischen Visualisierungsmethode zur Darstellung von Reliefverhältnissen in Kombination mit thematischen Inhalten. Radig nutzte ebenfalls die Lentikularfolientechnik um die antarktische Bathymetrie, die Subglazialtopographie und die Eisoberfläche sich überlagernd und autostereoskopisch zu visualisieren. Das Ergebnis seiner Arbeiten waren zwei Produkte von ganz unterschiedlichem Format. Ein Display hatte eine Größe von A5 und war damit für eine Single-User-Betrachtung aus normaler Lesedistanz bestimmt. Das andere Display war für eine Betrachtung durch mehrere Personen gleichzeitig (Multi-User) gedacht und war bei einem Format von 67 x 90 cm so gestaltet, dass eine Lesedistanz von etwa ein bis zwei Meter erforderlich war. Das A5-Produkt zeigte eine Kombination von 3D- und Wechselbildeffekt. Die antarktische Topographie und Bathymetrie wurden echt-

dreidimensional visualisiert. Die Eisoberfläche wurde ebenfalls räumlich dargestellt, war aber je nach Position des Betrachters sichtbar und verdeckte die darunterliegende Topographie oder sie war nicht sichtbar und ließ den Blick auf die Subglazialtopographie frei (vgl. Abbildung 3). Bei der großformatigen Karte wurde auf den Wechselbildeffekt verzichtet und die Eisfläche stattdessen durch eine dezente aber dennoch genug auffallende, aus regelmäßigen Sechsecken bestehende Gitterstruktur ersetzt. Alle gezeigten Elemente konnten damit gleichzeitig und autostereoskopisch betrachtet werden.

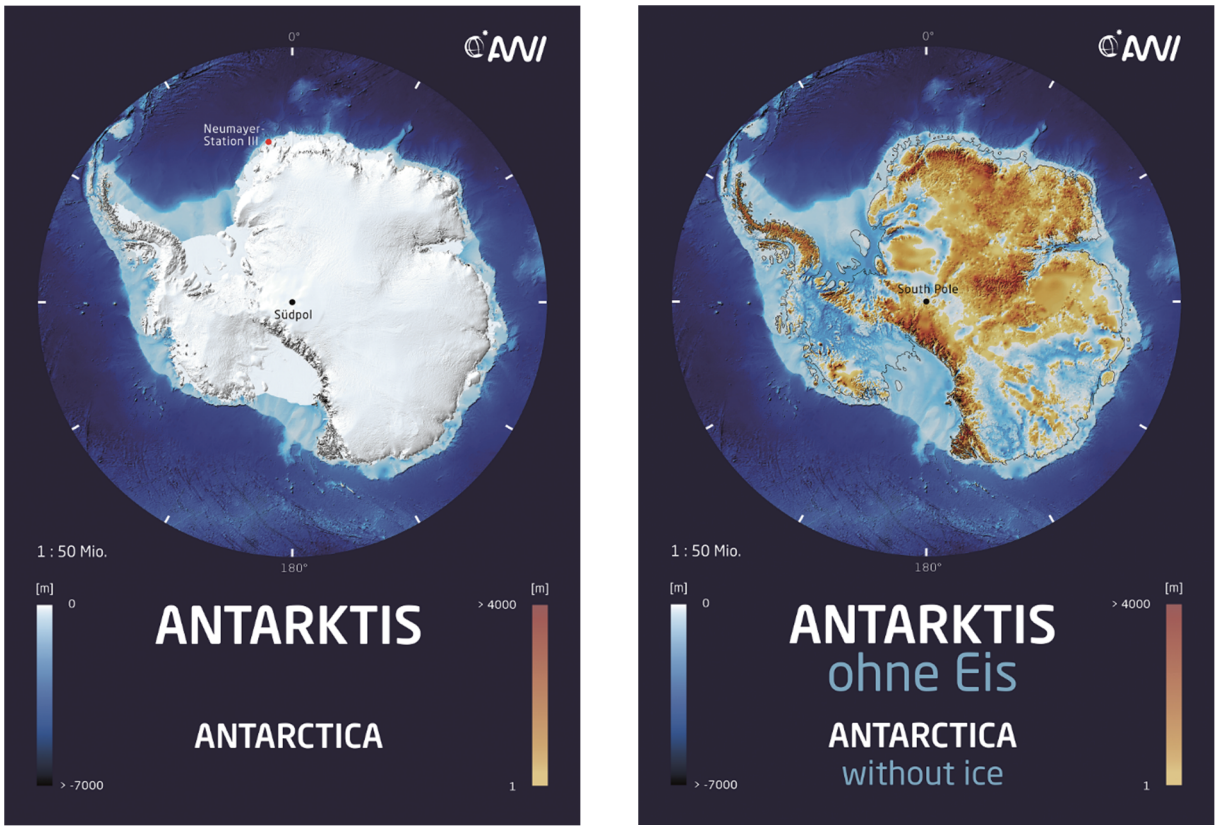


Abbildung 3: Zwei Teilbilder der 3D-Wechselbildkarte der Antarktis zur Visualisierung mit einem Lentikularfoliendisplay; links mit Eisfläche, rechts ohne Eisfläche. (Radig 2015, S. 112, Abbildung J).

Eine letzte Arbeit, die etwas ausführlicher vorgestellt werden soll, ist die Dissertation der Autorin selbst (Knust 2016). Die Arbeit enthält zwei empirische Studien zur Gestaltung kartographischer Inhalte auf autostereoskopischen Monitoren und sollte einen Beitrag leisten, solche Monitore in naher Zukunft optimal für kartographische Zwecke einsetzen zu können. Die Untersuchungen wurden an einem 3D-Monitor durchgeführt, der auf der Lentikularfolientechnik basiert. In der ersten Studie wurde ein 3D-Monitor hinsichtlich der erforderlichen Minimaldimensionen für ausgewählte Schrift, Linien und einfache Zeichen untersucht. Detaillierte Ergebnisse können in der genannten Arbeit nachgelesen werden. Außerdem wurde getestet, ob vier Ebenen gut voneinander zu unterscheiden sind, wenn sich in den Ebenen lediglich einige Positionssignaturen befinden. Die Testteilnehmer erzielten hier durchweg positive Ergebnisse, sie schienen kaum Schwierigkeiten beim Unterscheiden der verschiedenen Tiefenebene zu haben. Abbildung 4 zeigt einen auf eine Kachel reduzierten Ausschnitt der Ebenen-Testvorlage im side-by-side-Format. Die Quadratsignaturen schweben deutlich vor dem Hintergrund. Als Orientierungshilfe für eine räumliche Wahrnehmung mit bloßem Auge dienen die schwarzen Kreuze am oberen Bildrand. Bei beidäugiger Betrachtung der Abbildung mit Parallelblick müssen die Kreuze mittig zu einem einzigen Kreuz in Übereinstimmung gebracht werden.

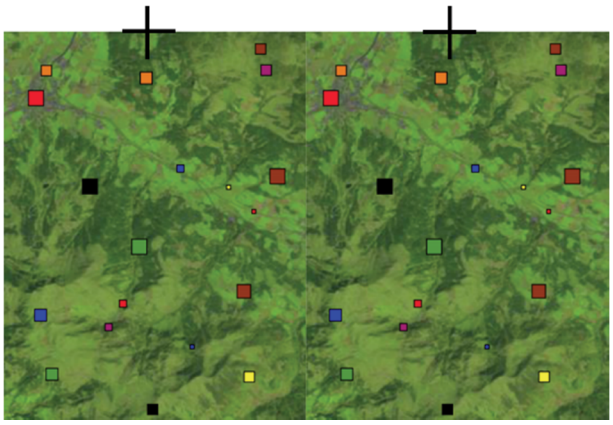


Abbildung 4: Ausschnitt aus der Testvorlage für den Block Erkennen von Ebenen im im side-by-side-Format. Räumliche Wahrnehmung durch Betrachtung mit Parallelblick möglich.

Die zweite von der Autorin (Knust 2016) vorgestellte Studie untersuchte die Wahrnehmungsleistung an 3D- und an 2D-Monitoren. Hauptziel der Untersuchung war es herauszufinden, ob die echte dritte Dimension die Wahrnehmung und die Interpretierbarkeit von punktbezogenen Signaturen unterstützt, d. h. ob die Effektivität und die Effizienz beim Beantworten einfacher Fragen zum Karteninhalt bei 3D-Karten besser ist als bei 2D-Karten. Abbildung 5 zeigt eine der fünf 3D-Testkarten im side-by-side-Format zur Betrachtung mit Parallelblick. Die Studie belegte, dass das Nutzen der dritten Dimension das Kartenlesen unterstützte. Die Antwortdauer hatte sich im Vergleich von 2D-Test und 3D-Test bei letzterem Test reduziert, d. h. das Anordnen der Signaturen in zwei verschiedenen Tiefenebenen unterstützte ein schnelleres Zählen der Signaturen. Es gab einen signifikanten Einfluss der Dimensionalität auf die Antwortdauer. Die Effizienz beim Lösen der Aufgaben war bei den 3D-Testkarten besser als bei den 2D-Testkarten, weil die Fragen in kürzerer Zeit beantwortet wurden. Die Unterschiede bei der Antwortgenauigkeit waren dagegen geringer. Die Testkarten in 2D oder 3D zu zeigen hatte keinen signifikanten Einfluss darauf, ob die Fragen richtig beantwortet wurden.

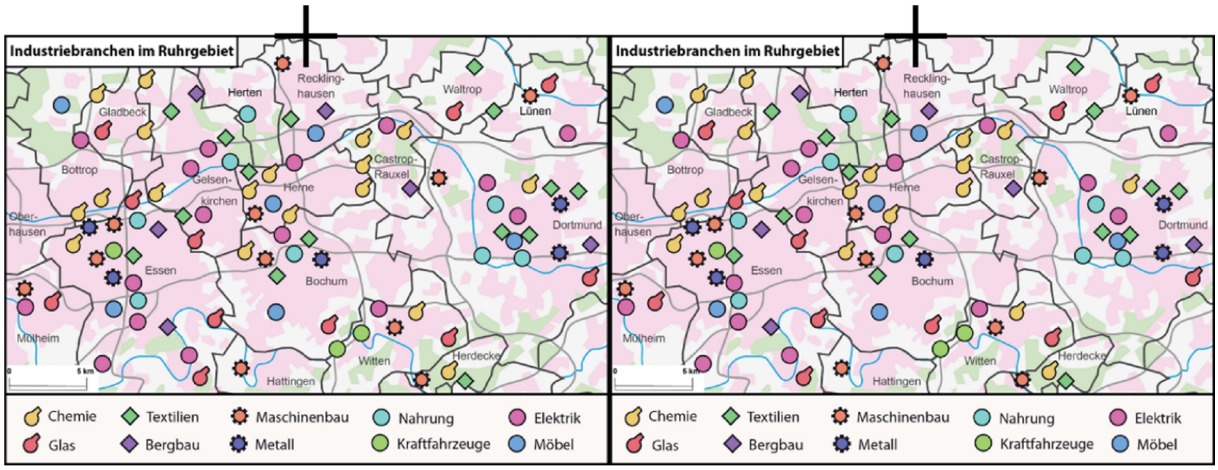


Abbildung 5: Eine der fünf 3D-Testkarten der Studie zur Wahrnehmungsleistung (Knust 2016) im side-by-side-Format. Räumliche Wahrnehmung durch Betrachtung mit Parallelblick möglich.

4 AUSBLICK

Die Bedeutung der echt-dreidimensionalen Visualisierung für die Kartographie wird von Prof. Buchroithner immer wieder betont (z. B. Buchroithner 2007, Buchroithner und Knust 2013) betont. Die Autostereoskopie als eine Form der echt-dreidimensionalen Visualisierung kann seiner Meinung nach sehr sinnvoll für kartographische Darstellungen eingesetzt werden. Einige Beispiele sind in Buchroithner (2012) beschrieben. Das große Potential autostereoskopischer Visualisierungsmethoden ist in Hinblick auf die Darstellung von Reliefverhältnissen bereits eindeutig nachgewiesen. Und auch für thematische Inhalte zeichnet sich durch verschiedene Studien ein positiver Effekt durch den Einsatz der Autostereoskopie ab. Einige relevante Arbeiten der letzten Jahre (nicht alle am IfK durchgeführt) sind z. B. Schmidt 2012, Bröhmer 2012, Edler et al. 2014, Knust 2016.

Den Aufschwung der letzten Jahre betreffend autostereoskopischer Visualisierungsmethoden kann auch die Kartographie nutzen. Nicht zuletzt durch den 3D-Trend in der Unterhaltungsbranche (Kino, TV-Geräte, Spielkonsolen, Digitalkameras, etc.) wird zunehmend an einer Verbesserung autostereoskopischer Visualisierungsmethoden geforscht und die Qualität optimiert. Je hochwertiger solche autostereoskopischen Darstellungen bezüglich Bildschärfe, Auflösung etc. sind, desto attraktiver ist die Nutzung solcher Methoden auch für die Kartographie. Um diese aber optimal einsetzen zu können, bedarf es entsprechender Richtlinien für eine gute Gestaltung kartographischer Elemente. Eine Möglichkeit, solche Empfehlungen zu ermitteln, sind empirische Untersuchungen. Eine andere Variante ist das Erstellen von Prototypen und fertigen Produkten, die die Grenzen der verschiedenen autostereoskopischen Methoden ausloten und dadurch auch ohne Testreihen bereits Hinweise auf eine gute kartographische Gestaltung liefern. Beide Vorgehensweisen werden am Institut für Kartographie angewendet. So werden immer mehr wertvolle Erfahrungen gesammelt, die einen Beitrag für eine optimale Nutzung autostereoskopischer Visualisierungstechniken in der Kartographie liefern können.

5 NACHWORT

Die Autorin beschäftigt sich seit ihrem Hauptstudium mit echt-3D-Visualisierungstechniken. Anreiz war nicht zuletzt das vom Jubilar ausgeschriebene Thema zur Bearbeitung einer Studienarbeit zum Thema 3D-Displays im Jahr 2005. Seitdem begleitet sie das Thema Echtdreidimensionalität in der Kartographie nicht nur beruflich, es ist auch zu ihrem Hobby geworden. Die Voraussetzungen dafür waren am Institut für Kartographie der TU Dresden unter Betreuung von Prof. Buchroithner geradezu ideal. Oft kam er von Tagungen und Besprechungen mit neuen Ideen für Produkte oder Forschungen zum Thema Echt-3D zurück und bot damit den Nährboden für viele Arbeiten, die im Laufe der letzten 20 Jahre am IfK zu diesem Thema entstanden sind. Auch die Autorin durfte sich an einigen Projekten beteiligen. Wenn auch derzeit nicht mehr im wissenschaftlichen Bereich tätig, so hat sie noch immer tagtäglich mit 3D-Monitoren zu tun. Ihrem Mentor, Prof. Manfred Buchroithner, dankt sie herzlich für die gemeinsame Forschungszeit am IfK und wünscht ihm für seinen nächsten Lebensabschnitt alles erdenklich Gute, viel Gesundheit, weiterhin einen unerschöpflichen Forschungsdrang und trotzdem auch die Ruhe, die der Ruhestand verdientermaßen mit sich bringen sollte. Alles Gute!

LITERATUR

Berann, H.C. (o. J.). The world of Prof. H.C. Berann. Website, verfügbar unter: http://www.berann.com

Bröhmer, K. (2012). Dreidimensionale Darstellung von themakartographischen Diagrammen auf einem autostereoskopischen Lentikularmonitor. Masterarbeit (unveröffentlicht), Ruhr-Universität Bochum, Geografisches Institut.

Buchroithner, M.F. (2001). 3D-Kartographie (Lexikonstichwort). In: Bollmann, J., Koch, W.G. (Hrsg.). *Lexikon der Kartographie und Geomatik*. Band 1, A–Karti, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin, S. 169f.

Buchroithner, M.F. (2007). Echtdreidimensionalität in der Kartographie: Gestern, heute und morgen. *Kartographische Nachrichten*, 57(5), S. 239-248.

Buchroithner, M.F. (2012). *True-3D in Cartography – Autostereoscopic and Solid Visualisation of Geodata*. Springer Lecture Notes in Geoinformation and Cartography (LNG&C), Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.

Buchroithner, M.F., Knust, C. (2013). The Third Dimension in Cartography: Recent and Future Developments. *Kartographische Nachrichten*, 63(3), Sonderheft zur ICC 2013, S.127-132.

Edler, D., Huber, O., Knust, C., Buchroithner, M.F., Dickmann, F. (2014b). Spreading Map Information over Different Depth Layers – An Improvement for the Map Reading Efficiency?. *Cartographica*, 49(3), S. 153-163.

El Nabbout, K. (2007). New visualization tools for the enhancement of urban participatory planning. The Case of Tripoli, Lebanon. Dissertation, TU Dresden, Institut für Kartographie. Verfügbar unter: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:swb:14-1181302716111-30643.

Gründemann, T. (2004a). *Grundlagenuntersuchungen zur kartographischen Echt-3D-Visualisierung mittels des 3D-Lentikularverfahrens*. Studienarbeit (unveröffentlicht), TU Dresden, Institut für Kartographie.

Gründemann, T. (2004b). *Herstellung einer Echt-3D-Hochgebirgskarte auf der Basis des Lentikularverfahrens*. Diplomarbeit (unveröffentlicht), TU Dresden, Institut für Kartographie.

Kirschenbauer, S. (2004). *Empirisch-kartographische Analyse einer echt-dreidimensionalen Darstellung am Beispiel einer topographischen Hochgebirgskarte*. Dissertation, TU Dresden, Institut für Kartographie, Mensch & Buch, Berlin.

Knust, C. (2016). Untersuchungen zur Gestaltung kartographischer Inhalte auf autostereoskopischen Monitoren. Dissertation, TU Dresden, Institut für Kartographie.

Knust, C., Buchroithner, M.F. (2014). Principles and Terminology of True-3D Geovisualisation. *The Cartographic Journal*, 51(3), S. 191-202.

Liehmann, S. (2002). *Entwicklung und prototypische Implementierung eines Geodaten-Viewers für das „Dresdner 3D-Display"*. Studienarbeit (unveröffentlicht), TU Dresden, Institut für Kartographie.

Liehmann, S. (2003). *„Der Dresdener Echt-3D-Atlas" – Konzeption und prototypische Erstellung einer geowissenschaftlich orientierten Präsentation für das „Dresdner 3D-Display"*. Diplomarbeit (unveröffentlicht), TU Dresden, Institut für Kartographie.

Patterson, T. (2000): A View from On High: Heinrich Berann's panoramas and landscape visualization techniques for the U.S. National Park Service. *Cartographic Perspectives*, 36, S. 38-65.

Radig, L. (2014). Konzeptionelle Überlegungen zur Gestaltung einer Zwei-Oberflächen-3D- Lentikularkarte des Südlichen Ozeans und des Kontinents Antarktika. Studienarbeit (unveröffentlicht), TU Dresden, Institut für Kartographie.

Radig, L. (2015). Synoptische 3D-Visualisierung von antarktischer Bathymetrie, Subglazialtopographie und Eisoberfläche. Diplomarbeit (unveröffentlicht), TU Dresden, Institut für Kartographie.

Schenkel, R. (1998). *Anwendungsmöglichkeiten holographischer Verfahren am Beispiel der Holographischen Karte des Dachsteingebirges*. Studienarbeit (unveröffentlicht), TU Dresden, Institut für Kartographie.

Schmidt, B. (2012). Möglichkeiten der Lentikulartechnik als themakartographisches Visualisierungsverfahren. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Geowis-senschaften. Verfügbar unter: http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netahtml/HSS/~ Diss/SchmidtJanBjoernHolger/diss.pdf

Stendel, D. (2013). *Die neue Räumlichkeit – Visualisieren mit Linsenrastern und Papier: Beiträge zu autostereoskopisch präsentierten Planungen am Beispiel der Landschafts-architektur.* Dissertation, Logos Verlag, TU Berlin, D83.

SPELEOLOGY OF THE GOMANTONG KARST SYSTEMS BEYOND THE EDIBLE BIRDS' NEST

Mohammed Oludare Idrees, Biswajeet Pradhan
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University Putra Malaysia, Malaysia

ABSTRACT

Chinese merchants visited caves in Borneo Island during the Ming Dynasty (1368 to 1634 AD) trading birds' nest, an industry still thriving today contributing significantly to the economy as one of the main agriculture's export commodities of high demand. Gomantong cave is the most important of these caves having been known as the main source of edible swiftlet birds' nest for probably over 600 years, and at the same time a destination for bird watchers and cave tourists. Collection of nests have been carried out for centuries in Gomantong caves, however little is known about the cave and its environment outside the million dollar nest industry. Starting from the early 20th century, researchers of different disciplinary orientations have visited the Gomantong Cave most of whom predominantly focused on the biology of the cave, particularly bats and swiftlet birds, but less intensively on the ecology, geometry, geomorphology, geology, and to some extent tourism. This paper explores the various speleological studies in Gomantong cave to provide cave enthusiasts and researchers exhaustive account of existing scientific information about the cave, highlighting knowledge gap and suggest direction for future research development.

1 HISTORICAL BACKGROUND

Perhaps accidental but fortunate providence for the largest island in Asia, North Borneo Island, that a number of great caves whose human use date back to the 13th century are the choice of swiftlet birds to nest in large colonies. Chinese merchants visited North Borneo caves during the Ming Dynasty (1368 to1634 AD) dealing in swift birds' nests (Dunkley 2004). This early visits have been the bond to the well-developed trading network since early 15th century till present multi-million dollar edible birds' nest industry. The first reference to the trade is cited in connection with the visit of the Chinese Admiral, Cheng Ho, during his expedition to the Malay Archipelago in 1406 (Chasen 1931, McAfee 2011, Price 2007). In a related development, an Arab missionary Machdon, Alawlia, was reported to have visited Sabah Coast with trading vessel two years later (Price 2007). These two historic visits hint on the centurial trading network that has been in existence ever since. The unfortunate experience of Admiral Cheng and his crew during their turbulent voyage lead to the discovery of swiftlet birds' nest which was later introduced to China. Till the present time, the industry is a strong and profitable trade for both health and wealth.

Today, several thousands to millions of swiftlets birds still nests in a number of caves in Northern Borneo, contributing significantly to the regional economy and, at the same time, providing stable income to the local communities. Most prominent among the caves is the Gomantong cave famous for its long history as the single leading source of edible swiftlet birds' nest in South East Asia (Abdullah, Paul and Hall 2005, Lundberg and McFarlane 2012, McFarlane et al. 2015, Price 2014). Although, there is no reference to the exact date in which Gomantong cave was discovered. Early documents compiled by the Chattered Company was cited to have traced its ownership to a man called Pengeran di Gadon Samah (Chasen 1931). However, a contrary but informative anonymous article published on page 3 of the British North Borneo Herald of 11th March, 1884, claimed Pengeran Samah's grandfather was the first to control the valuable birds' nest caves. The link to these two generations of the same lineage obviously indicates that possession has passed on from one generation to another over centuries.

Over the past century, there has been a dramatic increase in studies concerning Gomantong cave. This may not be far from the reality that swiftlet birds' nests have become one of Malaysia's main agricultural export commodities of very high market demands from Asian countries such as Hong Kong, China, Taiwan, Macau and Singapore (McAfee 2011). In the Chinese tradition, it is believed that birds' nests is an important food sources for health with natural healing potentials efficacious for curing several ailments that include among others: tuberculosis, strengthening the immune system, speeding recovery from illness and surgery, increasing energy, increasing libido, improving concentration, accentuate complexion, etc. (Lundberg and McFarlane 2012, Ng 2012, Noad 2001). This traditional epitome have consequently create an economic mainstream for the nation that make it an obligation for the government to assume a more active role in ensuring effective and efficient management strategies. Highlighting the economic importance, Lim et al. (2012) mentioned that the state earned well over US$ 4.2 million through export of 8.9 tonnes edible birds' nest in 2009. Likewise Economic Transformation Programme (ETP) report of 2014 put export of edible birds' nest products for year 2014 at 145 tonnes while 200 tonnes are targeted for 2015. In another high-level national agenda to maximize economic prosperity, the Malaysian government have discovered a niche in swiftlet farming far beyond the local earnings. As projected in the ETP's annual report of 2014, Malaysia plan to increase upstream production of edible birds' nest farming to yield Gross National Income (GNI) of US$ 4,541.2 million and to create 20,800 jobs by year 2020 (ETP 2014). This bold move underlines the degree to which Gomantong cave

which is the largest source of this valuable product in Sabah need to be approached with multi-faceted and integrative studies for informed management decisions.

2 EVOLUTION OF SCIENTIFIC STUDY OF GOMANTONG CAVE

Scientific studies in Gomantong cave can be traced back to the late 19th century. For example, Price (2007) mentioned that J. H. Allard of the China Borneo Company, in 1889, investigated Gomantong cave for phosphate deposits as source of fertilizer while Mr. S. G. Holmes is also mentioned as the man who produced the first rough sketch of the Caves. However, these investigations were carried out for the government in the context of birds' nest industry for internal use. The report of Chasen (1931) was the first to expose the scientific resourcefulness of Gomantong Caves. He covered in detail a range of issues: history, ownership, economic importance, cave structure vis-a-vis the forest reserve, swiftlets behaviour and reproduction, nest structure, harvesting, and management issues. Afterward, several other knowledge centred studies have emerged.

Beginning with the work of Chasen (1931) a considerable number of literature have been published on Gomantong cave, however most of these works have primarily concentrated on the biology of the cave (e.g. Abdullah et al. 2005 and 2007, Chasen 1931, Hobbs 2004, Lim et al. 2012, McFarlane et al. 2015, Price 2007, Tompkins and Clayton 1999, Tompkins 1999). Unfortunately, a very few studies have been carried out on the cave's geology (Hutchison 2005, Noad 2001, Wilford 1964), geomorphology (Lundberg and McFarlane 2012, Mcfarlane et al. 2013, Wilford 1964), and guano (Ng 2012, Price 2007), while other aspects such as tourism, ecology, safety, education and outreach have been largely ignored. This study presents an exhaustive review of these studies to identify knowledge gaps and suggests a direction for future research development.

3 PREVIOUS STUDIES IN GOMANTONG CAVE

Previous investigations in Gomantong cave are discussed under five key topical issues to provide quick insight of the cave in research point of view.

LOCATION AND GEOLOGY OF THE CAVE

Gomantong cave have a time-honoured cultural and historical vibrancy having been known as the largest and most important in the country (Chasen 1931). The cave is situated in one of the tower-like limestone outcrops in Gomantong, Sabah. The limestone hill sits within 3000 hectares Sabah Park Forest (1180 04'E, 50 32'N), some 34 kilometres south of Sandakan and about 26 kilometres east of the state capital, Kota Kinabatangan. To the south of the hill is the Lower Kinabatangan River that flows in the east-north direction into the Sulu Sea (Figure 1).

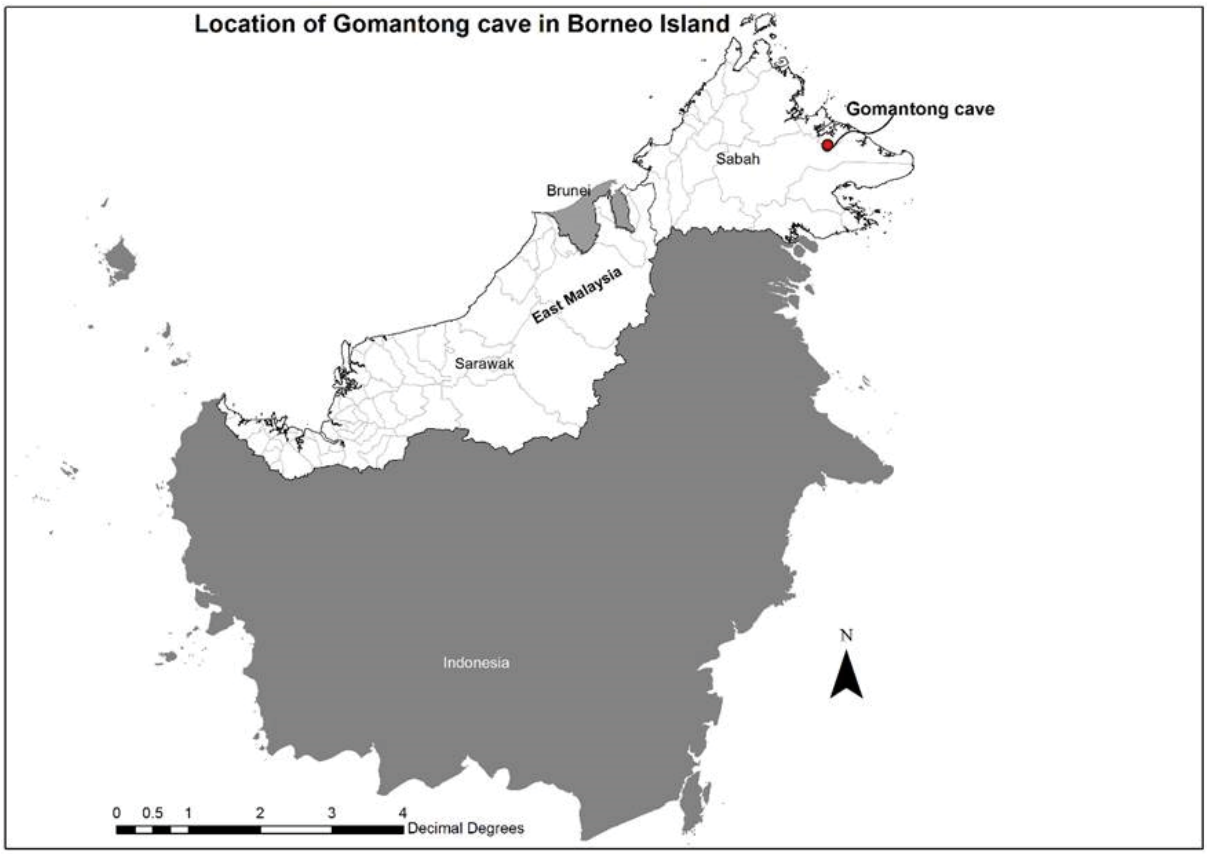


Figure 1: Map of Borneo Island showing the location of Gomantong cave in Sabah.

The profile of the hill from the peak is a tower-like outcrop where the limestone folds to form a syncline of near-vertical joints. Around the cave, the limestone dipped in trough to between 20 – 300 to the north-west which provides entrance to Simud Hitam along one of the major fault (Lundberg and McFarlane 2012, Wilford 1964). The hill is penetrated by complex cave systems that consist of two major halls, one above the other. The more accessible lower cave, Simud Hitam (or Black cave), opens to the base of the hill (Figure 2) close to and level with the bank of a small stream (Figure 1) while the entrance to upper cave, Simud Putih (or White cave), is located about 85 m above the floor of the entrance to the lower cave (Abdullah et al. 2005, Chasen 1931, Mcfarlane et al. 2013). The names of these caves are derived from the predominant type of edible birds' nest produced in their chamber (Price 2007). Simud Hitam has larger volume passage, but less than Simud Putih in length (Mcfarlane et al. 2013). Gomantong cave, like every other caves, is hot and humid (Mcfarlane et al. 2013). However, it provides excellent microclimate habitat that is suitable for swiftlet birds and bats to live and rear their young ones (Abdullah et al. 2005, Kingston 2010).

Figure 2: Entrance of *Simud Hitam* with typical phreatic formation captured through 3-dimension terrestrial laser scanning and the tourist walk board.

At Gomantong cave, the isolated limestone protrudes to about 300 metres in thickness (Abdullah et al. 2007). The hill comprises of dense lithic fragments of grey limestone that appear overlies unconformably on the underlying Labang Formation (Lundberg and McFarlane 2012) believed to be about 23 million years old. Evidences from nanofossil dating of samples taken from Gomantong marls and mudstone (Noad 2001), and related investigations on benthic foraminifera across Gomantong limestones (Hutchison 2005, Noad 2001) indicate that Gomantong limestone is of upper Oligocene (Chattian) to the early Miocene (Burdigalian) age (~23.03 – 15.97 mya). The detrital particles are believed to have recrystallized at a point in time resulting to varying sizes of benthic foraminifera and other macro fauna from uplifted outcrop of Oligocene sediment (Lundberg and McFarlane 2012, Noad 2001). Similar unconformable contact is confirmed in a limestone outcrop close to Sukau, some 15 kilometres away from Gomantong Hill. The lithology alternates with beds of thin gray-green fossil and mudstone of Labang sediment, yet contain well bonded clastic fragment of rocks measuring up to 25 centimetres in diameter (Noad 2001).

BIOLOGY OF THE CAVE

Chasen (1931) reported that swiftlet birds of the Collocalia family along with wrinkle-lipped bats inhabit and share their dark home. Though both rarely intermingle freely, they may roost a meter or thereabout away from each other. Bats roost in the cave during the day time and leave to forage at night and for swiftlet is vice versa. Chasen observed that swiftlets and bats occupy separate positions in dark corners inside the cave, except that bats live in the darkest and most secluded niches. These claims were further substantiated by other studies (e.g. Abdullah et al. 2005, Kingston 2010, Lim, Khoo, Laurentius, and Yeo 2012, Lundberg and McFarlane 2012, McFarlane et al. 2015, Price 2014).

For the swiftlets bird, only two species occur in Gomantong Caves: the black-nest swiftlet (Aerodramus maximus) found predominantly in the more accessible lower cave and the white-nest swiftlet (Aerodramus fuciphagus) in the upper level cave (Lundberg and McFarlane 2012). Population of these swiftlets is quoted to be in millions. For instance, Lim et al. (2012) gives an estimate of 1.29 million contrary to 1.5 million reported by Tompkins and Clayton (1999). At the moment, these figures can neither be validated nor repudiated because a thorough census of swiftlets (and bats) population has not been carried out till date. Fortunately, reliable solution to this ambiguity seems to be on the way. In a recent study, McFarlane et al. (2015)

employed terrestrial laser scanning to investigate the possibility to count roosting bats and nests within a section of Simud Hitam (black cave) which they compared with manual counting captured with photographs and concluded that the method is promising. Swiftlets nest high on the ceilings and walls of the caves in dark corners. The black-nest birds produce nests in areas where light penetrates, whereas the white-nest birds prefer the darker areas (Price 2007, Tompkins and Clayton 1999). Interestingly, both species can steer in the dark to identify and locate their nests deeper inside the cave through echolocation.

Swiftlets make their nests entirely or partly of glutinous saliva rich in protein and cellular element woven to form a cup-shaped mould. The white-nest is constructed purely of inspissated saliva but black-nest is largely mixed with feathers which accounts for its low quality compared to white nest. The commercial value varies with the type and quality of nests: processed white nest which is priced about US$ 5000 per kilogram (Price 2014) and black nest of the same quantity which is 20 per cent of the worth of white nest (Ng 2012). In the past, nests were collected throughout the year (Chasen 1931). This adversely affects the reproductive capacity of swiftlets with consequential reduction in population (Tompkins 1999). To prevent further decline, Sabah Wildlife Department strictly regulates harvesting to only twice a year usually between February to April and July to September so as to preserve swiftlet population (Abdullah et al. 2007, Hobbs 2004, Tompkins 1999). This measure is observed to be reasonably successful to recover bird's population since infant mortality rate due to indiscriminate nest collection is reduced.

In addition to studies related to swiftlet interaction with cave and wealth creation, their safety and that of human as they encounter pose a grave concern to pathologists, especially during the outbreak of the deadly Avian Influenza (H5N1) in 2004. For this reason, a group of Veterinary Pathologists launched investigation taking samples of swiftlets and their eggs from two natural caves (among which is the Gomantong cave) and ranches from September 2004 until June 2011 to test for H5N1 and Newcastle disease (Lim et al. 2012). The result of their findings allays the fears of contagion because all tests carried out yielded negative for both diseases. A similar study was conducted by Tompkins and Clayton (1999). The researchers examined adaptation or survival of parasites, in this case lice, on the host (swiftlet). They concluded that swiftlet lice can move from one resident host to foreign hosts. However, their survival depends on similarity in the feather morphology of the two hosts.

Swiftlets are not the only residents in Gomantong caves. Countless number of insect eating wrinkle-lipped bats (Chaerephonplicata) coexists with them. Abdullah et al. (2005) estimated the bat population to be between 600,000 and 2 million comprising of different species. For instance, in a study, Abdullah et al. (2007) identified 13 species of bats inside the cave and 3 others around the cave. In a related study, Kingston (2010) stated that 12 well-known bat species inhabit the cave. Surprisingly, each night the bats leave the cave to hunt, each consuming their own weight of insects, thus, acting as natural pest control agent. The bat colonies contribute immensely to the ecology of Gomantong cave with tones of excrement deposited on daily basis which sustain the food web (Abdullah et al. 2005, Kingston 2010, Price 2007, 2014). Other than this life keeping function, bats also attract tourists with their classic evening and morning display not common to any other species of bird. The role bats play in nourishing other smaller cave inhabitants will be elaborated in the next section.

ECOLOGY OF GOMANTONG CAVE

Gomantong cave is constantly alive with swiftlet birds, bats and other smaller creatures such as rats, insects, and a whole lot of other invertebrates. Bat and, to some extent, swiftlet

droppings support the cave ecology and sustain the predator-prey relationship. Every night, bats emerge from the cave in search of food and each taking about 10 grams of insects (Price 2014). This results to tonnes of insects being consumed every single night. The bats return to the cave at dawn to roost in the day time during which digestion takes place and invariably tonnes of bat excrement or guano deposited (Kingston 2010, Price 2014). This routine happens every day and over the millennia and massive mountain of guano deposit as high as 30 metres characteristically powers the cave (Abdullah et al. 2005, Price 2007). Guano supports the cave ecology in two ways: one as energy input to lower organisms for nourishment (see Figure 3) and two, as habitat for varieties of invertebrate population (Abdullah et al. 2007, Price 2014). Aside these two ecological functions, guano is also used as fertilizer (Kingston 2010, Price 2007). As mentioned previously, phosphate deposit as fertilizer had been investigated about 125 years ago. Despite that, the guano is not mined in Gomantong cave because of its perceived role to the survival of the cave fauna.

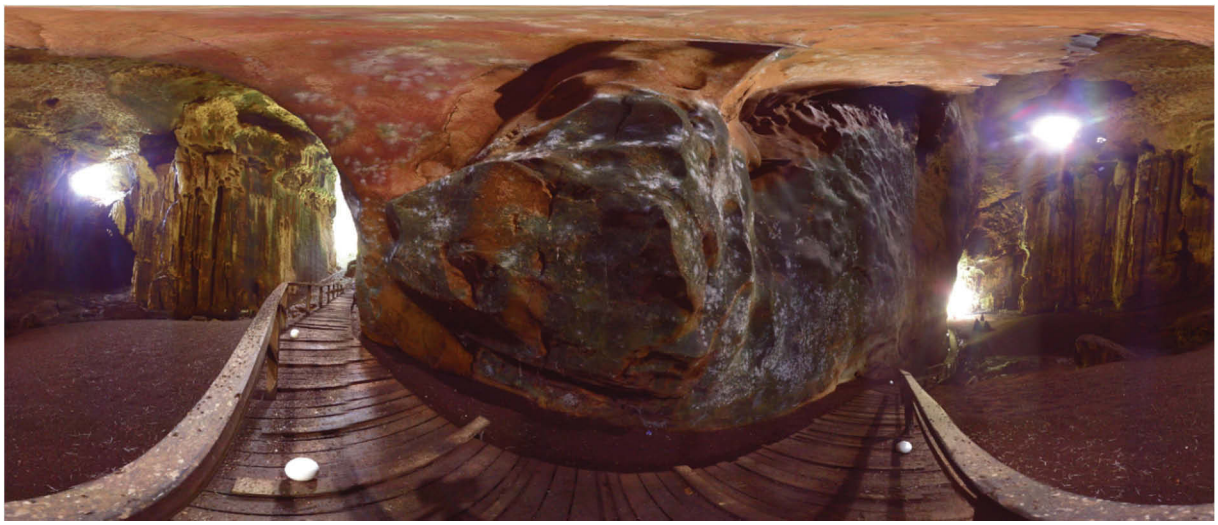


Figure 3: Inside the lofty chamber of *Simud Hitam* with heap of Guano on the cave floor carpeted with varieties of insects.

Gomantong cave is colonised by worm-like larvae, insects, and other mammals that live and/or feed on guano. Prominent among the insects are millions of cockroaches of varying sizes and colours that spread on guano. Others include crickets, centipedes, ants, spiders, dung beetles, etc. (Chasen 1931, Ng 2012, Price 2014). It is common also to find small to large mammals like frog, toad, crab, geckoes, rats, porcupines and, of course, one of the greatest enemy of bats and swiftlet, the cave racer snakes (Price 2014). These varieties of creatures constitute the cave's dynamic food chain with the cave racer snake at the apex. The activities of these organisms in and on this mountain of guano deposit generate a sort slow physical movement down slope. Outside the cave, waiting patiently also are hunting eagles, hawks, kites, and crested serpents that prey on bats and swiftlet as they fly in and out of the cave. It is important to remark here that no specific studies have been conducted neither on the ecology of Gomantong cave nor inventorying the fauna population. Knowledge of what is reported in this paper is based on observations and explanation provided in other studies.

GEOMORPHOLOGY AND MAPPING OF GOMANTONG CAVE

Mapping and geomorphology are two sides of a coin. Map plays important role in analysing geomorphological characteristics of any topography, cave is not an exception. Gomantong caves have been visited a number of times and different descriptive representations have

been used to illustrate the complexity of the karst topography. What is currently known about the origin and development of the cave system is based on few investigations (e.g. Lundberg and McFarlane 2012, Mcfarlane et al. 2013, Wilford 1964). Nevertheless, they offer sound background information relevant to make note of the geomorphological processes in the past. Speleogenesis of Gomantong karst topography is primarily a post-Pliocene geologic process that comprises uplift, compression and folding, followed by dissolution of soluble rocks along bedding planes and joints. The limestone dissolved in all directions to create a typical phreatic tube of circular or oval shape with scalloped walls and ceilings (Wilford 1964). Usually, cave systems are formed by a combination of phreatic and then followed by vadose development resulting to round-shaped section at the top and rectangular trench at the bottom (Mihevc, Slabe, and Šebela 2004). However, in the case of Gomantong cave, the phreatic formation steered by strike and dip within the plane of the geologic strata is mainly relict with little vadose development and no active river channels (Figure 4). Absence of vadose incision traits is believed to be due to rapid uplift of the landscape in the late Pliocene (~3 – 2 mya) that rapidly drained the cave and preserved the original phreatic tube shape as observed by Lundberg and McFarlane (2012).

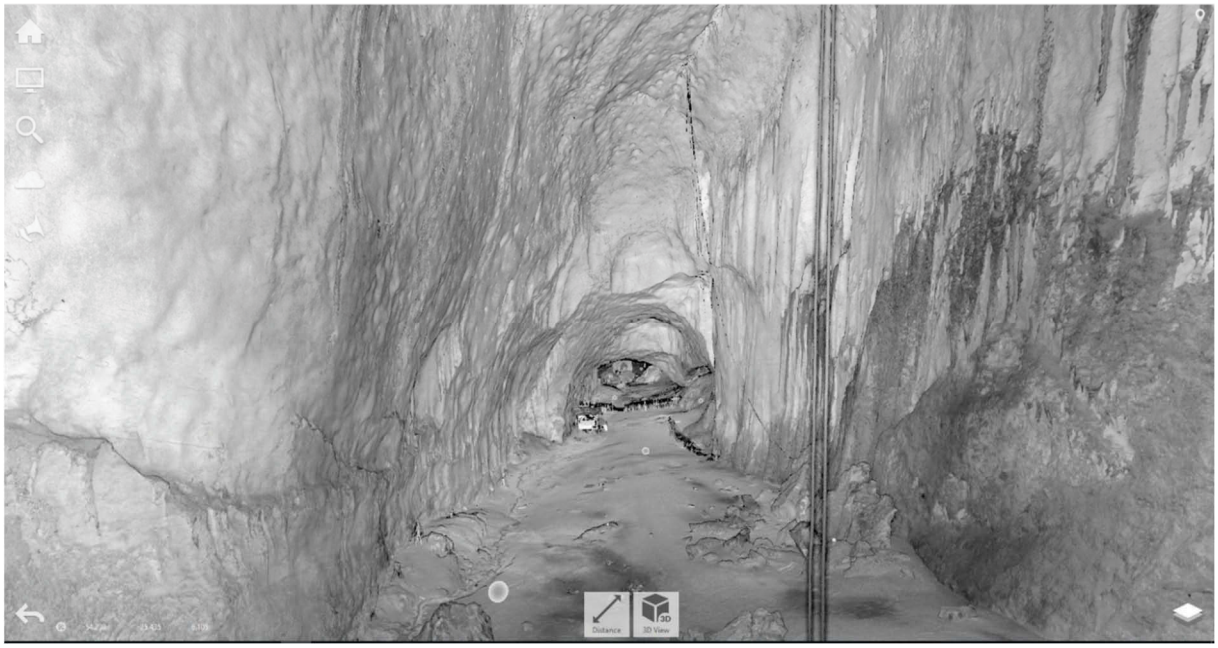


Figure 4: 3D view of a section of Gomantong cave passage revealing the combined actions of phreatic and vadose development and geomorphological features of the cave system.

The presence of large bats and birds colonies over hundreds of years has profound impact on the post-speleological alteration of the original phreatic tube structure to its current form. The impact of zoogenic modification was investigated by Lundberg and McFarlane (2012). They modelled metabolic outputs of bats and birds (CO2, H2O, and heat) and found out that post-speleogenetic biogenic corrosion can erode bedrock significantly, especially at sections with high bat density. Furthermore, the same group of researchers described new speleological features which were not reported in the initial study done by Wilford (1964). These are the apse-flute and conch pockets formed on the cave walls and ceilings respectively and guano notch formed at floor-level (see Figure 4). The former is vertical semi-circular engravings parallel to one another and extending usually from roof to floor irrespective of rock properties (Lundberg and McFarlane 2012), whereas half-dome conch pockets on the cave ceiling are relics of earlier apse-fluting. The latter, on the other hand, are products of organic acid of decaying guano that dissolve rock layer underneath to create grooves or guano notches on

the cave floor. The study concluded that 70 to 95% of the total volume of the cave, as it is presently, may probably have been a subject of biogenic dissolution, collapse and removal of limestone over a very long time.

To provide exceptional insight into the relationship between the cave biology and geomorphology, quantitative assessment and analysis of the 3D geometry and passage volume are vital. Recently, Mcfarlane et al. (2013) used cutting-edge technology, terrestrial laser scanning in combination with traditional compass survey technique to map the caves. Statistical data generated from COMPASS cave modelling software provided approximate morphometric quantities such as the volume cavity, cave floor area, surface area, length and width. Apart from the interior measures, high resolution surface model derived from Gatewing X100 unmanned aerial vehicle flown over the limestone outcrop allowed the enclosed rock volume to be estimated. Scanning does not provide geometric data alone, it offers value-added data for biological inventory and management (McFarlane et al. 2015). The works of McFarlane and his team set promising precedence for future scientific exploration not only for morphological monitoring but also other fields of interest to include 3D modelling, integration of cave findings relative to geometry for interactive visualization, spatial analysis, etc.

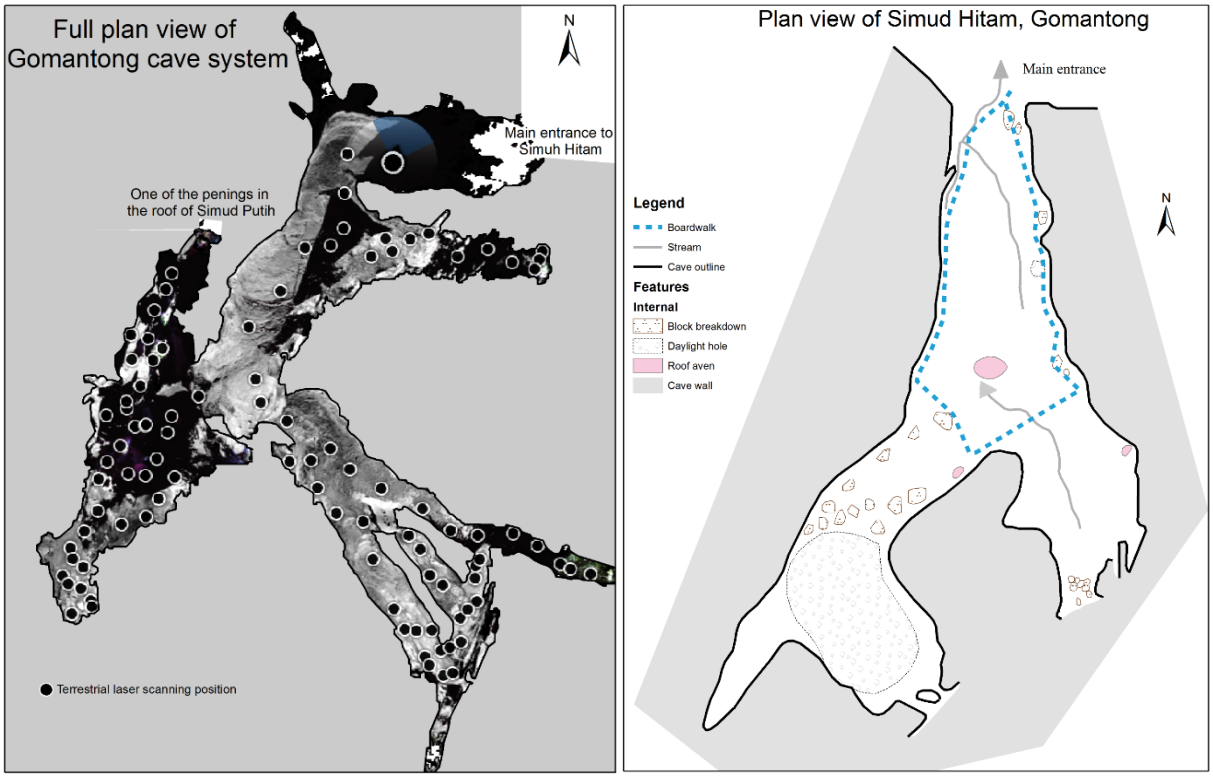


Figure 5A: Full plan view of Gomantong karst system generated from the full laser point cloud collected in July, 2015. **B:** 1930 plan view of Simud Hitam reproduced from Lundberg and McFarlane (2012).

As a matter of interest in geomatics, it is exciting to state here that the map in Figure 5A is the first complete plan view of Gomantong karst system to be made available. The first known rough sketch of the cave produced by Mr. S. G. Holms was an attachment to a document dated back to 8th of February, 1923 (Chasen 1931). Later in 1930, the first survey plan of the more accessible black cave (Figure 5B) was produced (Lundberg and McFarlane 2012, Price 2007). Ever since then, investigations that require describing the cave have always referred to the 1930 survey plan (e.g. Lundberg and McFarlane 2012, Wilford 1964). In essence, explaining cave conditions and phenomena in their precise location had always been a serious

challenge that persists until lately. The availability of portable terrestrial laser scanning devices and their increasing use indoor during the past decade ushers in a novel approach to cave surveying that can deliver unprecedented level of detail and accuracy for both 2D and 3D representations (Idrees & Pradhan 2016). McFarlane et al. (2013) pioneered the use of terrestrial laser scanning technology in Gomantong cave, though they could not produce the complete cave plan from the huge volume of data acquired, but for the first time, information about the entire length, area and passage volume of the two karst systems was documented. Laser scanning technology is, indeed, a beacon when we think of synthesising the dynamic sphere of research in and around Gomantong cave.

TOURISM

Gomantong karst system is a popular destination that host large number of both local and foreign tourists that stream in to experience the thrilling swiftlet birds' nest harvesting, astounding bat swarm, and the cave powerhouse, guano. This trio is the fulcrum that embodies Gomantong cave as tourism hub. Over centuries, people have been coming to the cave to watch the breath-taking acrobatic moves of nest harvesters as they linger on rattan ladders ingeniously weaved with ropes and bamboo poles dangling from the cave ceiling as high as 100 metres above the floor (Abdullah et al. 2005, Dunkley 2004, Lundberg and McFarlane 2012, Ng 2012, Tompkins and Clayton 1999). It is an incredible daring art and risky adventure that normally arrest the sensation of onlookers (Figure 6).

Figure 6: Swiftlet birds' nest harvesters climbing the ladder made from forest plants.

The spectacular nightly flight of bats in their thousands at sunset to start their day treats tourist to amazement. Observation by the locals put the number of bats that emerge from the top of the cave at three thousands in every minute, a scenario that usually continue and lasts for not less than half an hour (Chasen 1931). The touristic dimension of bats swarm in Gomantong cave became a focus of international tourists after the 1998 Founder's Circle expedition to Malaysian Borneo, organised by the Bat Conservation International (BCI 1998). One of the interesting scenes is the dramatic display of wizardry to outsmart their predators by forming a doughnut-shape up in the sky to confuse their enemies. By extension, the pileup of faeces

of bats and birds over thousands of years that form a smelly brownish-chocolate colour heap is an unbelievable story at distance. The reality was transmitted to the global audience by the famous naturalist David Attenborough in one of his BBC documentaries titled Planet Earth Episode 4: Caves. Video clip of the documentary is accessible on the YouTube. So far, this study reveals that no previous investigation has specifically explore this aspect of the cave.

4 KNOWLEDGE GAPS

As observed from the aforementioned, much is still needed to be done to scientifically understand the geo-ecological and climatological interactions of the karst system. At present, what is known about the cave is obviously insufficient to confront the compounded management complexity of this valuable yet fragile microenvironment. It is surprising that despite the early recognition of the role of mapping to any studies in the caves, Gomantong caves still lack the fundamental base data and map. Nearly a century ago, Chasen (1931) noted this with respect to the cave:

> *Any detailed research carried out in the Gomantong caves whether it be in connection with the distribution or yearly census of nests or exploitation of the guano deposits or along any other channel would be impeded by the total absence of reliable data and maps (p. 11).*

Lack of accurate map has, up till now, limits understanding of the temporal scale and frequency of morphological processes that have shaped the current state and the contributing factors. Previous research has shown that enlargement of the cave passages largely results from zoogenic corrosion from bats and birds (Lundberg and McFarlane 2012). Certainly, the inexhaustibility of other geologic occurrences such as rock decay and mechanical degradation (Mihevc et al. 2004) creates a vacuum in knowledge. As a matter of fact, post-speleogenic passage enlargement is inextricable from collapse due to joint and bedding failure under mechanical stress. Thus, there is the need to study the cave in a broader perspective with respect to the geology and geomorphology of the surrounding landscape. Again, providing in-depth analysis of geomorphological features in Gomantong caves without precise reference to location on map is clearly unjustifiable.

In general, it is still difficult to explain the interplay of zoogenic and geologic processes in modifying the cave cavity. Vital information obtained from previous studies hint on possible line of investigation to find an answer. One, the fact that large sections of the caves are not occupied by either bats or birds (Chasen 1931, Lundberg and McFarlane 2012) and two, the presence of piles of rock left by collapse in the cave (Abdullah et al. 2005, Ng 2012). What cannot be ascertained currently is whether the collapse is predominant in areas occupied by bats and birds or not – which may be treated as another knowledge gap. This also brings the issue of safety into mind as the cave is becoming more and more opened to tourist, their safety cannot be compromised.

Although, the biology of the cave has been well studied, controversy still trails the veracity of quoted population estimation for both bats and birds (e.g. Abdullah et al. 2005, Lim et al. 2012, Price 2007, Tompkins 1999). Studies have found out that nest harvesting increases swiftlets reproductive stress (Tompkins 1999). With this fact at hand, it is unimaginable to assume the population remains stable. Hence, the effect of pressure exerted on swiftlets birds due to nest harvesting need to be critically examined. The bats in Gomantong caves are not exempted from the similar fate of population reduction. Therefore, threat from predation and, to some

extent, hunting for food affects the population (Kingston 2010). The synopsis of this discussion is that lack of empirical studies or consistent statistical data complicates population tracking.

With respect to the ecology of the cave, attention has not been given to the thriving community of the cave fauna, especially its taxonomy. Species discovery and classification is essential for the purpose of evaluating effects of human activities on stability of the cave ecosystem. Price (2014) reported a decline in number of some organisms in Malaysian caves. Although, the reasons given may not necessarily be applicable to Gomantong cave since there is neither report of guano mining, quarrying activity nor physical development around the cave. Meanwhile, it will amount to provoked negligence to rule out other local factors without intensive examination to prove otherwise. So, scientists need to embark on broad fauna studies in the cave.

Evidently, the touristic values of Gomantong cave have been underreported despite its vivacious millennia history with nest harvesting. As far as the knowledge of the authors, too little attention has been paid to research and publications related to tourism in the cave. In fact, a cursory informal survey (interview with the local) conducted during this study reveals that more than 80% of those interviewed are not conversant with Gomantong cave or edible birds' nest. This shows a weak level of awareness within the country, how much less the outside world. Studies related to Gomantong cave need to investigate further than the geoscientific investigations. Perhaps, social scientists, economists and the media have important roles to play as well.

5 DIRECTION FOR FUTURE RESEARCH DEVELOPMENT

The future holds an excellent outlook for research activities in Gomantong caves with the availability and widespread use of compact high resolution three-dimensional terrestrial laser scanners in complex environments like cave. In recent years, there have been extensive publications on numerous examples of caves scanned for different applications (e.g. Barnett et al. 2005, Berenguer-Sempere et al. 2014, Buchroithner et al. 2012, Burens et al. 2013, Canevese et al. 2013, Cosso et al. 2014, El-Hakim et al. 2004, McFarlane et al. 2015). The current drive to utilise laser scanning in Gomantong karst system will definitely reinvigorate research activities and facilitate convergence of knowledge for better understanding. This paper provides new insights into past investigations in Gomantong caves and therefore recommends that future research explores the following areas:

- Providing answer to the following morphological questions through spatial analysis: (1) how much of the rock is in fact cavity, (2) how much of the cave system retains its relict original phreatic tube morphology and how much has been biogenically augmented (3) is there a Pattern to the location of bat and bird roosting/nesting (4) what is the density of roosting and does biogenic alteration of the cave correlates with the roost/nest sites (5) what is the wall and ceiling morphology of those parts that are not accessible?
- Developing 3D virtual cave reality and cave studio for tourists to have a feel of the inaccessible parts.
- Intensive investigations into possible link between speleogenesis and the regional-wise landscape geomorphological pattern using satellite data.

- Deepening knowledge into what other factor(s) play important role in modifying the cave apart from zoogenic processes.
- Geologic behaviour of the rock in the cave with respect to passage stability and hazard assessment.
- Hydrological/hydrogeological modelling of water run-off and water bearing capacity of the karst system.
- Periodic census of swiftlets and bats population to evaluate short and long-term trend in increase or decrease in population using terrestrial laser scanning.
- Ecological studies to classify and document the fauna population
- Climate change, human activities around the cave natural environment and their impact on bat and bird conservation.
- Research should also focus on out-reach and education to promote awareness of the tourism potentials of the cave. Also economists need to keep track of link between nest harvesting and economic empowerment of the natives.

6 CONCLUDING REMARKS

The Gomantong caves supports live in different ways. The cave provides haven for diverse range of fauna that enjoy the protection it afford them and the continuous food supply through bats and birds excrement. Again, the cave accommodates large colonies of bats and swiftlet birds that command substantial economic benefits. Thus, protecting the cave, as well as its fauna population, is paramount and requires broad understanding of several aspects: geology, biology, ecology, morphology/mapping and tourism. This study presents findings of in-depth review of literature on previous investigations carried out in Gomantong caves. The result reveals that a lot of studies have been done on the biology of the cave while the other aspects have received little attention. This study, therefore, concludes that reinventing multidisciplinary research strategy is vital for efficient management measures to simultaneously stabilise fauna population, especially bats and swiftlets, and maximise economic prosperity. It is anticipated that holistic perception in and around Gomantong caves will:

1. Instigates assessment of the effectiveness of management modality.
2. Facilitate management strategies that support investigations into scientific, economic and cultural values of the cave.
3. Allow thorough evaluation of the importance of the cave to economic and cultural development.
4. Make it easy to identify and prioritise conservation mechanism for the diverse species population performing crucial ecological function.
5. Assess the short and long term impact of human interference on the cave structure and its inhabitants.

ACKNOWLEDGEMENTS

I dedicate this research to my long time dear friend and colleague Prof. Dr. Manfred F. Buchroithner. This research is supported by Ministry of Education, Malaysia research grant (FRGS/1-2014-STWN06/UPM//02/1) with vote number 5524502 and University Putra Malaysia research grant (GP-1/2014/943200).

REFERENCES

Abdullah, M.T., Hall, L.S., Tissen, O.B., Tuuga, A., and Earl of, C. (2007). The large bat caves of Malaysian Borneo. Bat Research News, 48(3), 99–100.

Abdullah, M.T., Paul, I.V., and Hall, L. (2005). A Frightful Stairway to cave bats in Borneo. Bat Conservation International, 23(3), 11–13.

Barnett, T., Chalmers, A., Diaz-Andreu, M., Ellis, G., Longhurst, P., Sharpe, K., and Trinks, I. (2005). 3D Laser Scanning for Recording and Monitoring Rock Art Erosion. International Newslletter on Rock Art (INORA), 41, 25–29.

BCI. (1998). Experience the World's Most Amazing Bats with Merlin Tuttle on BCI Founder's Circle Tours. BATS Magazine, 16(3), 1–2.

Berenguer-Sempere, F., Gómez-Lende, M., Serrano, E., and de Sanjosé-Blasco, J.J. (2014). Orthothermographies and 3D modeling as potential tools in ice caves studies: The Peña Castil Ice Cave (Picos de Europa, Northern Spain). International Journal of Speleology, 43(1), 35–43. doi:10.5038/1827-806X.43.1.4

Buchroithner, M., Petters, C., and Pradhan, B. (2012). Three-Dimensional Visualisation of the World-Class Prehistoric Site of the Nial Great Cave, Borneo, Malaysia. In Digital Cultural Heritage. Saint-Die-des-Vosges, 2nd July, 2012.

Burens, A., Grussenmeyer, P., Guillemin, S., Carozza, L., Lévêque, F., and Mathé, V. (2013). Methodological developments in 3D scanning and modelling of archaeological French heritage site: the Bronze Age painted cave of "Les Fraux", Dordogne (France). International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-5/W2(131 - 135), 2–6.

Canevese, E.P., Forti, P., and Tedeschi, R. (2013). New Acquisition, 3D Modeling, and Data used Methods: The Laser Scanning Survey of Retiberio Cave. In M. Filippi and P. Bosák (Eds.), 16th International congress of speleology (Vol. 2, pp. 340–345). Czech Republic, July 21-28, 2013.

Chasen, F.N. (1931). Report on the Birds' Nest Cave and Industry of British north Borneo with Special Reference to the Gomantong Caves(pp. 1-24).

Cosso, T., Ferrando, I., and Orlando, a. (2014). Surveying and mapping a cave using 3d laser scanner: the open challenge with free and open source software. ISPRS Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-5(June), 181–186. doi:10.5194/isprsarchives-XL-5-181-2014

Dunkley, J.R. (2004). Asia, Southeast: History. In Encyclopedia of Caves and Karst Science (pp. 235–237). Taylor and Francis Group.

El-Hakim, S.F., Fryer, J., and Picard, M. (2004). Modeling and visualization of Aboriginal rock art in the Baiame Cave. Proceedings of the XXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing: 12-23 July 2004: Istanbul, Turkey. Commission V, Working Group V/2, 990–995.

ETP. (2014). Economic Transformation Programme: Annual Report 2014. Jabatan Perdana Menteri.

Hobbs, J.J. (2004). Problems in the harvest of edible birds' nests in Sarawak and Sabah, Malaysian Borneo. Biodiversity and Conservation, 13(12), 2209–2226. doi:10.1023/B:BIOC.0000047905.79709.7f

Hutchison, E.S. (2005). Geology of North West Borneo: Sarawak, Brunei and Saba. Elsevier.

Idrees, M.O. and Pradhan, B. (2016). A Decade of modern cave surveying with terrestrial laser scanning: A Review of sesors, method and application development. International Journal of Speleology, 45(1): p. 71–88. http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.45.1.1923.

Kingston, T. (2010). Research priorities for bat conservation in Southeast Asia: A consensus approach. Biodiversity and Conservation, 19(2), 471–484. doi:10.1007/s10531-008-9458-5.

Lim, K.H., Khoo, C.K., Laurentius, N.A, and Yeo, B.K. (2012). A Preliminary Report on the Surveillance of Highly Pathogenic Avian Influenza (H5N1) and Newcastle Disease (ND) Viruses in Edible Bird Nest Swiftlet (Aerodramus fuciphagus and Aerodramus maximus). Malaysian Journal of Veterinary Research, 3(1), 1–5.

Lundberg, J., and McFarlane, D.A. (2012). Post-speleogenetic biogenic modification of Gomantong Caves, Sabah, Borneo. Geomorphology, 1–23. doi:10.1016/j.geomorph.2011.04.043

McAfee, A. (2011). A Brief Look at The Edible-nest Swiftlet Industry. In International Conference and Training on Swiftlet Ranching (pp. 1–10). 17-19 July, 2011, Terengganu, Malaysia.

Mcfarlane, D.A., Buchroithner, M., Lundberg, J., Petters, C., Roberts, W., and Rentergen, G. Van. (2013). Integrated Three-Dimensional Laser Scanning and Autonomous Drone Surface-Photogrammetry at Gomantong Caves , Sabah , Malaysia. In 2013 ICS Proceedings: Karst and Cave Survey, Mapping and Data Processing - Poster (Vol. 1, pp. 317–319).

McFarlane, D., Roberts, W., Buchroithner, M., Rentergem, G. Van, Lundberg, J., and Hautz, S. (2015). Terrestrial LiDAR-based automated counting of swiftlet nests in the caves of Gomantong, Sabah, Borneo. International Journal Of Speleology, 44(2), 55–60. doi:10.5038/1827-806X.40.1.2

Mihevc, A., Slabe, T., and Šebela, S. (2004). Morphology of Caves. In Encyclopedia of Caves and Karst Science (pp. 1112–1119). Taylor and Francis Group.

Ng, M. (2012). Gomantong Caves , the Largest Cave of Sabah. Retrieved April 3, 2015, from http://www.mysabah.com/wordpress/gomantong-caves-the-largest-cave-of-sabah/

Noad, J. (2001). The Gomantong Limestone of eastern Borneo: A sedimentological comparison with the near-contemporaneous Luconia Province. Palaeo, 175(2001), 273–302. doi:10.1016/S0031-0182(01)00376-5

Price, L. (2007). Gomantong bat caves awash in guano. The Brunei Times, pp. 3–5. Brunei. Retrieved from http://www.bt.com.bn

Price, L. (2014). Species Diversity and Food-web Complexity in the Caves of Malaysia. Ambient Science, 1(2), 1–8. Retrieved from http://www.caves.res.in/

Tompkins, D.M. (1999). Impact of nest-harvesting on the reproductive success of blac-nest swiftlets Aerodramus maximus. Wildlife Biology, 5(1), 33–36.

Tompkins, D.M., and Clayton, D.H. (1999). Host resources govern the specificity of swiftlet lice: Size matters. Journal of Animal Ecology, 68(3), 489–500. doi:10.1046/j.1365-2656.1999.00297.x

Wilford, G.E. (1964). The Geology of Sarawak and Sabah Caves. Bulletin 6, Geological Survey, Borneo Region, Malaysia. Brunei, Kuching.

ANMERKUNGEN ZU GESTALTUNGSOPTIONEN IN DIGITALEN 3D-LANDSCHAFTSMODELLEN

Nikolas Prechtel
Institut für Kartographie, Technische Universität Dresden

ZUSAMMENFASSUNG

Dafür, dass sich virtuelle 3D-Modelle zu primären Informationsträgern für die Interaktion mit groß- bis mittelmaßstäbiger Geoinformation entwickeln können, sind die technischen Voraussetzungen größtenteils gegeben. Der Erfolg Virtueller Globen wie Google Earth und Bing Maps doukumentiert breite Akzeptanz. 3D-Geoinformationsmedien können sich aber nicht in zunehmend detailreicherem Transport von physiognomischen Landschaftseindrücken erschöpfen. Innovationsmotor sollten aktuelle, schnell verfügbare und umfassend attributierte 3D-Modelle sein. Derartige Modelle fordern in Folge neue Systeme der Informationskodierung, die den breiten Schatz an nicht-fotorealistischen Rendertechniken (NPR) ausschöpfen. Diese sind komplementär zum Einsatz von Fototexturen zu sehen. Signaturierung attributierter 3D-Oberflächen stützt sich in erster Linie auf die Modellflächen. Deren Texturbelegung kann sich in Anpassung an das zu vermittelnde Thema und den Nutzungskontext z. B. prototypisch-bildlich, semiabstrakt-zeichnerisch oder rein abstrakt darstellen. NPR-Texturen emanzipieren sich in solchem Kontext komplett aus der Lückenbüßerrolle, die lange darin bestand, fehlende fotografische Abbilder zu ersetzen oder fehlende Darstellungsfläche und -auflösung durch bildliche Reduktion zu kompensieren.

1 EINLEITUNG

Etwas plakativ lässt sich prognostizieren, dass klassische Papierkartennutzung durch virtuelle Geodateninteraktion in Browsern ersetzt wird, und großmaßstäbige 3D-Geomodelle die noch dominierenden 2D-Modelle weitgehend ablösen werden. Dass entgegen dem Trend traditionelle Produkte wie Papierkarten in einigen Fällen die „smarte" Alternative bleiben (Buchroithner 2016), ist nicht in Frage gestellt.

Existiert ein „swing" zur digitalen 3D-Visualiserung von Geoinformation, dann werden *Umbauten und Ergänzungen der etablierten kartographischen Darstellungsmethoden* notwendig. Gestalterische Adaptionen, die ca. 25 Jahre Bildschirminteraktion mit 2D-Karten (zur Systematik vgl. Hurni 2007, S. 119) mit sich gebracht haben, wären im Vergleich moderat. Sie mussten „nur" auf reduzierte Darstellungsfläche und grafische Auflösung des Bildschirms reagieren (Neudeck 2001) und haben neue dynamische Gestaltungselemente (z. B. optionale Aktivierung von Inhalten, maßstabsabhängige Sichtbarkeiten, Anpassung bestimmter Grafikparameter, „animierte" Signaturen, Annotation oder Zeichenerklärung über Mausinteraktion) etabliert. Der Gestaltungsraum blieb aber analog wie virtuell immer die Ebene, die Betrachtung erfolgte senkrecht auf die Karte und der Kartenmaßstab war konstant. 3D-Georaumdarstellungen in variabler Perspektive sind demgegenüber komplett anderen Rahmenbedingungen ausgesetzt:

- unebene Bezugsflächen von Schriften und geometrischen Elementen (z. B. Punktsignaturen)
- variabler Abbildungsmaßstab und Sichtbarkeit von Elementen in Abhängigkeit von Objektlage und Perspektive
- perspektivabhängige grafische Gefüge, insbesondere im Hinblick auf Überlagerungen und Verdeckungen von Kartenelementen
- Notwendigkeit einer funktionalen Beachtung elementarer Objektbestandteile von 3D-Objekten (z.B. Gebäude, Brücken) im Zuge der Generalisierung im Gegensatz zur Vorgehensweise bei abstrakten Zeichen (z. B. kann ein Dach kann nur so vereinfacht werden, dass Regenwasser immer noch ablaufen kann).

Die Beschäftigung mit kreativer, methodisch fundierter und nutzungsorientierter grafischer Gestaltung in der dynamischen 3D-Geovisualisierung ist noch zu wenig entwickelt. Eine Hypothese für den Grund ist eine vorherrschende gedankliche Fixierung auf 3D-Modelle und Visualisierungsformen, wie sie die populären Virtuellen Globen (Abend 2013) bieten. Deren Vermittlung des geographischen Raums ist bildlich und speist sich aus phantastischen dynamischen Archiven an aufbereiteten Satelliten-, Luft- und Bodenaufnahmen. Der Blick in den Browser bietet mehr oder weniger fotorealistische Landschaftsbilder, auf die bedarfsweise selektiv einige abstrakt kodierte topographische Elemente (z. B. Straßenachsen) projiziert werden.

Andersherum gesprochen fehlt es (noch) an *flächendeckenden, kategorisierten 3D-Geomodellen*, welche ähnlich wie ein Web-GIS inhaltlich frei konfigurierbar und hinsichtlich der *grafischen Kodierung zunächst offen* sind: ein kompletter Gegensatz zum durch Kameraeigenschaften und Aufnahmezeitpunkt determinierten Bild. Die seit langem bekannten, eher experimentell einzuordnenden bildlichen Projektionen tradierter Kartengrafik auf Geländemodelle sind dabei natürlich keine Lösung. Die Entwicklung eines internetbasierten Environments, welches Interaktion mit großräumigen fotorealistischen 3D-Geomodellen (Virtuelle Globen) erlaubt, stellte eine massive technische Herausforderung dar.

Ein ernsthafte *gestalterische Herausforderung* hingegen liegt im *adaptierbaren nicht-fotorealistischen Pendent* auf Basis eines konsistenten, objektstrukturierten 3D-Landschaftsmodells.

In diesem Beitrag können nur Fragen der Gestaltung der immanenten Objekte eines 3D-Landschaftsmodells behandelt werden, nicht jedoch der integrativen 3D-Gestaltung, die mit thematischen, nicht unmittelbar formgebundenen Signaturen (z. B. Schnürer et al. 2015) arbeitet.

2 MOTIVATION

Am Institut für Kartographie der TU Dresden existieren beide 3D-Entwicklungsstränge, fotorealistische (vgl. Buchroithner 2015, Bruhm et al. 2012) und abstrahierende 3D-Modelle und Visualisierung. Ein nicht-fotorealistisches Landschaftsmodell wurde zunächst für die Einbettung und Präsentation archäologischer Stätten im sibirischen Altai („Uch Enmek") entwickelt, wobei die Erarbeitung eines Workflows vom GIS-Modell über ein 3D-Modell bis zur Integration in eine Webanwendung im Vordergrund stand (Prechtel et al. 2013). Eine großmaßstäbigere 3D-Geodatenbasis liegt seit 2014 mit dem TUD-Campusmodell vor, welches in Kapitel 4 kurz vorgestellt wird. Schon in der primären Umsetzung waren prototypische Texturen für die zahlreichen Objektklassen zu suchen und zu implementieren. Arbeitstechnisch lag der Akzent auch hier auf einem automatisierten Workflow zur Erzeugung eines konsistenten 3D-Modells (Prechtel 2015). Die vom Autor präferierten Prozessmodelle profitieren davon, dass alle Primärobjekte in einer GIS-Datenbank liegen, und die erzeugten 3D-Derivate bis hin zum Content einer Webanwendung sämtliche *Attributrelationen* nutzen können. Angesichts der „Workflow-Orientierung" war aber klar, dass eine relativ schnell erzeugte grafische Initiallösung zunächst keinem spezifischen Informationsziel außer dem der allgemeinen Orientierung zuzuordnen war. Aber auch nach Folgeaktivitäten konnte das Gestaltungsspektrum, welches eine konsequent typbezogene Geoobjekttexturierung unter Nutzung von 3D-Modellierungssoftware bietet, noch nicht annähernd experimentell erschlossen werden.

Neugier, die Verfügbarkeit semantisch strukturierter 3D-Modelle sowie im universitären Umfeld ein studentisches Interesse an noch eher exotischen NPR-Geovisualisierungen waren Antrieb zur Beschäftigung mit der Gestaltung von 3D-Modellen. Der vorliegende Aufsatz möchte Gedanken vermitteln und Anregungen geben, kann aber keine vollständige Behandlung des Themas beanspruchen.

Zum Aufbau: Im Folgekapitel 3 soll das Korsett der 3D-Landschaftsmodelle im Sinne der deutschen Vermessungsverwaltungen geweitet werden. Als exemplarisches Modellbeispiel und gleichzeitig Grundlage der vorzustellenden Gestaltungsvarianten wird in Kapitel 4 das TUD 3D-Campusmodell vorgestellt. Kapitel 5 stellt bildgetriebene, fotorealistische 3D-Landschaftsmodelle den hier im Fokus stehenden schematischen 3D-Modellen mit nicht-fotorealistischer Texturierung gegenüber und belegt dabei die hohe Versatilität der letzteren. Es folgen einige praktische Gestaltungsresultate mit thematischem Fokus auf Basis des TUD Campusmodells einschließlich kurzer Diskussion, der Inhalt von Kapitel 6. Der Aufsatz schließt mit einer Zusammenfassung (Kapitel 7) und Literaturverweisen.

3 UMFASSEND VERSTANDENE 3D-LANDSCHAFTSMODELLE

3.1 BEGRIFF UND INHALT

Der Begriff *Landschaftsmodell* wird dem des Stadtmodells vorgezogen, weil Landschaft Stadt einschließt, ein Stadtmodell aber auf einen städtisch geprägten Raum beschränkt ist. Der Begriff sollte weiter gefasst werden als aus geodätisch-kartographischer Perspektive (Internetquellen wie BKG und Geoinformatik-Service) üblich. Dort ist es ein historisch und pragmatisch bestimmtes, hierarchisches System *topographischer Objekte* auf und an der Erdoberfläche einschließlich einer geometrischen Beschreibung ihrer selbst. Die Objekttypisierung erfolgt in topographischen Modellen primär funktional (Prechtel 2001).

3D-Geomodelle können aber Elemente eines umfassenderen, wenn auch unscharfen *geographischen Landschaftsbegriffs* (Hard 1982) aufnehmen, welcher alternativ als ein physiognomisch fassbarer Gesamtkomplex, als Natur- und Kulturraum mit spezifischen Eigenschaften oder auch als ein räumlich abgegrenztes Ökosystems verstanden wird. Für Ernst Neef (1967) stand der Prozessraum im Vordergrund, also Landschaft als ein durch eine bestimmte Struktur und ein gleiches Wirkungsgefüge geprägter konkreter Teil der Erdoberfläche.

Aber selbst eine rein physiognomische Landschaftsrepräsentation wird – umfassend gedacht – Objekte und Muster einschließen, die durch das topographische Raster fallen. Denn die Auswahl – Reduktion ist ja Wesen des Modells – kann aus der Gesamtheit der „materiellen Manifestationen erfolgen, die sich im Lauf der Jahrtausende als Ergebnis der Mensch-Natur-Auseinandersetzung herausgespielt haben" (Hard 1982, S. 175). An welche Beispielelemente eines solchen Gesamtkomplexes lässt sich denken? Baumaterialien, Stilistik der Fassaden, jegliche Formen der Sekundärarchitektur, Art der Freiraumgestaltung oder unterschiedliche Erhaltungszustände von Objekten sind allesamt physiognomisch relevant, oft sogar stärker als die topographisch erfassten geometrischen Bauformen. Die Ufergestalt der Fließgewässer, landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmuster und innere Gliederung der Flur, Aufbau der Waldbestände stehen alle ebenfalls außerhalb topographischer Betrachtung und sind gleichwohl charakterprägende Merkmale einer ländlichen Landschaft.

Weitet man nun noch die enge Vorstellung von einem 3D-Landschaftsmodell als einem „realistisch", auf maximale Immersion orientierten Geomodell, so können auch nicht dingliche oder exakt verortete Merkmale aufgenommen werden. Nämliches gilt für synthetische Raummerkmale, die aus einer Kombination oder Klassifikation von Primärbeobachtungen hervorgehen. Es ist natürlich eine gestalterische Herausforderung, Modellelemente, von denen nur Verbreitungsgrenzen, charakteristische Muster oder Vergesellschaftungsformen bekannt sind, in geeigneter, vielleicht sogar assoziativer Weise in eine 3D-Landschaftsvisualisierung zu integrieren.

3. 2 MASSSTAB

Der Begriff Landschaft korrespondiert zumindest wage mit *geographischen Dimensionen*, also Betrachtungsräumen und zugehörigen Aggregationsniveaus. Wenn in der Datenübernahme aus diversen Quellen (leider) auch nicht immer auf Konsistenz der geographischen Dimension der Inhalte geachtet wird oder geachtet werden kann, so existiert doch implizit immer eine Maßstabsbeschränkung (vgl. Sandner 1982 und 2014) in der Modellnutzung. Dies gilt für Visualisierung und Analyse. Ein Geomodell subkontinentalen Maßstabs wird hinsichtlich seiner Inhalte kaum den Begriff eines Landschaftsmodells rechtfertigen. Ein Landschaftsmodell wird im Regelfall nicht jeden Baum als Einzelobjekt speichern. Der

Maßstab von Geodaten im Sinne der Quellinformation determiniert die sinnvoll erzielbaren analytischen Resultate.

3.3 DRITTE DIMENSION

Die 3D-Komponente ist in den meisten topographischen Modellen unvollständig implementiert und wird nur über sekundäre Objektbildungen aus Grundrissdaten und Geländemodellen zugänglich. Aus ihrer Synthese erhält man reliefierte Oberflächen (sog. $2^1/_2$D-Daten), in denen keine vertikalen Überschneidungen von Objekten (Brücken) oder Objektbestandteilen (Höhlen, Felsüberhänge) existieren. Jegliche Art von Punktobjekten, wie Strommasten, Kirchtürme, Leuchttürme, markante Einzelbäume, besitzen Fußpunkthöhen, aber keine Objekthöhen. Lediglich Gebäude werden z. T. operationell als 3D-Hüllkörper („boundary representation") modelliert. Aus der pragmatisch erklärbaren Trennung zwischen zweidimensionaler Grundriss- oder Lageinformation aller definierten topographischer Objekte und den unspezifischen Oberflächen (Digitales Geländemodell – DGM, Digitales Oberflächenmodell – DOM) ergeben sich aber zwangsläufig mehr oder weniger gravierende *Inkonsistenzen*, die vor jeder 3D-Analyse oder 3D-Visualisierung bereinigt werden sollten. Beispiele: Fließgewässer weisen keine gleichsinnigen Gefälle auf, Seespiegel sind wie auch Straßenquerprofile nicht eben, Ränder von planierten Flächen (z. B. Sportfeldern) werden im DGM nicht exakt nachgezeichnet, etc. Zu Verfahren regelbasierter 3D-Konsistenzherstellung sei auf frühere Publikationen verwiesen (Prechtel 2004 und 2015). Man kann jedoch konstatieren, dass erst eine *konsequente, explizite 3D-Objektbildung* im Landschaftsmodell umfassende Qualitäts- und Plausibilitätsprüfungen zulässt.

Wie spielen Modelldimension und Visualisierung zusammen? Generell baut 3D-Perzeption eines Landschaftsmodells in perspektiver Bildschirmwiedergabe auf eine variable Kameraperspektive; im Senkrechtblick wirkt die Landschaft flach und nur wenige 3D-Formindizien wie Helligkeitsverteilung und Schattenwurf existieren. Neben der Kameraausrichtung bietet sich eventuell auch eine gezielte Modifikation des Vertikalmaßstabs an, meist zur Überhöhung der Darstellung. Digitale Interaktion macht 3D-Perzeption trotz limitierter Darstellungsfläche und Auflösung auch noch aus größerer Blickdistanz möglich, weil flache Blicke auf das Gelände und gegebenenfalls Überhöhung die vorhandene Höhendifferenzierung akzentuieren. 3D-Visualisierung verliert aber ihren Sinn ab einem Punkt, wo weder einzelne Objekte (Gebäude, Bäume, etc.) noch die Reliefgestalt mehr in ihrer Körperlichkeit hervortreten. Diese pragmatisch sinnvolle untere Maßstabsgrenze der 3D-Modellnutzung lässt sich spielend in Virtuellen Globen wie Google Earth nachvollziehen.

4 DAS TUD 3D-CAMPUSMODELL ALS TESTMODELL

Ein 3D-Campusmodell der TU Dresden wurde 2009 vom Autor konzipiert, spezifiziert und lieferte über mehrere Jahre den Arbeitsrahmen für praktische Anteile einer Lehrveranstaltung. Grundidee war die vollständig funktional/physiognomisch klassifizierte 3D-Modellierung aller Oberflächen eines iterativ erweiterbaren (Stadt-)Landschaftsausschnittes in einem relativ niedrigen Level of Detail (LoD1 und LoD2). Oberflächen bedeutet, dass derzeit keine Innenräume von 3D-Objekten (Gebäude) modelliert sind. Das Begriffspaar funktional/physiognomisch drückt aus, dass Flächen funktional typisiert, jedoch partiell um materielle und direkt physiognomisch wirksame Eigenschaften ergänzt wurden (Abbildung 1).

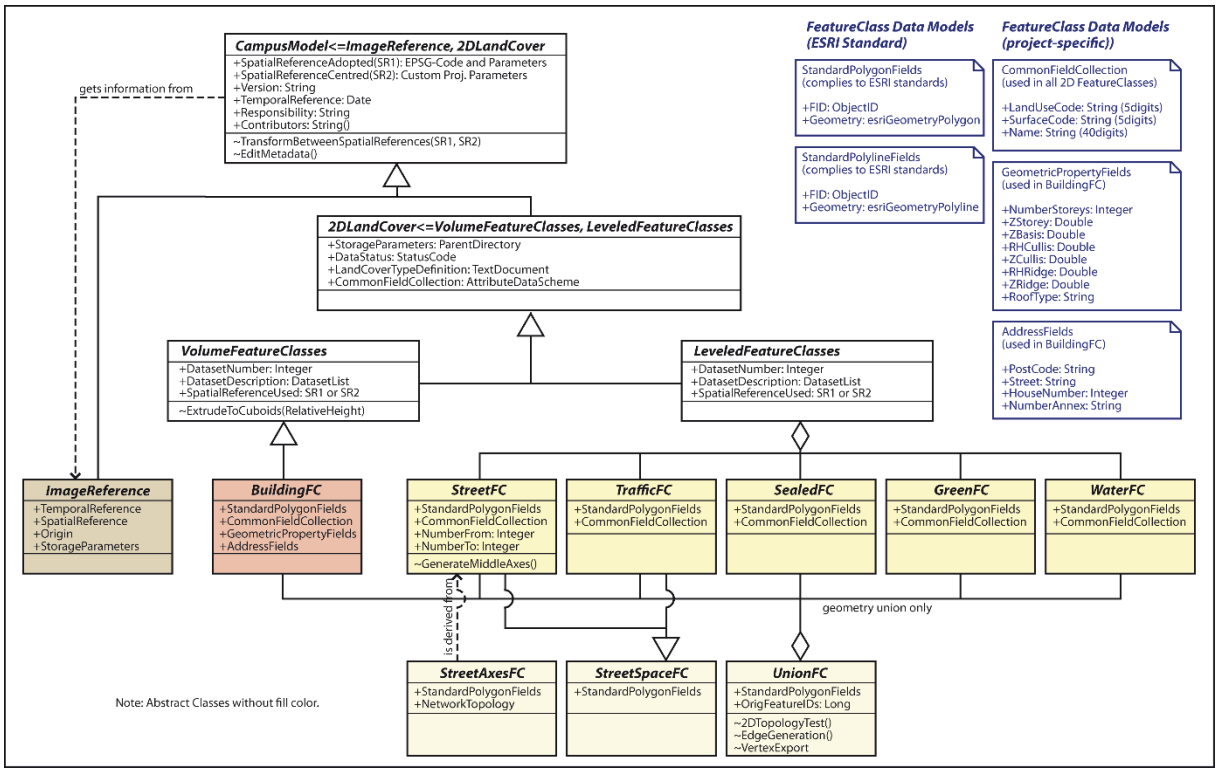


Abbildung 1: Datenmodell des TUD-Campusmodells (aus Prechtel 2015). Visualisierungsrelevant sind die 6 Oberklassen „BuildingFC“ bis „WaterFC“, die nochmal über Codes in den Attributtabellen in insgesamt 26 Typklassen untergegliedert sind.

Als einheitliche Datengrundlage aller Grundrisse fungierten zum Erfassungszeitpunkt aktuelle Orthobilder aus den im zweijährigen Turnus durchgeführten Bildflügen der Stadt Dresden. Die Bildinformation wurde jedoch (bisher) nicht als Objekttextur verwandt. Alle Universitätsgebäude wurden freundlicherweise als fertig bearbeitete 3D-Objekte (LoD2 und LoD3) durch die Arbeitsgruppe Visualisierung des Zentrums für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen der TU Dresden (ZIH) zur Verfügung gestellt.

Die Modellerstellung schloss folgende Hauptschritte ein: 2D-Objekterfassung im Sinne eines flächendeckenden, standardisiert attributierten GIS-Modells, prozedurale Aufbereitung eines stratifizierten Geländemodells, $2^1/_2$D-Wandlung der 2D-Flächen (Polygon to Mesh), 3D-Extrusion der Gebäude anhand von Attributdaten, VRML-Speicherung zur Finalisierung (Texturierung) in 3D-Modellierungssoftware.

Die 1:1-Relation zwischen den primären GIS-Objekten und abgeleiteten 3D-Objekten in der zur Visualisierung genutzten Software gestattet bei dieser Genese eine Objektgestaltung anhand beliebig wählbarer Attribute des Primärmodells (Prechtel 2015, S. 246). Gestaltung und Wahl der Textur erfolgen dabei nicht individuell objektbezogen. Vielmehr nimmt die Textur die Rolle einer *Signatur von variabler Ikonizität* (vgl. Koch 2007a) ein, welche auf eine kategoriale Klasse verweist. Assoziative Gestaltung bietet sich an; prototypisch gewählte bildliche Oberflächentexturen dürften zumindest dann angestrebt werden, wenn kategorisierte Objekte eng mit materiellen Eigenschaften verbunden werden können (z. B. Arten von Straßenbelag).

Dieser 3D-Modelltyp wurde vom Autor als *„schematisches Modell“* bezeichnet. „Schematisch“ mag insofern den Charakter des Modells treffen, als erstens der Objektbildung und Attributierung ein *Datenbankschema* zugrunde liegt, zweitens die Texturierung einheitlich (schematisch) für ausgewählte *Objektkategorien* erfolgt. Die Modellgenese ist

noch in einem weiteren Sinne schematisch, indem nämlich die gesamte Datenaufbereitung und speziell die Erzeugung plausibler und dabei „schlanker" 3D-Oberflächen regelbasiert und automatisiert (schematisch) ablaufen, somit Interaktion weitgehend entfällt. Ein „schematisches Modell" will und wird somit nie ein fotorealistisches Modell sein. Die im Kapitel 6 vorgestellten Visualisierungsbeispiele nutzen einheitlich das hier eingeführte TUD 3D-Campusmodell. Die beschriebenen Verfahren lassen sich allerdings komplett auf typverwandte andere Geomodelle übertragen.

5 3D-MODELLE ZWISCHEN FOTOREALISMUS UND ABSTRAKTION

5.1 DAS SPANNUNGSFELD

Fotorealismus und grafisch-abstrakte Darstellung stellen Extrema der Präsentationsvarianten eines 3D-Geomodells dar. Dazwischen kann man sich durch beliebige Niveaus der Abstraktion bewegen, von Semmo et al. (2012) als „Level-of-Abstraction Transitions" bezeichnet. Die Extrema aber sind fixiert: Detailtreue des Geometriemodells und Texturauflösung limitieren den Realismus, während der intendierte Informationstransfer eines technischen Modells – im Gegensatz zu einem Werk der bildenden Kunst – den Grad sinnvoller Abstraktion begrenzt.

Im hier vorliegenden Kontext soll unter Fotorealismus eine bestmögliche „Abbildung einer äußeren, raum-zeitlichen Wirklichkeit" mittels Verfahren der Computergrafik (vgl. Schirra und Scholz 1998, S. 69) verstanden werden. In der bildenden Kunst steht der Begriff für eine Stilrichtung, bei denen die Grenze zwischen Gemälde und Fotografie verschwimmt (z. B. Kammerlohr 2009, S. 244-249), ohne dass dabei zwingend reale Inhalte abgebildet werden.

Eine gute Systematik von Gestaltungsoptionen topographischer 3D-Modelle kann unter „Überblick über Gestaltungsaspekte bei Topographischen 3D-Karten" der Dissertation von Häberling (2003, S. 54ff.) entnommen werden. Eine dort vorgenommene inhaltliche Differenzierung in Geländeobjekte und topographische Kartenobjekte (Häberling 2003, S. 57) entfällt allerdings im schematischen 3D-Modell, wo man flächendeckend von expliziter 3D-Objektbildung ausgeht, welche also die Geländegestalt schon inkorporiert. Es fehlt der „neutrale 3D-Untergrund", auf dem die Objekte liegen.

Geometrie und Textur von Geoobjekten stehen in funktionalem Bezug. Für einen fotorealistischen Anspruch muss die Textur in Auflösung und Zuschnitt präzis genug sein, um auch in Nahbetrachtung mit der Objektform zu harmonieren (Göbel et al. 2008). Steigt der Zwang zur schlanken, also vereinfachten Geometrierepräsentation mit zunehmendem räumlichen Modellumfang in einem großflächigen Modell, dann ersetzt Texturinformation partiell verlorene geometrische Feinstruktur. Mental können erkannte Texturbestandteile trotz ebener Projektionsfläche dreidimensional interpretiert werden, so z. B. bei Kopfsteinpflaster oder den Fensterleibungen in einer Fassade. Abhängigkeiten zwischen Geometrie und Textur sind unausweichlich auch in der 3D-Objektgeneralisierung zu beachten: Werden generalisierungsbedingt z. B. Gebäudeteile wie Vordächer oder Wintergärten entfernt, dann sind auch Fassaden- und Dachtexturen anzupassen.

Bei der Wahl prozeduraler anstelle fotografischer Texturen (Übersichten z. B. bei Peachy 2003 oder McShea (Internetquelle)) fällt das Problem inadäquater Auflösung in Nahbetrachtung weg. Materialabhängige Granularität wird zum Skalierungsfaktor in den genutzten bildgebenden Funktionen. Gleichzeitig reduziert sich der Speicherbedarf erheblich, allerdings auf Kosten eines erhöhten Rechenaufwands im Rendering. Die prozedurale Textur kann sich

der kameragenerierten annähern (Bourque 2006), die Individualität des jeweiligen Gegenstandes aber geht verloren und somit natürlich auch der Anspruch maximaler visueller Realitätsnähe.

Technisch existiert eine Alternative zwischen Bildtextur und prozedurale Textur. Eine Gleichsetzung mit dem Begriffspaar Fotorealismus – Nichtfotorealismus ist aber unzulässig. Denn Bildtextur kann sowohl primäres Kameraabbild eines Objekts sein wie auch ein (z. B. durch Bildverarbeitung) bewusst abstrahierend vereinfachtes Bild (vgl. Jahnke et al. 2008). Als oftmals unbeachtete, nicht-fotorealistische Bildquelle tritt neben das Kamerabild noch die *Zeichnung*, deren Typ vom exakt maßstäblichen Architekturaufriss bis zur lediglich typisierenden, schnellen Handskizze reichen kann. Abbildung 2 dient der Texturtypisierung in Geomodellen. Alle behandelten Texturquellen (Bild, Zeichnung, Rechenprozedur) können dabei verschiedene Abstraktionsniveaus aufweisen, nur die Fototextur erfüllt jedoch innerhalb zeitlicher und maßstäblicher Grenzen den Anspruch realitätsnaher Abbildung.

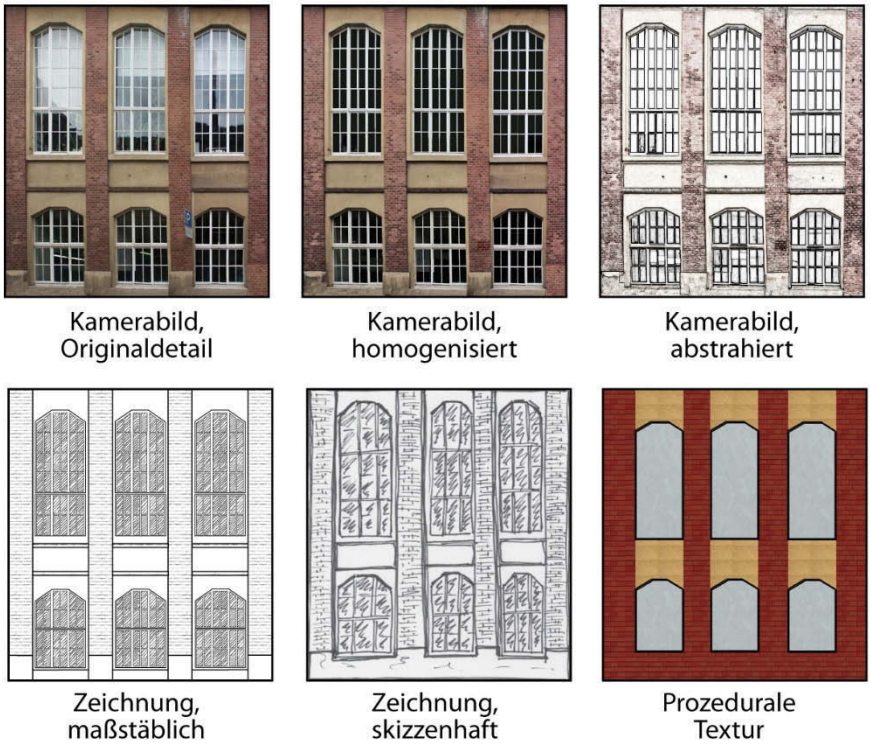


Abbildung 2: Schema zu Texturtypen in 3D-Geomodellen.

5.2 VIRTUELLE GLOBEN ALS FOTOREALISTISCHE BEISPIELMODELLE

Als Repräsentanten fotorealistischer Modelle bieten sich die populären Virtuellen Globen Google Earth und Bing Maps an. Ihr Anspruch globaler Verfügbarkeit ist nur über standardisiertes Prozessieren großer Datenmengen zu erfüllen. Was resultiert? Bing Maps bietet neben der Senkrechtbetrachtung eine Pseudoschrägsicht (genannt „Vogelperspektive") auf das Gelände. Der Blickwinkel der im Bildflug geneigten Zeilenkamera ist quer zur Flugrichtung zentralperspektiv, in Flugrichtung parallel. An den Rändern der Bildstreifen kommt es unausweichlich zu Artefakten in Form gegenläufiger Objektverkippung. Schrägbildmosaike geben auch den Betrachtungswinkel vor. Google Earth hingegen hatte seine $2^1/_2$D-Modelle bereits 2014 allein in 46 deutschen Städten (vgl. GoogleEarth Blog) um stereophotogrammetrisch gewonnene, texturierte 3D-Gebäude und Vegetationsensembles ergänzt und so frei definierbare, zentralperspektivische Darstellungen ermöglicht. Auch hier bleiben Unschärfen. Angesichts des extremen Projektumfangs können Verdeckungen nicht durch

individuell orientierte ergänzende Aufnahmen kompensiert werden. Vegetationsoberflächen sind in den Modellen ohnehin nur grob rekonstruierbar. Kleinere Darstellungsschwächen sollen aber nicht weiterverfolgt werden. Dafür aber die Frage: Sind fototexturierte Landschaftsmodelle der genannten Art realistische Modelle?

5.3 REALITÄT UND FOTOREALISMUS

Unter realistisch wird vereinfachend Nähe zur menschlichen visuellen Wahrnehmung ohne technische Hilfsmittel verstanden. Der Vollständigkeit halber sei ergänzt, dass zweidimensional gerenderte Darstellungen bei Verzicht auf Stereoskopie nie die perfekte visuelle Illusion schaffen können. In den „Bing Maps"-Modellen endet das Zoomen bei einem Maßstab von ca. 1:400 in Bezug auf die Bildmitte, ab dem auch die Bildauflösung unter eine HD-Bildschirmauflösung sinkt. Google Earth lässt noch mehr Annäherung zu, die dann zum Teil nicht mehr durch die Modellqualität gedeckt sind, bevor die Darstellung auf „Street View"-Bilder umgeschaltet. Real anmutend sind in beiden Produkten maximal Hochhausperspektiven, die im täglichen Leben kaum eingenommen werden (können).

Betrachten wir den im fototexturierten Modell eingefrorenen Aspekt. Er verweist auf die Frage, inwieweit Fotografie Abbilder der Realität schafft. Gombrich's Buch "Art and Illusion" von 1960 formuliert, wie Fotografie von der Realität abstrahiert, indem sie "zahllose zufällige Artefakte einfängt: ein winziger Moment, eingefroren für immer, ein in alle Richtungen begrenzter Blickwinkel und die Zufälligkeit des fotografischen Entwicklungsprozesses" (übersetzt nach Landsdown et al. 1995, S. 29). Das Manipulative einer fremdbestimmten Perspektive mag in Virtuellen Globen aufgehoben sein, die Zeitbezogenheit der Abbildung ist es nicht. Modelle in Google Earth und Bing Maps suggerieren Aktualität. Temporäre Objekte (Fahrzeuge, Passanten) mag man dabei gedanklich ausblenden, dennoch ist das Problem der Zeitlichkeit nicht aufgehoben. Ein exemplarischer Bildvergleich in einem Beispielraum von ca. 1 ha Größe enthüllt Objektveränderungen in verschiedenen Zeitskalen (Abbildung 3): temporäre Nutzung einer Fläche durch einen Zirkus (Tage bis Wochen), Entstehung neuer Wegverbindungen (Wochen), Gebäudeabriss und Erstellung eines Ersatzbaus (Monate). Weiterhin ändern sich der Landschaftscharakter, aber auch die Sichtbeziehungen im phänologischen und jahreszeitlichen Wandel. Texturelle und farbliche Variation sind dabei stets Begleiter und speziell an den Nahtstellen der fotografischen Teilmodelle „illusionsmindernd". Der Anspruch eines visuell realistischen Modells kann nicht eingelöst werden, denn zahllose, die Raumphysiognomie prägende Prozesse laufen schneller ab als die Aktualisierungsfrequenz der Modelle.

5.4 ADAPTIVITÄT DER MODELLE

Qualitätsbeeinflussende Faktoren in der fotorealistischer Texturierung sind gut zusammengefasst bei Lorenz (2010, S. 24). Momentbezogenheit der Fotografie ist einer davon. Dies ist nicht allein der permanente Wandel von (Teil-)Verdeckungen durch Belaubung, Fahrzeuge oder Personen. Zu berücksichtigen sind auch die spezifischen Lichtverhältnisse eines jeden Aufnahmezeitpunktes. Bevorzugt in der Texturgewinnung sind gut ausgeleuchtete Objekte und Objektteile hinsichtlich Farbwiedergabe, Kontrast und Detailerkennbarkeit im Gegensatz zu verschatteten Oberflächen (vgl. Abbildung 4). Konsistente Fototextur würde eigentlich zeitgleich aufgenommenes Fotomaterial erfordern. Ideal für den digitalen Modellbauer wäre eine einheitliche diffuse Ausleuchtung. Auf einer quasi „beleuchtungsneutralen" Basis können dann, sofern die Modellinteraktion Sonne und Atmosphäre einschließt, realitätsnah Eindrücke zu verschiedenen Tageszeiten und Wetterlagen simuliert werden. Dies ist komplett hypothetisch, somit wird häufig eine Nachbearbeitung der Originalaufnahmen, speziell bei

Fassaden, notwendig (vgl. Abschnitt „Erstellung terrestrischer Fototexturen“ bei Göbel et al. 2008, S. 662f.). Sie kann automatisiert werden (Forkert et al. 2015), wo große zusammenhängende Flächen einheitlich beleuchtet sind, erfordern aber interaktive Eingriffe, wo die Beleuchtungssituation auf Oberflächen kleinteilig wechselt.

Abbildung 3: Zeitbedingte Divergenzen in Virtuellen Globen am Beispiel eines Baublocks der Dresdner Südvorstadt. **Links:** Google Earth, Okt. 2012 - Nutzung der Brachfläche durch Zirkus am Nordrand, zwei leerstehende Flachbauten am Westrand. **Mitte:** Bing Map, ca. 2013 - Brachflächen ohne temporäre Nutzung, Abriss der Flachbauten erfolgt. **Rechts:** Google Earth, Mai 2016 - temporäres Mensazelt (weiß) am Südrand errichtet, generell eingeschränkte Bildqualität.

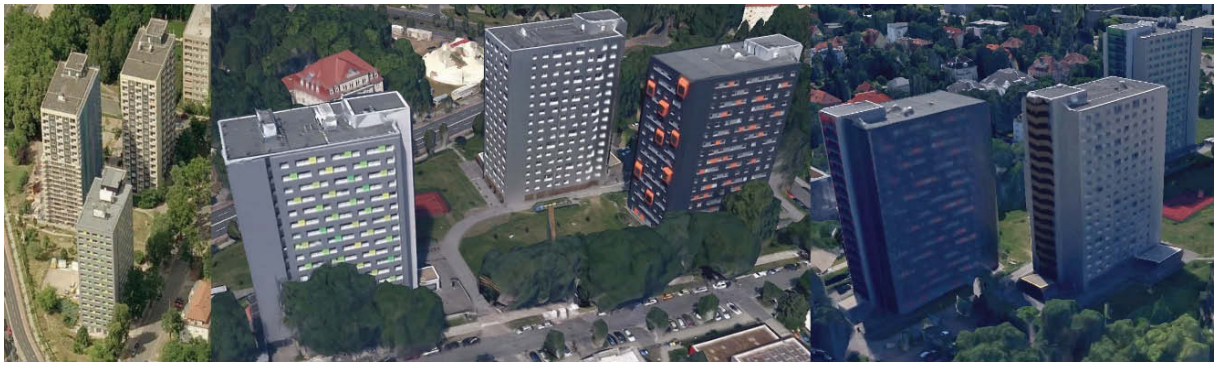


Abbildung 4: Aufnahmezeitbedingte Divergenzen in Schrägabbildungen aus Virtuellen Globen am Beispiel dreier Hochhäuser der Dresdner Südvorstadt. **Links:** Bing Map, ca. 2006 - Sanierungsbeginn, kenntlich an Gerüst am linken Gebäude. Die Schrägaufnahme ist deutlich älter als die „Bing Map“-Senkrechtaufnahme in Abbildung 3 Mitte. **Mitte:** Google Earth 2012 - detailreiche Abbildung der gut ausgeleuchteten Fassadenteile. **Rechts:** Google Earth 2012 identischer Aufnahmezeitpunkt - unscharfe Abbildung der Fassadenteile im Schatten.

5.5 OBJEKTBILDUNG

Points of Interest (PoIs) sind eine etablierte Tür zu Kontext, der über Inhalte der Modellgrafik hinausgeht. Vorhaltung von PoIs verlangt über Mausklick *adressierbare Geoobjekte* im Modell. Sollen Mausaktionen nicht dem Stochern im Heuhaufen gleichen, müssen PoIs hervortreten. Ein „Highlighting“ ist allerdings die Abkehr von der reinen Lehre visueller Realitätsnachbildung.

Noch entscheidender ist, dass aktive Schaltflächen – das können neben Punkten auch Bänder oder kompakte Flächen sein – idealerweise geometrisch exakte *primäre Objektentsprechungen* im Modell aufweisen. Solch eine konsequent klassenbezogene Objektbildung ist aber nicht Usus in den vorherrschenden Modellen. Stattdessen werden semantikfreie, fototexturierte Geländeoberflächen mit einzelnen, adressierbaren 3D-Objekten anreichert.

In „schematischen Modellen“ (vgl. Kapitel 4) hingegen setzen sich Modellobjekte durch eine typspezifische Textur vom Umfeld ab und sind so auch ohne „Highlighting“ adressierbar. Die solchen Modellen zugrundeliegende Tesselation des Raumes, also die überlappungsfreie, geschlossene Aufteilung einer Modellfläche in typisierte Teilflächen, steht allerdings in Konflikt mit der Erkenntnis, dass in natürlichen/naturnahen Systemen scharfe Grenzen die Ausnahme sind und folgerichtig *Übergänge mit unterschiedlichen Gradienten* dominieren. Vegetationsgesellschaften bilden dies deutlich ab, was sich an Waldrändern, Seeufern, Wegrändern etc. leicht nachvollziehen lässt. Solche Übergänge werden im fotografischen Abbild eventuell deutlich, während sie in kategorisierten, schematisch texturierten Modellen zunächst fehlen. „Zunächst“ deswegen, weil man – mit gewissem Aufwand – auch die Topologie bestimmter Objektklassen dazu nutzen kann, Übergänge visuell zu modellieren (vgl. Abbildung 5). Es ist allerdings notwendig zu betonen, dass schon aufgrund der Vielzahl an Klassenpaaren und der normalerweise unbekannten Gradienten der Standortparameter bestenfalls Annäherungen an die reale Situation erzielbar sind.

Abbildung 5: Beispiel für eine prozedurale Modellierung von Typübergängen im 3D-Modell „Uch-Enmek“, hier ein Flussufer (aus Schubert 2014, Anhang).

5.6 GRAFISCHE FREIHEITSGRADE

Betrachtet man fotorealistische Geomodelle aus dem Blickwinkel der Gestaltung, so besteht wenig Spielraum. Er erschöpft sich in der Nachbildung unterschiedlicher zeitlicher Aspekte (immateriell durch wechselnde Lichtverhältnisse oder materiell durch Veränderung im Objektbestand oder von Objektmerkmalen), der Vermittlung von Alternativszenarien (sowohl retro- wie prospektiv) oder der Veränderung des Detailniveaus. Real existiert stets nur eine Modellreferenz. Zumindest das fotorealistische Idealmodell ändert sich bei gegebenem Maßstab nur im Zuge von Aktualisierungen oder durch den Versuch einer physiognomischen Nachbildung hypothetischer oder rekonstruierter Situationen. Somit sind de-facto Unterschiede von Modellen eher Ausdruck immanenter Unvollkommenheit einschließlich eventueller Daten- oder Wissenslücken. Interaktiver Eingriff in den Objektbestand (z. B. Ausblenden von Objekten), im Spiel mit digitalen Karten eine Selbstverständlichkeit, ist bei fotorealistischer Modellumsetzung nicht trivial. Substitution muss ohne vor Ort gewonnene fotografische Quellen auskommen und dennoch unkenntlich bleiben. Dies erfordert nicht nur

einen plausiblen Phänotyp, sondern auch eine lokale Angleichung der Textur an die Nachbarschaft.

Im Umkehrschluss heißt das, dass unmittelbare grafische Informationsvermittlung nicht oder nicht mehr physiognomisch manifester Merkmale Domäne einer nicht-fotorealistischen Darstellung ist. Es besteht zwar ein alternativer, indirekter Zugang zu raumbezogener Information via interaktiver Kontextaktivierung, in GoogleEarth unter dem Begriff „Description Balloon" bekannt; Balloons machen objektbezogen Information in variabler Kodierung (Text, Bild, Grafik, Ton) in einem temporären Browserfenster zugänglich (vgl. Abbildung 6, Feld A). Wertvoll zwar als Informationsträger für Einzelobjekte können Balloons hingegen kaum räumliche Verteilungen und Gefüge veranschaulichen.

Abbildung 6: Varianten interaktiv gesteuerter Informationsträger in einem nicht-fotorealistischen Stadtmodell – Beispiel: GEPAM Projekt (aus Prechtel et al. 2013).

Welche grafischen Parameter der 3D-Modellobjekte stehen nun zur NPR-Gestaltung offen? „Echte" 3D-Landschaftsmodelle sind auch insofern Detailmodelle, als alle Objekte aus *Gefügen von Oberflächen* zusammengesetzt sind. Es gibt keine null- oder eindimensionalen Objekte, nur in perspektiver Betrachtung können entfernte Objekte zu Linien und Punkten schrumpfen. Die Objektform ist – anders als in abstrakter Kartendarstellung – als fix zu betrachten, solange keine operationellen Lösungen einer kontextsensitiven und funktional korrekten 3D-Objektgeneralisierung verfügbar sind. Folgerichtig kann man auch „nur" Objektkanten und Flächengestalt grafisch modulieren.

Explizite Kantengestaltung ist nie fotorealistisch, weil Kanten in Realität nur mittelbar durch Materialwechsel oder andere Exposition zur Lichtquelle erkennbar werden. Zur Merkmalskodierung im 3D-Modell ist die Objektkante wenig geeignet. Aus pragmatischen Gründen, nämlich der Gefahr des Verschmelzens betonter Kanten in den distalen Bereichen einer perspektiven Abbildung, sind grafisch differenzierte Kanten schwer nutzbar. Zwei interessante Anwendungen werden jedoch in der Bachelorbeit von Heydt (2016) genannt: Perspektivwirkung und unterschiedliche Objektbetonung. Die Modifikation der Kantenstärke in Abhängigkeit von der Objektentfernung, behandelt in Strothotte und Schlechtweg (2002), verstärkt die Tiefenwirkung einer reinen Konturzeichnung. Die Cartoon-artige, eine Hand-

zeichnung simulierende, Gestaltung von Gebäudekonturen aus Döllner und Walther (2003) akzentuiert dagegen definierte Objekte (Abbildung 7).

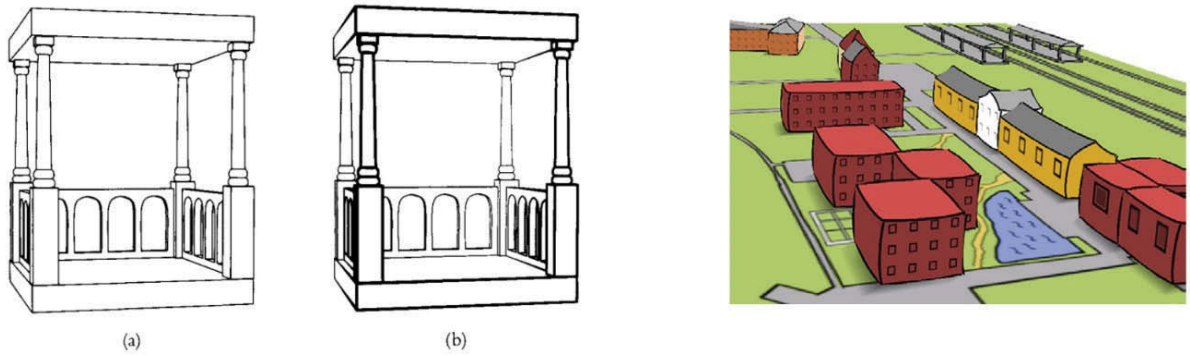


Abbildung 7: Linke Teilabbildung: Die Tiefenwirkung modulierter Strichstärken. Aus Strothotte und Schlechtweg (2002, S. 222). Rechte Teilabbildung: Stilisierte Kantendarstellung. Aus Döllner et al. (2005, S. 6).

Folglich liegt der Gestaltungsschwerpunkt auf der Fläche. Prinzipielle Variable der Flächengestaltung sind im 3D-Kontext Farbe und Textur. Homogene Farbfüllung kompletter 3D-Objekte befördert einen abstrakten Modelleindruck. Genutzt wird „eine unübertroffene selektive Wirkung des Farbtons" (Koch 2007b, S. 176), in der klassischen Kartographie das grafische Mittel zur qualitativen Differenzierung schlechthin. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 9 in Kapitel 6, wo Farbtöne die gesamte funktionale Typisierung ausdrücken. Weitere vorteilhaft einsetzbare Farbwirkungen sind Assoziation (unmittelbar einsichtig z. B. bei *Grün*flächen) und Konvention (Koch 2007b, S. 177 f.). In einem Stadtmodell könnten Flächenfarben unmittelbar assoziativ entsprechend reale Fassadenfarben simulieren. Dies allerdings nur in der Theorie, da es sich um ein recht variables Gebäudemerkmal handelt und auch die Differenzierung von Nichtgebäudeobjekten erschwert wäre.

Die *Oberflächentextur* ist im NPR-Modell das variabelste Gestaltungselement. Der alternative Einsatz von Kamerabild, Zeichnung oder mathematisch-prozeduralem Verfahren (vgl. Abbildung 2) für die Texturerzeugung eröffnet unbegrenzte gestalterische Möglichkeiten. Monochrome Texturen (z. B. zeichnerisch generierte), können zudem mit einer Palette von Farben kombiniert werden, wodurch synchron mehr als eine Informationsebene visualisiert würde. Die tradierten Bertin'schen grafischen Variablen eignen sich dabei kaum mehr zur Charakterisierung der Gestaltungsoptionen, weil ihnen die statischen Eigenschaften von Zeichnung oder Druckwiedergabe anhaften. Bildgenese in 3D-Modellierungssoftware simuliert ja das Zusammenspiel von (parametrisch definierten) Oberflächeneigenschaften und Beleuchtung. An solch optisch wirksamen Oberflächenparametern kann man nennen: Oberflächenfarbe(n), Oberflächenmuster, Rauigkeit, diffuse und spiegelnde Lichtreflexion, Leuchten, Transparenz. Diese bildwirksame Gesamtkonfiguration führt allerdings zum Bruch mit der 1:1-Relation zwischen Zeichen und semantischem Objekt, einem Paradigma der klassischen Karte. Denn je nach Betrachtungswinkel, Distanz, Blickwinkel und Beleuchtung müssen Objekte derselben Objektklasse weder im Modellkontext noch in sich selbst mehr einheitlich erscheinen. Nur zur Veranschaulichung kann man sich eine nächtliche Beleuchtungsszenerie denken, in der nur mehr selektiv Konturen und Texturen von einigen Vordergrundobjekten, aber insgesamt kaum noch Farben vorhanden sind. Hier bestimmen Perspektive und Lage zur Lichtquelle, aber nicht mehr der Objekttyp die Sichtbarkeit.

Neben Quellen von Texturen sollten noch kurz Prinzipien ihres Einsatzes diskutiert werden: Bildtexturen oder real wirkende prozedural erzeugte Texturen eignen sich nicht nur zur individuellen Objektgestaltung, sondern können auch als *Prototyptextur* einer Objektkategorie (Prechtel et al. 2013) dienen. In letztgenannter Funktion wurde der Gebäudebestand des Dorfes Tuekta mittels neun verschiedener Grundtypen modelliert, bei denen lediglich eine lokale Angleichung der Prototypen an reale Grundrisse erfolgte (Schmidt 2011). Der Siedlungscharakter ist trotz dieser Reduktion gut nachvollziehbar (vgl. Abbildung 8).

Abbildung 8: Blick auf den Ort Tuekta im 3D-Modell.

In anderem Projektkontext, dem digitalen 3D-Modell der Übertageanlagen eines denkmalgeschützten ehemaligen Steinkohlebetriebs in Ölsnitz/Erzgebirge (Jentsch 2015), besteht die Idee zur Modellerweiterung um eine variable Fassadendarstellung, in der alternativ vorhandene *Aufrisszeichnungen* oder aktuelles *Fotomaterial* als Texturquelle wählbar sind. Dies ermöglicht den Vergleich zwischen architektonischem Entwurf und aktuellem Zustand.

Als weiteres, themenunabhängiges Anwendungsbeispiel nicht-fotorealistischer Texturierung möge hier abschließend die semantische Generalisierung genannt werden. Eine echte Neubildung von Objekten durch Aggregation von 3D-Objekten niedrigerer Objektkategorien, in 3D zweifellos aufwändiger als im 2D-Raum, kann grafisch realtiv einfach durch Vergabe einheitlicher prozeduraler Texturen innerhalb der höheren Typklasse substituiert werden.

5.7 EXPRESSIVITÄT EINER RAUMDARSTELLUNG

Expressivität ist neben Effektivität und Angemessenheit eine der Grundforderungen an (nichtkünstlerische) Visualisierung (Schumann 2001). Expressivität in der Sicht der Visualisierungstheorie zielt darauf, dass „nur die in den Daten enthaltenen Informationen, und nur diese, in der Visualisierung dargestellt werden“ (Schumann et al. 2013, S. 9). Dem Fachbegriff der technischen Visualisierung steht ein anderes Verständnis in der Kunsttheorie gegenüber. Osborne beginnt den Aufsatz „Expressiveness in the Arts“ mit einer Kurzdefinition: Der Schlüsselbegriff bezieht sich hier auf eine „Kombination von Eigenschaften eines künstlerischen Produkts, die den Effekt haben, es mit Gefühl oder Emotionen in Beziehung zu setzen“ (Osborne 1982, S. 19). Beide Expressivitätsbegriffe sind auf kartographische Darstellungen anwendbar. Dezidiert gestalterische Modifikationen, abgesehen von Eingriffen in

den Farbraum der Bilder, sind in fotografisch texturierten 3D-Modellen nicht offensichtlich. Der technischen Expressivitätsforderung – unverfälschte Darstellung der enthaltenen Information – wird problemlos entsprochen. Das Kriterium Expressivität im künstlerischen Sinne ist aber nur dort anwendbar, wo ein gestalterisches Konzept dominiert. Es baut hingegen keinen Widerspruch zu einer realistischen Anmutung eines Modells auf: Zahlreiche Computerspiele beinhalten fiktionale Landschaftsszenerien in mehr oder weniger fotorealistischer Präsentation. Hier ist hohe Expressivität sogar essentiell für den Erfolg (Nitsche 2008). Bei Landschaftsmodellen als Informationsmedium hingegen eignen sich nur NPR-Modelle zur Diskussion. Deren immenser Freiraum an grafischer Variabilität korreliert mit einem ähnlich großen Spektrum an möglicher Expressivität.

5.8 KOMPAKTHEIT

Eine durchaus wesentliche Motivation für nicht-fotorealistische 3D-Geovisualisierung liegt in der vergleichsweise geringen Sensibilität stilisierter Texturen gegenüber starker Verkleinerung, wie sie speziell die Betrachtung auf mobilen Endgeräten mit sich bringt (Jahnke et al. 2009). Mit mobiler Nutzung verbunden ist – hardwarebedingt – auch eine stärkere Relevanz des Aufwandes für das Rendering einer Szene, sofern letzteres nicht Server-seitig erfolgt. Am Beispiel einer typischen Hochhaus-Rasterfassade sieht man, wie Vereinfachung und Abstraktion durch digitale Bildverarbeitungsschritte den Texturspeicherbedarf mehr als halbieren (Jahnke et al. 2008, S. 10). Die publizierten Beispiele zu einer Reduktion der Bilddetails und Kompression der Textur lassen sich noch erweitern um den Einsatz von zeichnerischen Texturen, deren grafische Dichte und Abstraktionsgrad sich noch stärker anpassen lassen als im Fall von Bildtexturen, zumal bei monochromen Versionen. Auch sei ergänzt, dass für echte Fototexturen wesentliche eindeutiger grafische Auflösungsgrenzen existieren als für skizzenhaft ausgeführte Zeichnungen.

6 AUSGEWÄHLTE GESTALTUNGSBEISPIELE

In diesem Aufsatz können nur wenige Gestaltungsvarianten konkret vorgestellt werden. Sie spiegeln einen unmaßgeblichen Anteil aller möglichen Präsentationsformen eines „schematischen“ 3D-Modells, hier des 3D-Campusmodells der TU Dresden.

Das erste Visualisierungsbeispiel zeigt eine Perspektive auf das Gesamtmodell, bei der gestalterisch nur Form und Flächenfarbe genutzt wurden, jedoch keine echten Texturen. Der gesamte Gebäudebestand ist nur in LoD 1 als sogenanntes „Klötzchenmodell“ wiedergegeben. Ziel der Visualisierung ist die *Betonung des Gebäudebestandes der TU Dresden* im gesamten Gebäudekkontext des Stadtviertels über eine signalrote Erscheinung. Andere Flächen sind mit mehr oder weniger assoziativen Pastellfarben belegt, wobei das Prinzip bestmöglicher Assoziation teilweise zugunsten der Differenzierbarkeit verlassen werden musste. Ein Beispiel ist die farbige Belegung von Hauptstraßenoberflächen gegenüber den weißen Nebenstraßen. Resultat ist eine stark abstrakte, auch durch den relativ steilen Blickwinkel betonte, kartenähnliche Visualisierung.

Das zweite Beispiel stellt den Versuch dar, eine Art prototypisches *allgemeines Orientierungsmodell* zu schaffen, welches für die Betrachtung in etwas größeren Maßstäben als im vorigen Beispiel optimiert ist (Abbildung 10). Wesentliche Veränderungen sind folgende: Der Universitätsgebäudebestand nimmt nun die Rolle von präziser modellierten Landmarks ein. Diese sind in LoD2/LoD3 mit recht genauen Fassaden- und Dachdetails modelliert und mit Fototexturen assoziiert. Für die übrigen Flächen wurde der Versuch unternommen, möglichst

assoziative prozedurale Texturen zu entwerfen. Die Kombination unterschiedlicher Detailgrade der Gebäudemodellierung und -visualisierung ist kein Novum. Sie ist seit Jahrzehnten in touristischen Stadtplänen mit vignettenhaften Aufrissdarstellungen der herausragenden Gebäude (Landmarks) angelegt.

Die Typassoziation (vgl. Kapitel 5.6) funktioniert durch Auswahl eines charakteristischen Phänotyps, so zum Beispiel einer rauhen Ackeroberfläche für die landwirtschaftlichen Flächen. Die Unterscheidung Hauptstraße – Nebenstraße wird durch den glatter und dunkler ausgeführten prozeduralen Asphalt vorgenommen. Der Baumbestand kann innerhalb einer Klasse hinsichtlich Baumart und Dichte moduliert werden. Das Modell gibt bestenfalls Muster, jedoch keine realen Wuchsstandorte korrekt wieder.

Abbbildung 9: Das Campusmodell in Übersicht mit simpler farblicher Kodierung der Objektfunktion. Blickrichtung Südwesten.

In einem dritten Beispiel wird nun der Transport von nicht-topographischer Information demonstriert (Abbildung 11). Auch hier dürfte ähnlich wie im vorherigen Beispiel eine Hochhausperspektive mit Betrachtungsdistanzen um die 100 m zur Bildmitte ideal für den Informationstransfer sein. Der Visualisierungsfokus liegt diesmal auf dem *Gebäudebestand*, welcher nach Typ und Bauphase differenziert ist. Die grafische Verschlüsselung erfolgt über Texturierung aus Handskizzen, in die charakteristische Fassadenmerkmale einer Bauperiode eingearbeitet wurden, meist ohne dass ein exakt definiertes bauliches Vorbild existiert. Die Prototyptexturen folgen zumindest in Annäherung dem im Modell vorhandenen Alters- und Stilspektrum. Die Methodik ist auf jede andere Siedlung übertragbar; gute assoziative Wirkung bedingt jedoch eine Adaption von Teilen eines derartigen Skizzenarchivs auf lokale/regionale architektonische Varietäten. Zumindest für Bauten bis zum 2. Weltkrieg dürfte dies gelten. Im hier wiedergegebenen Modellausschnitt von Abbildung 11 fanden „Musterfassaden" folgenden Typs Eingang: Mehrfamilienhaus Historismus, Mehrfamilienhaus „Fin de Siecle", Genossenschaftsbauten der Zwischenkriegszeit/frühe Moderne, Mehrfamilienhaus 1930er

Jahre, DDR-Geschoßwohnungsbau der 1960er Jahre in konventioneller Bauweise, Lückenschließung 1970er Jahre, Geschoßwohnungsbau nach 1990, Garagenkomplex und Behelfsflachbau der Nachkriegszeit. Der Vegetationsbestand ist in dieser Variante nur angedeutet – technisch gesprochen zu hohem Prozentsatz transparent –, um den Blick auf die Fassaden nicht zu verdecken. Straßen- und Grünräume sind ähnlich wie die Fassaden prozedural handskizzenhaft umgesetzt, jedoch in Form synthetischer Texturen.

Das grafische Spiel mit typisierenden, zeichnerisch gestalteten Fassaden ist auch insofern eine interessante Modellvariante als die individuelle Texturanpassung auf jeden Baukörper mit geringem Aufwand und dabei durchaus grob über Verschiebung und Skalierung der Prototyp-Textur realisiert werden kann. Die a-priori skizzenhafte Ausführung lässt solch eine partiell mangelhafte geometrische Passung der Textur als kaum störend erscheinen.

Abildung 10: Das Campusmodell aus (fiktiver) Hochhausperspektive. Universitätsgebäude erscheinen als Landmarks mit Fototextur. Alle anderen Flächentexturen wurden prototypisch für die im Modell vorhandenen Typklassen entworfen und versuchen, eine gute bildliche Assoziation herzustellen. Gelbe Marker auf den Klassen VFH - Fahrbahn einer Hauptstraße, VFb - Fahrbahn einer Nebenstraße, VGs – Gehsteig, VCy – Radweg, VGl – Straßenbahngleis, GSt – Straßengrün.

Abbildung 11: Modellausschnitt Münchner Platz in skizzenhafter Modellwiedergabe mit Fokus auf Gebäudebestand und Architektur. Im Bildvordergrund das fototexturierte Modell des Georg-Schumann-Baus der TU Dresden, im Mittel- und Hintergrund typisierend texturierte Gebäude.

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Eine intensive theoretische und praktische Beschäftigung mit der Gestaltung objektstrukturierter 3D-Geomodelle erscheint sinnvoll. Großmaßstäbige Modellbildung kann sich heute auf operationelle Sensorik zur detailreichen Erfassung von 3D-Oberflächen stützen. Ein Übergang von $2^1/_2$D-Modellen auf flächendeckende strukturierte 3D-Modelle, in denen jede Fläche nicht nur eine Bildtextur, sondern auch definierte Semantik besitzt, ist möglich und zumeist sinnvoll.

Eine solche Modellbasis bietet gestalterischen Freiraum, welcher über den in der klassischen Kartengestaltung hinausgeht. Dabei stellen *Fototexturen und NPR-Texturen* keinerlei Konkurrenz, sondern im besten Fall *Darstellungsoptionen* dar, die alternativ in einem browserbasierten Interface angeboten werden. Ebenso können sie innerhalb einer Darstellung komplementär eingesetzt werden, indem z. B. „Landmarks“ eine fotografische, alle anderen Flächen eine skizzenhafte oder gerechnete Texturen erhalten. Somit kann bereits die Texturquelle eine Informatisonskategorie kodieren.

Der Vorteil der freien Gestaltbarkeit dreidimensionaler Flächen in einem variablen Abstraktionsgrad macht es möglich, über ein 3D-Modell Information zu transportieren, die sich nie oder nicht sicher in einem fotografischen Landschaftsabbild erkennen lässt. Dies wird möglich, indem die Modellobjekte selbst über spezifisch gestaltete Visualisierungsattribute zum Informationsträger werden. Sichtbarkeiten können dabei gezielt gesteuert werden, denn ein Fokus z. B. auf der Architektur leidet unter Verdeckungen durch Vegetation und umgekehrt. Sichtbarkeit funktioniert nicht nur als Schalter, sondern – wo gewünscht – auch graduell über Transparenzsteuerung. Die Oberflächengestaltung kann – sofern nicht nur Form sondern auch Semantik existieren – auf nahezu jeden intendierten thematischen Fokus reagieren. Texturierung reicht von einer simplen Farbbelegung über verschiedene Formen der Zeichnung bis zu detailierten Bildern, die wiederum objektbezogen-ikonisch oder typbezogen-ikonisch

eingesetzt werden können. Durch diese Gestaltungsregister wird der Unterschied zum Einsatz von 3D-Landschaftsmodellen als statischer räumlicher Bezugsgrundlage deutlich. In letzteren wird thematische Information in eine eigene unabhängige Modellebene („Overlay") gepackt, welche zuschaltbare 2D oder 3D-Signaturen enthält, aber nur über die Koordinaten mit dem Basismodell verbunden ist.

Abschließend soll angemerkt sein, dass die Frage, ob die in diesem Beitrag vorgestellten 3D-Darstellungsformen größere Verbreitung finden könnten und werden, nicht nur von der erwähnten Verfügbarkeit strukturierter 3D-Modelle und kreativen Gestaltungslösungen abhängen dürfte, sondern auch von einer ganz primär technischen Frage. Diese richtet sich auf die Etablierung einer stabilen und nachhaltigen Client-Server-Technologie, die ohne Plugins und proprietäre Softwaremodule Datenbank-gespeicherte 3D-Objekte in variabler Darstellungsform effizient rendert und in einem Standardbrowser ausgibt.

DANKSAGUNG

In der jahrelangen Beschäftigung mit verschiedenen Aspekten der 3D-Modellerzeugung und Modellvisualiserung haben sich vor allem zwei Personen, nämlich Herr Dr. Hetze (bis Februar 2016 Leiter der Arbeitsgruppe Visualisierung am Rechenzentrum der TUD) und Herr Dr. Münster (Leiter der Abteilung Mediendesign am Medienzentrum der TUD) als wesentliche Partner erwiesen. Ich schulde ihnen meinen Dank für das entgegengebrachte Interesse, die hervorragende und kompente Zusammenarbeit in verschiedenen Projekten und den jederzeit freundschaftlichen Charakter unseres Austausches.

LITERATUR

Abend, P. (2013): Geobrowsing. Google Earth und Co. – Nutzungspraktiken einer digitalen Erde. Transcript Verlag, Bielefeld, 426 S.

Airey, J. M., Rohlf, J. H., Brooks, Jr., F. P. (1990): Towards Image Realism with Interactive Update Rates in Complex Virtual Building Environments. ACM Computer Graphics (Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics), Vol. 24(2), S. 41-50.

Bourque, E. (2006): Image-based procedural texture matching and transformation. McGill University Montreal, 134 S.

Bruhm, K., Buchroithner, M.F., Hetze, B., Gindele, M. (2012): True-3D Visualization of Glacier Retreat in the Dachstein Massif, Austria: Hard- and Softcopy Displays. In: Buchroithner, M. (Hrsg.): True-3D in Cartography: Autostereoscopic and Solid Visualization of Geodata. LNGC, Springer, Berlin/Heidelberg, S. 105-117.

Buchroithner, M.F. (2016): Will paper maps remain smart apps? Kartographische Nachrichten, Vol. 66(1), S. 3-6.

Buchroithner, M.F. (2015): Laser-scanning of complex cave systems and animated cave visualisation. 27th International Cartographic Conference, Rio de Janeiro / Brazil.

Döllner, J., Buchholz, H. (2005): Real-Time Expressive Rendering of City Models. In: 22th International Cartographic Conference (ICC 2005) A Coruña, Spain, July, 11-16, 10 S.

Forkert, G., Kerschner, M. (2015): Automatische Texturierung von 3D Stadtmodellen in der Anwendung. In: Kersten, T. (Hrsg.): Bridging Scales - Skalenübergreifende Nah- und Fernerkundungsmethoden. 35. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, 16. – 18. März 2015, Köln, S. 123-131.

Göbel, R., Freiwald, N. (2008): Texturen für 3D-Stadtmodelle – Typisierung und Erhebungsmethodik. In: Schrenk, M. et al. (Hrsg.): Proceedings REAL CORP 008, Vienna, May 19-21, S. 659-663.

Gombrich, E.H. (2000): Art and Illusion. A Study in the Psychology of Pictorial Representation. Millennium Edition, Princeton, 512 S.

Häberling, C. (2003): „Topografische 3D-Karten“: Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze. Dissertation ETH Zürich Nr. 15379, 167 S. und Anhang, Zürich.

Hard, G. (1982): Zu Begriff und Geschichte von „Natur“ und „Landschaft“ in der Geographie des 19. und 20. Jahrhunderts. In: Hard, G. (Hrsg.): Landschaft und Raum. Aufsätze zur Theorie der Geographie, Band 1. Universitätsverlag Rasch, Osnabrück, S. 171-210.

Heydt, E. (2016): Nicht-photorealistische Gebäudegestaltung im 3D-Modell – Konzepte, Optionen, Tests. Bachelorarbeit Institut für Kartographie der TU Dresden, Betreuer: Dr. Prechtel, 52 S.

Hurni, L. (2007): Interaktive kartographische Schnittstellen als Analyse- und Visualisierungswerkzeuge für Umweltdaten. Nova Akta Leopoldina NF 94 (349), S. 115-130.

Kammerlohr, O. (1997): 20. Jahrhundert - Vom Expressionismus zur Postmoderne. Broehr, W. et al. (Hrsg.): Epochen der Kunst, Bd. 5, Oldenburg Schulbuchverlag, München.

Jahnke, M., Meng, L., Kyprianidis, J.E., Döllner, J. (2008): Non-photorealistic Visualisations on Mobile Devices and its Usability Concerns. Virtual Geographic Environment 2008, Hongkong.

Jahnke, M., Fan, H., Meng, L. (2009): A User Perspective on Typification of Façade Features of 3D Building Models. Proceedings of International Cartography Conference, Santiago de Chile, Nov., 15-22, 2009

Jentsch, M. (2015): Die Übertageanlagen des Kaiserin-Augusta-Schachts in Ölsnitz/Erzgeb. – Dokumentation im GIS- und 3D-Modell. Diplomarbeit Institut für Kartographie der TU Dresden, Betreuer: Dr. Prechtel, 115 S.

Koch, W.G. (2007a): Zum Wesen der Begriffe Zeichen, Signatur und Symbol in der Kartographie. In: W.G. Koch (Hrsg.): Beiträge zur wissenschaftlichen Kartographie. TUDpress, Dresden, S. 9-20.

Koch, W.G. (2007b): Semiotische, ästhetische und technische Aspekte der kartographischen Farbanwendung. In: W.G. Koch (Hrsg.): Beiträge zur wissenschaftlichen Kartographie. TUDpress, Dresden, S. 175-185.

Landsdown, J., Schofield, S. (1995): Expressive Rendering: A Review of Nonphotorealistic Techniques. IEEE Computer Graphics and Applications 1995, S. 29-37.

Lorenz, H. (2010): Texturierung und Visualisierung virtueller 3D-Stadtmodelle. Dissertation in der Wissenschaftsdisziplin Informatik der Universität Potsdam, Potsdam, 120 S.

Neef, E. (1967): Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Hermann Haack, Gotha, 152 S.

Neudeck, S. (2001): Gestaltung topographischer Karten für die Bildschirmvisualisierung. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, H. 74, Neubiberg.

Nitsche, M. (2008): Video Game Spaces: Image, Play, and Structure in 3D Worlds. MIT Press, Cambridge, MA, 305 p., ISBN 978-0-262-14101-7.

Osborne, H. (1982): Expressiveness in the Arts. In: The Journal of Aesthetics and Art Criticism, 41(1), S. 19-26.

Peachy, D. (2003): Building Procedural Textures. In Ebert, D.S., Musgrave, F.K., Peachey, K. Perlin, K. and Worley, S. (Hrsg.): Texturing & Modeling: A Procedural Approach. Morgan Kaufmann Publishers, S. 7-94.

Prechtel, N. (2015): On strategies and automation in upgrading 2D to 3D landscape representations. Cartography and Geographic Information Science (CaGIS) 42:3, S. 244-258. DOI: 10.1080/15230406.2014.987696.

Prechtel, N., Münster, S., Kröber, C., Schubert, C., Schietzold, S. (2013): Presenting Cultural Heritage Landscapes - From GIS via 3D Models to Interactive Presentation Frameworks. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, II-5:W1, S. 253-258.

Prechtel, N. (2004): Fließgewässer in Geoinformationssystemen – Repräsentation, ausgewählte Integritätsanforderungen und Verfahren der Konsistenzherstellung. – Theorie 2004. Kartographische Bausteine, Bd. 26, Institut für Kartographie, TU Dresden, S. 124-135.

Prechtel, N. (2001): Stichwort “Digitales Landschaftsmodell”. In: Bollmann, J., Koch, W. G. (eds.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. http://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/digitales-landschaftsmodell/988, letzter Zugriff Aug. 2006

Rilling, (2006): Prozedural erstellte digitale Landschaftsmodelle auf der Basis von ATKIS-DLM und DGM Daten. Diplomarbeit im FB Informatik, Universität Koblenz/Landau, Betreuer: Prof. Müller und Prof. Grosch, 99 S.

Sandner, E. (1982). Zur Maßstabsreihe der landschaftskundlichen Karten, insbesondere der Karten der naturräumlichen Ordnung. Vermessungstechnik, 30, S. 190-193.

Sandner, E. (2014): Die Theorie der geographischen Dimensionen. meta–carto–semiotics - Journal for Theoretical Cartography, Vol. 7., 6 S., http://meta-carto-semiotics.org/uploads/mcs_vol7_2014/MCS_Vol7_2014_Sandner.pdf, letzter Zugriff Aug. 2006

Schnürer, R., Eichenberger, R., Sieber, R., Hurni, L. (2015): 3D Charts – Taxonomy and Implementation in a Virtual Globe. Revista Brasileira de Cartografia = Brazilian Journal of Cartography 67(5), S. 1055-1065.

Schirra, J.R.J., Scholz, M. (1998): Zwei Skizzen zum Begriff ‚Photorealismus' in der Computergrafik. In: Sachs-Homach, K., Rehkämper, K. (Hrsg.): Bild - Bildwahrnehmung - Bildverarbeitung: Interdisziplinäre Beiträge zur Bildwissenschaft, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, S. 69-78.

Semmo, A., Trapp, M., Kyprianidis, J. E., Döllner, J. (2012): Interactive Visualization of Generalized Virtual 3D City Models using Level-of-Abstraction Transitions. In: Bruckner, S, Miksch, S., Pfister, H. (Hrsg.): Eurographics Conference on Visualization (EuroVis), Vol. 31, S. 885-894. DOI: 10.1111/j.1467-8659.2012.03081.x

Schmidt, M. (2011): Landschaft und Archäologie im virtuellen 3D-Modell. Beispiel „Ethno-Nature Park Uch Enmek". Diplomarbeit Institut für Kartographie der TU Dresden, Betreuer: Dr. Prechtel u. Dr. Münster, 139 S.

Schubert, C. (2013): Verbesserte Grafik und Integration für das 3D-Landschaftsmodell des Ethno-Nature Parks „Uch Enmek" (Altai) unter Verwendung von OpenWebGlobe. Studienarbeit Institut für Kartographie der TU Dresden, Betreuer: Dr. Prechtel u. Dr. Münster, 66 S.

Schumann, H. (2001): Stichwort „Wissenschaftliche Visualisierung". In: Bollmann, J., Koch, W. G. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. http://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/wissenschaftliche-visualisierung/5299

Schumann, H., Müller, W. (2013): Visualisierung: Grundlagen und allgemeine Methoden. Springer, Berlin/Heidelberg, 370 S.

Strothotte, T., Schlechtweg, S. (2002): Non-photorealistic Computer Graphics. Modeling, Rendering and Animation. Morgan Kaufmann Publ., San Francisco, 496 S.

INTERNETQUELLEN

BKG - Bundesamt für Kartographie und Geodäsie: „Digitale Landschaftsmodelle" https://www.bkg.bund.de/DE/Produkte-und-Services/Shop-und-Downloads/Digitale-Geodaten/Landschaftsmodelle/landschaftsmodelle.html, letzter Zuriff August 2016

Geoinformatik-Service: Stichwort „Digitales Landschaftsmodell (DLM)". http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=549, letzter Zugriff August 2006

Google Earth Blog: http://www.gearthblog.com/blog/archives/2014/09/google-earth-automatically-generated-3d-mesh.html, letzter Zugriff August 2016

McShea: Intro to procedural textures. http://www.upvector.com/?section=Tutorials&subsection=Intro%20to%20Procedural%20Textures, letzter Zugriff August 2016.

STUDIENANGEBOTE IM UMFELD KARTOGRAPHIE UND GEOMATIK AN DEN TRADITIONELLEN STÄTTEN GRUNDSTÄNDIGER KARTOGRAPHIE-LEHRE IN DEUTSCHLAND – EIN VERGLEICH

Gertrud Schaab
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

1 EINLEITUNG

In Bezug auf seine Ausbildungszentren auf dem Gebiet der Kartographie nannte Ormeling (2008) Deutschland führend. Traditionell sind hier fünf Hochschulen bekannt für ihre grundständige Kartographie-Ausbildung (Tabelle 1), darunter die Technische Universität (TU) Dresden. Die anderen vier Hochschulen, an denen man Kartographie als selbstständigen Studiengang studieren konnte, gehören dem Hochschultyp Fachhochschulen (FH) an, die heute zunehmend (in Baden-Württemberg seit 2010) als Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) bezeichnet werden. Während das Studium an einer FH bzw. HAW als anwendungsorientiert gilt und bereits zu einem berufsqualifizierenden Bachelor-Abschluss führt, wurde der Kartographie-Bachelor an der TU Dresden „nur" als berufsbefähigend eingestuft mit der Erwartung eines zusätzlich Master-Studiums, welches auf die Verbindung von Lehre und Forschung setzt (Koch 2013). Die Möglichkeit eines dezidierten Kartographie-Studiums (Tabelle 1) begann bereits 1936 in Berlin. In den 1950er Jahren folgten die Studiengänge in München und Dresden. Als letztes kam 1978/79 die Studienmöglichkeit in Karlsruhe hinzu. Eine Sonderrolle nahm von Anfang an die TU Dresden ein, deren Studienangebot zur Kartographie auch nach der Wende 1989 als eigenständiger universitärer Studiengang erhalten blieb.

Hochschullehre ist im ständigen Wandel begriffen. Davon sind in noch stärkerem Maße die Ingenieurstudiengänge betroffen, zu denen die Kartographie-Hochschulausbildung zählt. Änderungen ergeben sich als ständige Reaktion auf den technologischen Wandel mit immer kürzeren Lebenszyklen als auch auf die zunehmend vielfältigeren Möglichkeiten, die sich seit der Umstellung von der analogen auf die digitale Arbeitswelt ergeben haben. Zusätzlich hat die Bologna-Deklaration von 1999 zu erheblichen Veränderungen in der deutschen Hochschullandschaft geführt: aus Sicht der Fachhochschulen, die darin ihre Chance sahen (siehe Einführung von Bachelor- und Master-Studiengängen zur Kartographie bzw. Geomatik an der Hochschule Karlsruhe bereits 2000 bzw. 2001, Tabelle 1), führten diese jedoch eher zu einer Anpassung der universitären Lehre an die Stärken der Ausbildung an Fachhochschulen als umgekehrt.

Heute finden sich an den FH bzw. HAW bereits Bachelor- und Master-Studiengänge im Angebot, die fast alle bereits einmal wenn nicht mehrfach überarbeitet wurden, um den technologischen Entwicklungen gerecht zu werden, aber auch aufgrund der gemachten Erfahrungen. Die Hochschule München durchläuft derzeit den Prozess einer Studienreform für ihren seit 2006/2007 erfolgreichen Bachelor-Studiengang (Kirschenbauer, persönliche Kommunikation). An der Hochschule Karlsruhe wird über eine Neuausrichtung des International Geomatics-Master nachgedacht, besteht dieser in seinem derzeitigen Aufbau doch bereits seit 2007/08. 2014/15 (Tabelle 1) erfolgte lediglich die Zusammenführung der vorher separat geführten konsekutiven und nicht konsekutiven Studiengänge in einen mit nun vier Varianten. An der HTW Dresden sowie an der Beuth Hochschule für Technik Berlin wurde das Studienangebot erst kürzlich überarbeitet. Auffallend für die TU Dresden ist dagegen, dass dort die Umstellung von Diplom auf Bachelor zeitlich als letztes erfolgte. Hier ergab sich leider keine Chance der Fortentwicklung, da der Bachelor-Studiengang zum Wintersemester (WS) 2013/14 aus hochschulpolitischen Gründen (Burghardt, persönliche Kommunikation) eingestellt wurde. Umso aktiver engagiert sich die TU Dresden bezüglich ihres Master-Studienangebots.

Von daher scheint es spannend, sich alle Studienangebote im Umfeld Kartographie und Geomatik an den fünf Hochschulen zum jetzigen Zeitpunkt vorzunehmen und Vergleiche zu ziehen. Dies soll in Anlehnung an die für die Analyse der Veränderungen von Fächergruppen-Lehranteilen über 35 Jahre Kartographieausbildung an der Hochschule Karlsruhe entwickelte (Schaab 2014a bzw. 2014b) und ebenfalls erfolgreich für den Vergleich von Studienangeboten an jeweils einer Hochschule in Deutschland, Südafrika und den USA (Hodza et al. 2015) eingesetzte quantitative Methode erfolgen. Dies wurde bereits in Schaab (2014b) vorgeschlagen, um den direkten, visuellen Vergleich zwischen den heutigen Angeboten an den traditionellen Ausbildungsstätten in Deutschland zu möglichen. Aus gegebenem Anlass findet hierbei der ausgelaufene Bachelorstudiengang „Kartographie und Geomedientechnik" der TU Dresden noch Berücksichtigung.

2 DAS STUDIENANGEBOT HEUTE

An der **Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft (HsKA)** gibt es seit dem WS 2012/13 den 7-semestrigen Bachelor-Studiengang „Geoinformationsmanagement" in seiner jetzigen Form mit 60 Studienplätzen (für Details siehe Günther-Diringer at al. 2013). Er ersetzt an der 2012 neu zusammengeführten Fakultät für Informationsmanagement und Medien (IMM) die bis dahin gefahrene Schiene zu Kartographie und Geomatik (siehe Schaab 2014).

Tabelle 1: Übersicht zu den grundständigen Studiengängen im Umfeld Kartographie und Geomatik in Deutschland (Schaab 2014, Teil von Tabelle 1, aktualisiert).

	Kartographie-Studiengang seit	**Name aktueller Bachelor- und Master-Studiengänge**	**seit (B-/M-Angebot seit)**
an Hochschulen (FH, HAW)			
Beuth Hochschule für Technik **Berlin** (Beuth HS)	Mai 1936	Bachelor „Geoinformation" – Studienschwerpunkte u.a. „Angewandte Geoinformatik", „Geomedien und Kartographie"	2015/16 (2005/06)
		Master „Geoinformation" – Studienschwerpunkt u.a. „Geoinformatik und Kartographie"	2015/16 (2005/06)
Hochschule für Technik und Wirtschaft **Dresden** (HTW DD)	in 1954	Bachelor „Kartographie/ Geoinformatik"	2014/15 (2007/08)
		Master „Geoinformatik/ Management" (konsekutiv)	2014/15 (2010)
		Master „Geoinformatik/ Management" (nicht konsekutiv)	2014/15 (2009/10)
Hochschule **Karlsruhe** – Technik und Wirtschaft (HsKA)	1978/79	Bachelor „Geoinformationsmanagement" – Vertiefung u.a. „Kartographie und Geomedien"	2012/13 (2000/01)
		International Master „Geomatics" (4 Varianten)	2014/15 (2001/02)
Hochschule **München** (HM)	1950	Bachelor „Kartographie| Geomedientechnik"	2006/07
		Master „Geomatik" – Schwerpunkt u.a. „Kartographie und Geomedientechnik" (Teilzeit möglich)	2012/13
an Universitäten			
Technische Universität **Dresden** (TUD)	1955/56	Bachelor „Kartographie und Geomedientechnik" *(keine neuen Anfänger zu 2013/14)*	2008/09
		Master „Geoinformationstechnologien"	2011/12
		International Master „Cartography" (zusammen mit TU München, TU Wien & ITC–University of Twente)	2011/12

Dabei sind nun drei Vertiefungsrichtungen im Angebot: „Geomarketing", „Kartographie und Geomedien" sowie „Umwelt" (Tabelle 2). Dieses Wahlangebot bedeutet bei insgesamt 27 Modulen sich unterscheidende sechs pro Vertiefungsrichtung, dies nach dem Grundstudium der beiden ersten Semester. Für einen Masterabschluss bietet die HsKA ein Internationales Master-Programm in Geomatics auf Englisch an, dies bereits seit WS 2001/02 mit offiziell 15 Studienplätzen (für beide Studiengänge findet sich eine detaillierte Beschreibung in Schaab 2014b). Die Änderung zum WS 2014/15 beinhaltete neben geringfügigen Anpassungen im

Modulangebot (im Vgl. zur Darstellung in Schaab 2014b: ein weiteres Modul zu Navigation und mobilem GIS als Alternative zu Open Source GIS unter den Pflichtmodulen im 3. Semester sowie Satellitenbildanalyse nur noch als Wahlpflichtfach) insbesondere die Zusammenfassung des konsekutiven Geomatik-Master (3 Semester, für die eigenen Absolventen) mit dem nicht konsekutiven Geomatics-Master (4 Semester, für internationale Studenten oder solchen anderer deutscher Hochschulen) in eine Studien- und Prüfungsordnung. Die Konsequenz ist das Handling von vier Varianten, um zusätzlich den Doppelabschluss mit der UPV (Universidad Politécnica de Valencia) abzudecken. Mittlerweile gilt, dass wer von den deutschen Studierenden ein Lehrsemester an einer ausländischen Universität verbracht hat, dies eventuell bereits während des Bachelor-Studiums (siehe Angebot Bachelor-Plus), als Abschluss die Bezeichnung „International Master" erhält. Die Umstellung hatte zur Konsequenz, dass von allen 120 ECTS CP (Credit points) für den Master-Abschluss benötigt werden. Studiert jemand konsekutiv, bekommt er 30 CP aus dem Bachelor-Studium anerkannt (vgl. Tabelle 2). Die Dauer der Studienabschlussarbeiten beträgt drei bzw. fünf Monate und führt zum Bachelor of Science bzw. Master of Science. Durch die Vorschaltung einer Seminararbeit, die der Einarbeitung in das Thema dient, währen die Bearbeitungszeiten rund einen Monat länger.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Studienangebote im Umfeld Kartographie und Geomatik an den traditionellen Kartographie-Lehrstätten in Deutschland

Hochschule/ Universität	HsKA		HM		Beuth HS		HTW DD		TUD		
	B (60)*	**M** (15)	**B** (60)	**M** (30)	**B** (88)	**M** (44)	**B** (40)	**M** (30)	**(B)** (20)+	**M** (20)+	**M** (20)+
Unterrichts-sprache	Deutsch	Englisch	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Englisch
Schwerpunkte / Vertiefung (Besonderheit)	Geomarke-ting; Kartogra-phie u. Geomedien; Umwelt	(Internatio-nal; Dop-pelabschluss mit UPV möglich)	-	Kartogra-phie u. Geomedien-technik; Ange-wandte Geodäsie; Navigation	Angewan-dte Geoin-formatik; Geodäsie; Geomedien u. Karto-graphie	Geodäsie; Geoinfor-matik u. Kartogra-phie	-	-	-	-	(Internatio-nal; 4 Uni-versitäten involviert, Stipendien)
Studienbeginn	zum WS	zum WS bzw. SS od. WS	zum WS	zum WS od. SS	zum WS	zum WS	zum WS	zum WS bzw. SS od. WS	zum WS	zum WS od. SS	zum WS
Dauer (davon Grundstudium)	7 Sem. (2)	3 bzw. 4 Sem.	7 Sem. (2)	3 (bzw. 6) Sem.	6 Sem. (-)	4 Sem.	7 Sem. (-)	3 bzw. 4 Sem.	6 Sem. (-)	4 Sem.	4 Sem.
Semesterwoch-enstunden (für alle, frei wählbar)	140 (115 für alle, 6 frei wählb.)	69 (43 für alle, 38 plus 4 von 6 frei wählbar)	145 (16 frei wählbar)	49 (17 für alle, 16 frei wählbar)	117 (43 für alle, 32 frei wählbar)	63 (26 für alle, 13 frei wählbar)	146 (2 frei wählbar)	50 bzw. 70 (10 bzw. 30 frei wählbar)	119 (10 frei wählbar)	38 (plus Exkursion) - 43 (15-20 frei wählbar)	ca. 54 plus Exkursion (ca. 17 von 34 plus 2 Fernmodule frei wählb.)
ECTS / Leist-ungspunkte	210	120 (konsek.: 30 anerkannt)	210	90	180	120	210	90 bzw. 120	180	120	120
Module (pro Sem.)	27 (5)	15 (5)	34 (6)	12 (6)	30 (6)	17 (5-6)	23 (z.T. über 2 Sem.)	10 bzw. 15 (5)	24 (z.T. über 2 Sem.)	11 (z.T. über 2 Sem.)	ca. 14 (4-6) (von 24)
Wahlpflicht-bereiche	6 Module pro Vertiefung	1 aus 2 sowie 6 aus 11 Modulen u. 2 aus 3 Kursen	3 aus 12 u. 1 Modul Studium Generale	4 aus 8 Modulen (je 2 aus anderen Schwer-punkten)	6 Module mit 2 Alternati-ven sowie 2 aus 26 u. 1 Modul Studium Generale	3 (aus 20) u. 2 Module Studium Generale	1 Modul (Studium Integrale, Englisch od. Ökologie)	5 aus 8 für 1. nicht kons. Sem. (je nach Vor-kenntnissen) u. 2 aus 4 Modulen	1 aus 2 Modulen (Geogr. & Kartogr., Multimedia & VR) u. 1 Fremdspr.	5 aus 8 Modulen sowie für 2 bzw. 3 aus empfohlenen 23 Kursen	15 Module (TUM 6, TUW 0, TUD 7, ITC 2)
Praxissemester / Praktikum	95 Tage	-	20 Wochen	-	12 Wochen**	-	mind. 18 Wochen	250-300 Std. Projektstud.	8 Wochen	-	-
Dauer Ab-schlussarbeit	3 Monate plus Seminar	5 Monate plus Seminar	6 Monate	6 Monate	3 Monate	5 Monate	10 Wochen	5 Monate	10 Wochen (Zeitfenster festgelegt)	5 Monate	22 Wochen (Zeitfenster festgelegt)
Abschluss	B.Sc.	M.Sc. (z.T. Double degree)	B.Eng.	M.Eng.	B.Eng.	M.Sc.	B.Eng.	M.Eng.	B.Sc.	M.Sc.	M.Sc. Joint degree

* Studienplätze ** ggf. Berufstätigkeit anerkannt + interne Zielgrößen zu Absolventen

Die **Hochschule München (HM)**, genauer die Fakultät für Geoinformation (zu ihren Studiengängen siehe Krzystek et al. 2015), fährt seit WS 2006/2007 ihren sehr gut nachgefragten 7-semestrigen Bachelor-Studiengang „Kartographie|Geomedientechnik" mit 60 Studienplätzen. Dieser Studiengang führt zum Bachelor of Engineering. Im Gegensatz zum Bachelor-Studiengang an der HsKA fällt auf (Tabelle 2), dass pro Semester nicht fünf sondern sechs Module zu belegen sind. Dies führt zu insgesamt 34 Modulen. Nur 16 von insgesamt

145 Semesterwochenstunden (SWS) sind frei wählbar. Hier haben die Studierenden neben einem Modul Allgemeinwissenschaften zudem die Möglichkeit, drei aus zwölf Kompetenzfeldern zu belegen, die jedes Jahr aktuell festgelegt werden und ein breites Feld insbesondere von kartographischen Anwendungen abdecken. Die Bachelor-Thesis kann in einem Zeitfenster von bis zu sechs Monaten bearbeitet werden, die vergebene CP entsprechen aber einem Workload von drei Monaten (Kirschenbauer, persönliche Kommunikation) und somit ist die Bachelor-Arbeit im Umfang vergleichbar mit denen an den anderen hier betrachteten Hochschulen. Da das Seminar zur Bachelor-Thesis hier anders gehandhabt wird als an der HsKA, ist es nicht in Tabelle 2 aufgeführt. Der Master-Studiengang „Geomatik" (seit WS 2012/13, 30 Studienplätze) kann an der HM auch in Teilzeit studiert werden, jedoch muss diese Entscheidung vorab fallen. Als Studienschwerpunkte gibt es „Kartographie und Geomedientechnik", „Angewandte Geodäsie" und „Navigation" (Tabelle 2). Damit wird deutlich, dass der Master, wie an der HsKA auch, ebenso den Absolventen der geodätischen Bachelor-Studiengänge offensteht. Als 3-semestriger Studiengang ist er so konzipiert, dass Studierende zum Winter (WS) - oder Sommersemester (SS) beginnen können, d. h. die Reihenfolge des Besuchs der Lehrveranstaltungen im ersten und zweiten Semester spielt keine Rolle. Bezüglich des Studienaufbaus haben die Kollegen der HM ein sehr klares Konzept favorisiert: pro Semester gibt es zwei Pflichtmodule, je nach Schwerpunkt kommen zwei weitere Module hinzu. Zudem müssen die Studierenden jeweils noch zwei aus den vier für die beiden anderen Schwerpunkte angebotenen Modulen wählen. Damit ergeben sich für die teilnehmenden Master-Studenten für den Wahlpflichtbereich variierende vier aus acht Modulen. Beim Master-Studium der HsKA sind es ein aus zwei Alternativen sowie sechs aus elf Modulen (plus noch zwei aus drei Kursen bei einem Modul), was deutlich mehr Ressourcen bedeutet. Dies wird auch bezogen auf die SWS deutlich (Tabelle 2): Im Master-Angebot der HM sind nur 16 SWS frei wählbar, im Master-Angebot an der HsKA 38 plus vier aus sechs SWS, wobei dies auch zwei Module zum Erwerb sogenannter Softskills sowie von Sprachkenntnissen umfasst, eines davon im ersten Semester. In München sind für die Erarbeitung des Master-Thesis sechs Monate veranschlagt, der Studienabschluss führt zum Master of Engineering.

An der **Beuth Hochschule für Technik Berlin** (im Folgenden **Beuth HS**) im Fachbereich III Bauingenieur- und Geoinformationswesen wurde zum WS 2015/16 sowohl das Bachelor- als auch das Master-Studienangebot im Umfeld Kartographie und Geomatik neu aufgestellt (Tabelle 1). Einen großen Wurf stellt das neue 6-semestrige Bachelor-Angebot dar, mit dem 88 Studienanfänger anvisiert werden. Unter der Studiengangbezeichnung „Geoinformation" verbergen sich drei Studienschwerpunkte: „Angewandte Geoinformatik", „Geodäsie" und „Geomedien und Kartographie" (Tabelle 2). D. h. hier wurde bereits auf Bachelor-Level die Geodäsie mit integriert und läuft nicht mehr separat wie an der HsKA oder der HM. Bei sechs Modulen pro Semester, einer deutlich kürzeren Praxiszeit (12 Wochen, wobei frühere Berufstätigkeit anerkannt werden kann) und somit dem Verzicht eines ganzen Praxissemesters ergeben sich insgesamt 30 Module. Von diesen sind elf für alle gleich. Zusätzlich gibt es sechs Wahlpflichtmodule, bei denen zwischen zwei Alternativen gewählt werden kann. Dabei ist angegeben, welche Alternative sich für welchen Schwerpunkt anbietet. Bei zwei zusätzlichen Wahlpflichtmodulen kann aus 26 frei gewählt werden. Auch vom Angebot anderer Studiengänge darf Gebrauch gemacht werden. Zusätzlich ist studienbegleitend ein Modul im Studium Generale zu belegen. Hinzu kommen noch zehn Schwerpunktmodule. Dies klingt überaus ressourcenintensiv, denn nur 43 von 117 SWS sind für alle. Jedoch ist zu beachten, dass hier die Geodäsie als Studienrichtung mit integriert ist. Aber im Gegensatz zur Handhabung der Vertiefungsrichtungen an der HsKA, mit nur sechs frei wählbaren SWS, erlaubt der Bachelor-Studiengang an der Beuth HS für 32 SWS Wahlmöglichkeiten (Tabelle 2).

In der Praxis wird bei den zwei aus 26 frei wählbaren Wahlpflichtmodulen bereits für die Lehrplanung eine Umfrage unter den Studierenden durchgeführt, um die vier meistgewünschten zu eruieren mit dem Ziel, diese dann auch zu realisieren (Schweikart, persönliche Kommunikation). Während das Bachelor-Studium zu einem Bachelor of Engineering als Studienabschluss führt, wird beim Master-Studium der Master of Science verliehen. Mit identischer Bezeichnung („Geoinformation") bietet er für 44 Studierende zwei Studienschwerpunkte an: „Geodäsie" und „Geoinformatik und Kartographie" (Tabelle 2). Nach sich so stark voneinander unterscheidenden Studienschwerpunkten beim Bachelor-Studiengang fragt man sich jedoch, ob dieses Angebot eine konsequente Weiterbildung für die eigenen Absolventen der zwei nun zusammengefassten Schwerpunktrichtungen überhaupt zulässt. Dabei setzt das Master-Studienangebot mit vier Studiensemestern speziell auf den 6-semestrigen Bachelor-Studiengang auf und beginnt in der Konsequenz auch nur zum Wintersemester. Von den insgesamt 17 Modulen sind elf Pflichtmodule und sechs Schwerpunktmodule. Die Vielseitigkeit ergibt sich hier dadurch, dass drei Wahlpflichtmodule die Möglichkeit der Wahl aus 20 bieten (auf Antrag zusätzlich auch aus dem Master „Umweltinformation", der ebenfalls an der Beuth HS angeboten wird; in der Praxis stehen dann aber nach Vorabstimmung unter den Studierenden sechs zur Auswahl) sowie zwei Module Studium Generale zur Wahl stehen. Während im Bachelor-Programm wie ebenfalls in den Studienangeboten an der HM einzelne Veranstaltungen (in den Modul-handbüchern sind insbesonders die der Fernerkundung ausgewiesen) auf Englisch angeboten werden können, führt die Beuth HS in ihrem Master-Programm diesen Zusatz im Modulhandbuch für vier der generellen Pflichtmodule sowie für alle Wahlpflicht- und Schwerpunktmodule an.

Die **Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden** (in dieser Veröffentlichung mit **HTW DD** abgekürzt) hat ihr Studienangebot zum WS 20014/15 neu aufgesetzt (Tabelle 1). Neben einem Bachelor-Studiengang „Vermessung/Geoinformatik" gibt es an der Fakultät Geoinformation auch einen zu „Kartographie/Geoinformatik" (Tabelle 2; Jäschke & Müller 2016). Von 40 Studierenden (Sollwert) werden in sieben Semestern 23 Module belegt, wobei sich einzelne Module auch über zwei Semester erstrecken. Nur zwei von insgesamt 146 SWS sind frei wählbar. Dies betrifft ein einziges Wahlpflichtmodul bei Wahl zwischen einem Angebot des Studium Integrale, Englisch oder Ökologie. Die Dauer der Abschlussarbeit ist auf zehn Wochen beschränkt, was ca. drei Monaten entspricht. Wie an der HM wird an der HTW DDfür den Bachelor- als auch den Master-Abschluss der „of Engineering" vergeben. Das Master-Angebot „Geoinformatik/Management" (Tabelle 2) mit 30 Studienplätzen gibt es als konsekutiven und als nicht konsekutiven Studiengang. Damit erinnert es stark an das Angebot an der HsKA, welches bis 2014 (SPO 4) für die Sichtbarkeit nach Außen ebenfalls als zwei separate Studiengänge geführt wurde. Den Unterschied zwischen der konsekutiven und der nicht konsekutiven Variante macht bei diesem Modell alleinig das erste Studiensemester, welches in der nicht konsekutiven Version hinzukommt. Dieses besteht aus fünf Modulen, die je nach vorhandenen Vorkenntnissen bei einem nicht als einschlägig ingenieurwissenschaftlich orientierten ersten Studienabschluss mit starkem Geodatenbezug eingestuften oder einem nur 6-semestrigen Bachelor-Studiengang zur Geodatenverarbeitung zum Schließen von Wissensdefiziten genutzt wird. Hier werden im persönlichen Gespräch mit dem Studiendekan (Müller, persönliche Kommunikation) fünf aus acht grundlegenden Modulen belegt, die der Geodäsie, Kartographie, Informatik oder GIS-Anwendungen zugeordnet sind und so der Homogenisierung zwischen den Studierenden dienen. Bei diesem Modell ergeben sich die bei Schaab (2014b) erläuterten Synergieeffekte sowie die Chance für konsekutiv Studierende, dass sie sowohl zum Winter- als auch zum Sommersemester beginnen können (Tabelle 2). Im Programm für alle sind die Wahlmöglichkeiten auf zwei Module beschränkt, bei denen lediglich jeweils zwischen zwei Alternativen gewählt werden kann. Eine Besonderheit

dieses Master-Angebots stellt das „Projektstudium“ dar, welches 250-300 Stunden umfasst und an der Hochschule selbst oder aber bei Praxispartnern absolviert werden kann.

Die **Technische Universität Dresden (TUD)** hatte bis zum WS 2012/13 den zum WS 2008/09 eingeführten Studiengang „Kartographie und Geomedientechnik“ im Angebot (Tabelle 1), das erste welches zum Bachelor of Science führte und nicht mehr zum Titel des Diplomingenieurs. Er ging über sechs Semester. Auch hier waren Module vertreten, welche über zwei Semester reichten. Bei 24 Modulen insgesamt konnte zwischen zwei Schwerpunktmodulen (Geographie und Kartographie oder Multimedia und VR) gewählt werden bei gleichzeitiger Belegung einer Fremdsprache. Dies entsprach zehn von 119 SWS. Obwohl an einer Universität angesiedelt, war ein Praktikum über acht Wochen vorgesehen (Tabelle 2). Trotz langer Tradition findet sich heute an der TUD kein Bachelor-Studienangebot mehr im Bereich Kartographie. Umso mehr bemüht man sich aber auf Master-Level um attraktive Angebote, wobei an der TUD bei allen Studiengängen nicht Sollzahlen hinsichtlich zu füllender Studienplätze maßgeblich sind, sondern interne Zielgrößen zu Absolventen, die ausgebildet werden sollen (Tabelle 2; Burghardt, persönliche Kommunikation). An der zwischenzeitlich in Umweltwissenschaften umbenannten Fakultät ist zum einen der 4-semestrige Master-Studiengang „Geoinformationstechnologien“ verortet. Er ermöglicht die Spezialisierung im Bereich Geovisualisierung neben der zu Geodateninfrastrukturen und Geoinformations (GI)-Diensten oder der zu Photogrammetrie und Fernerkundung und betont seine Forschungsorientiertheit. Nur sechs Module sind Pflichtmodule. Sie bilden mit Ausnahme eines das erste Semester und sorgen für die nötigen Grundlagen. Für das zweite und dritte Semester sind je nach Interesse fünf weitere Module aus acht Wahlpflichtmodulen zu wählen. Bei den beiden grundlegenden Modulen zu Schlüsselqualifikationen sowie Ergänzung zu Informatik und Geowissenschaften sind vier bzw. mindestens sechs SWS aus Katalogen zu belegen, wobei 23 Kurse explizit empfohlen bzw. als Vorschläge gelistet werden. Damit ergeben sich 38 (plus Exkursion) bis 43 SWS insgesamt, von denen 15 bis 20 SWS die frei wählbaren ausmachen (Tabelle 2).

Nicht so überzeugend erscheint der Autorin aufgrund des Studienaufbaus die Möglichkeit des Studienbeginns auch zum Sommersemester, auch wenn hierfür ein individuell abgestimmter Studienablaufplan versprochen wird. Zum anderen ist die TUD im ebenfalls mit einem Master of Science abschließenden und vier Semester beanspruchenden, internationalen Studiengang „Cartography“ involviert (siehe Peters et al. 2013). Er wird seit WS 2011/12 von erst drei, nun vier Universitäten zusammen angeboten und seit WS 2015/16 als Erasmus Mundus-Studiengang für fünf Jahre durch die EU gefördert, was großzügige Stipendien möglich macht. Dabei übernimmt das erste Studiensemester – insbesondere zur Harmonisierung der unterschiedlichen Studienhintergründe – die Technische Universität München, genauer der Lehrstuhl für Kartographie an der Ingenieurfakultät Bau Geo Umwelt. Neben vier Pflichtmodulen stehen weitere sechs Module zur Wahl, wobei mit den Pflichtmodulen bereits 22 der pro Semester geforderten 30 ECTS CP abgedeckt werden. Im zweiten Semester geht es an die Technische Universität Wien (Österreich). Hier bietet das Institut für Geodäsie und Geoinformation und speziell die Forschungseinheit Kartographie vier Module an, die alle Pflicht sind und zu 30 ECTS CP führen. Im dritten Semester steht dann die TUD an mit nur einem Pflichtmodul und der Wahl zwischen sieben weiteren Modulen. Dabei ist die Exkursion ins Hochgebirge mit Geländearbeit Pflicht und führt bereits zu neun ECTS CP. Solch eine Exkursion mit Geländepraktikum im Hochgebirge hat sonst nur noch die HM in ihrem Bachelor-Studiengang im Angebot. Hinsichtlich der Wahlpflichtmodule ergibt sich eine Überlappung mit den frei wählbaren und der Säule Geovisualisierung zugeordneten Modulen im Master-Studiengang „Geoinformationstechnologien“. Zusätzlich werden als Wahlpflicht-

module zwei weitere Module des ITC (Universität Twente, Holland) als Fernkurse angeboten. Hier bietet die Fakultät Geo-Information Science and Earth Observation über die Einbindung des Department of Geo-Information Processing den Erwerb von Kompetenzen im Bereich Datenbanken und Räumlicher Entscheidungssysteme an, wobei diese beiden Module nur im Wintersemester belegt werden können. Damit sind insgesamt 24 Module im Angebot, von denen neun Pflicht sind und zwischen 15 gewählt werden kann (Tabelle 2), wobei jedoch pro Semester 30 CP erlangt werden müssen. Die frei wählbaren SWS entsprechen dabei in etwa einem Drittel der SWS insgesamt, soweit dies aufgrund der Vielfalt an Wahlmöglichkeiten, der Heterogenität bezüglich vorgesehener SWS und CP sowie den Fernkursen überhaupt abgeschätzt werden kann. Eine Besonderheit im Vergleich zu allen anderen hier vorgestellten Studiengängen stellt sicherlich das feste Zeitfenster für die Bearbeitung der Master-Thesis (bei freier Wahl an einer der involvierten Universitäten) dar, wie es bereits beim Bachelor-Studiengang an der TUD gehandhabt wurde. Wie auch der internationale Master-Studiengang an der HsKA ist der „Cartography"-Master vollständig englischsprachig und als forschungsorientiert akkreditiert, führt jedoch zu einem Joint degree aller involvierten Universitäten.

3 DER QUANTITATIVE VERGLEICH

Der quantitative Vergleich der Studiengänge erfolgt nach Semesterwochenstunden, wie dies bereits in Schaab (2014a bzw. 2014b) angewandt wurde. Hier handelt es sich aber nicht um einen Vergleich über die Zeit, sondern es geht um den Vergleich von Studiengängen zum gleichen Zeitpunkt. Dabei werden identische Kategorien für die Fächergruppen berücksichtigt. D. h. auch hier erfolgt die Zuordnung von Graphischer Datenverarbeitung zu GIS (hier erweitert um den Begriff GI-Dienste), von Digitaler Bildverarbeitung zu Photogrammetrie und Fernerkundung und von Kartenprojektionen und Referenzsystemen zu Vermessung/Geodatenerfassung. Planung wird der Geographie zugeordnet, Recht den Fächerübergreifenden/ Allgemeinen Qualifikationen. GIS und GI-Dienste beinhaltet zunehmend auch Lehrveranstaltungen zu Geo-Datenbanken, Geodateninfrastrukturen oder GeoIT, letzteres als bevorzugter Begriff an der Beuth HS. Die Zuordnung erfolgt für alle SWS je Modul entsprechend dem Schwer-punkt, es sei denn die SWS sind einzeln ausgewiesenen Kursen zuzuordnen. Wahlpflicht-fächer oder -bereiche werden als extra Klasse ausgewiesen. Dargestellt werden die Fächer-gruppenanteile als gegliederte Stabdiagramme.

Auf **Bachelor-Ebene** zeigt Abbildung 1 im Gegensatz zur Darstellung bei Schaab (2014b) prozentuale Anteile für alle drei Vertiefungsrichtungen an der HsKA. Im Vergleich zu Hodza et al. (2015; dort aber nach CP) wird nun Projektmanagement der Betriebswirtschaft zugeordnet. Insgesamt unterscheidet sich die Vertiefungsrichtung „Kartographie und Geomedien" (K&G) viel deutlicher von den beiden anderen Vertiefungsrichtungen. Bei jenen ist der Bereich GIS und GI-Dienste deutlich stärker vertreten (21% bzw. 19% gegenüber 14%). Bei der Vertiefungsrichtung „Geomarketing" (GM) schlägt der Bereich Betriebswirtschaft mit 12% zu Buche, bei „Umwelt" (U) die Bereiche Vermessung/Geodatenerfassung sowie Photogrammetrie und Fernerkundung mit 26% (gegenüber 16%). Auffallend ist der 27%-starke Anteil zu Informatik und Mathematik im Vergleich zu allen anderen Bachelor-Studiengängen, die hier untersucht wurden. Nur der ehemalige Bachelor-Studiengang an der TUD hatte einen noch stärkeren Anteil Mathematik mit 18%, wobei die Informatik dort aber nur mit 3% abgedeckt war. An der HM wird für den Studiengang „Kartographie|Geomedientechnik" im Vergleich zum HsKA-Studiengang „Geoinformationsmanagement" bei Vertiefung „Kartographie und Geomedien" sofort der deutlich größere Umfang von Lehrveranstaltungen

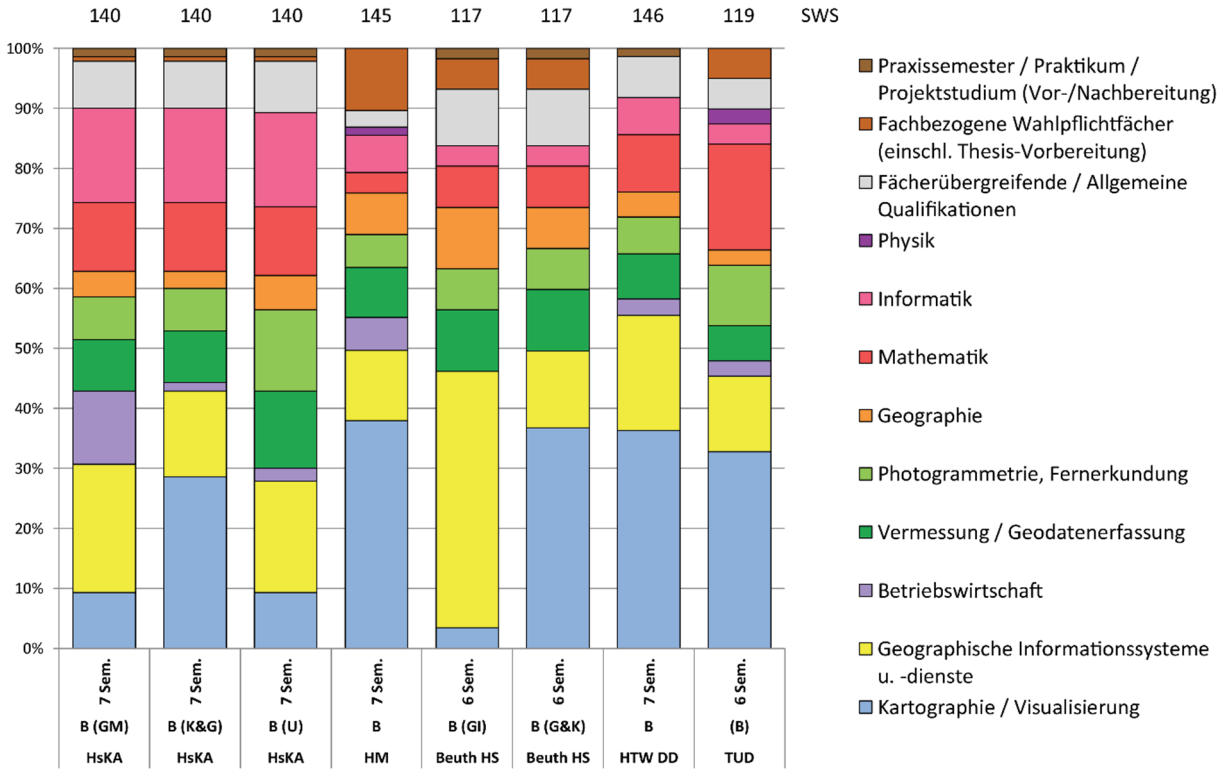


Abbildung 1: Lehranteile nach Fächergruppen und Semesterwochenstunden in den Bachelor-Studiengängen an den traditionellen Kartographie-Lehrstätten in Deutschland.

zu kartographischen Studienfächern ersichtlich: 38% gegenüber 29% Fächer, die der Kategorie Betriebswirtschaft (6%) sowie der Geographie (7%) zugeordnet sind, sind hier stärker vertreten. Sonst fällt die Physik auf (1%), auf deren Vermittlung als eigenständiges Modul im Studiengang an der HsKA ganz verzichtet wird. Zudem ergibt sich ein größerer Bereich fachbezogener Wahlpflichtfächer (10%), da drei Kompetenzfach-Module nach Wahl belegt werden können. Der Bereich GIS und GI-Dienste ist in München mit knapp 12% am schmalsten vertreten. Bei der Geodatenerfassung spielen ausdrücklich auch Fachdaten unterschiedlichster geowissenschaftlicher Disziplinen eine Rolle. Das neue Studienangebot zu „Geoinformation" an der Beuth HS ist in der Abbildung mit den Studienschwerpunkten „Angewandte Geoinformatik" (GI) sowie „Geomedien und Kartographie" (G&K) vertreten. Für die anteilige Darstellung wurde bezüglich der Wahlpflichtmodule bereits eine Auswahl zwischen den jeweils angebotenen zwei Alternativen getroffen, hier jeweils der Eignungsempfehlung bzw. der fachlich näherliegenden Variante folgend. Damit ergibt sich für den Studienschwerpunkt GI ein Schwerpunkt von insgesamt 43% auf Lehrveranstaltungen zu GIS und GI-Diensten. Auf diesen Bereich fallen für den Schwerpunkt G&K nur 13%. Dafür deckt die Kartographie hier 37% ab, die bei GI nur mit 3% vertreten ist. Auffallend ist zudem, dass der Studienschwerpunkt GI die geographischen Fächer mit 10% von allen dargestellten Studienvarianten am stärksten berücksichtigt, der zu G&K mit 7% aber noch ähnlich stark ist wie an der HM. Die Festlegung bei den Wahlpflichtmodulen lässt den Bereich der Wahlpflichtfächer entsprechend klein erscheinen (hier nur zwei Module). An der HTW in Dresden fällt im Studiengang „Kartographie/Geoinformatik" der Kartographie-Bereich vergleichbar stark wie beim Studienschwerpunkt G&K an der Beuth HS aus (36%), der Bereich GIS und GI-Dienste ist mit 19% jedoch deutlich stärker vertreten. Sonst werden den Grundlagen der Mathematik und Informatik gegenüber denen zu Vermessung/ Geodatenerfassung mehr Bedeutung beigemessen, dies insgesamt auch auf Kosten der Geographie. Der gegliederte Stab macht zudem deutlich, dass es – mit Ausnahme eines

Moduls im Bereich Fächerübergreifende/Allgemeine Qualifikationen (Tabelle 2) – keine Wahlmöglichkeiten gibt. Der ehemalige TUD-Bachelor-Studiengang „Kartographie und Geomedientechnik" hatte neben der bereits genannten breiten mathematischen Ausbildung (18%) einen Anteil von 33% in der Kartographie/Visualisierung. Damit wies er einen stärkeren kartographischen Anteil als bei K&G-Vertiefung an der HsKA (29%) auf, lag bzw. würde aber hinter den Kartographie-starken Angeboten an der HM, Beuth HS und der HTW (36-38%) liegen. Im Vergleich zu fast allen anderen Studiengängen war an der TUD die Ausbildung im Bereich Photogrammetrie und Fernerkundung mit 10% (gegenüber sonst 6-7%, Ausnahme HsKA aufgrund Vertiefung U mit 14%) stärker berücksichtigt. Zudem waren wie in allen derzeitigen Studienangeboten außer an der Beuth HS ein paar SWS im Bereich Betriebswirtschaft ausgewiesen. Darüber hinaus war hier die Physik mit 2,5% vertreten, die sich derzeit nur noch im Lehrangebot der HM findet. Die Geographie war ähnlich schmal präsent wie derzeit an der HsKA bei Vertiefung K&G. Insgesamt gilt es bei der Abbildung zu beachten, dass die Bachelor-Studiengänge an der Beuth HS und der ehemalige an der TUD sich nur über sechs Semester erstrecken, alle anderen jedoch über sieben (siehe Anzahl der SWS insgesamt bzw. Tabelle 2).

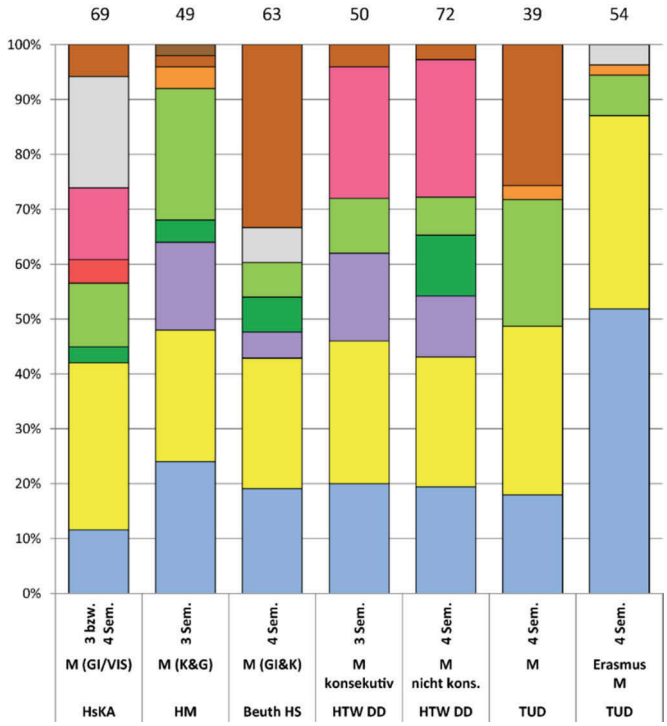


Abbildung 2: Lehranteile nach Fächergruppen und Semesterwochenstunden in den Master-Studiengängen an den traditionellen Kartographie-Lehrstätten in Deutschland.

Während bei den Bachelor-Studiengängen die anteilige Kombination von immer zehn bis elf Fächerkategorien eine Rolle spielt, sind es auf **Master-Ebene** (Abbildung 2) zwischen fünf bis acht Kategorien. Beim Master-Studium an der HsKA werden bei den Anteilen die SWS von vier Semestern berücksichtigt, auch wenn er in drei Semestern studiert werden kann (dann Anerkennung der Leistungen für erstes zusätzliches Semester aus dem Bachelor-Studium). Dargestellt sind hier die Anteile bei einer Auswahl von Wahlpflichtmodulen insbesondere aus dem Bereich GIS und GI-Dienste bzw. Kartographie/Visualisierung anstelle der geodätischen Module. Überdurchschnittlich groß fällt hier der Anteil Fächerübergreifende/Allgemeine Qualifikationen mit 20% aus. Für die HM ist ihr Master-Angebot „Geomatik" bei Schwerpunktlegung auf „Kartographie und Geomedientechnik" dargestellt, wobei bei aus den anderen Schwerpunkten zu belegenden Fachmodulen hier solche gewählt wurden, die

insbesondere den Bereichen GIS und GI-Dienste oder Photogrammetrie und Fernerkundung zuzuordnen sind. Beim Master-Studiengang „Geoinformation" der Beuth HS, hier für den Studienschwerpunkt „Geoinformatik und Kartographie" dargestellt, wurde bezüglich der drei Wahlpflichtmodule keine Auswahl getroffen, da insgesamt 20 zur Verfügung stehen. Zudem steht bei den beiden Modulen Geo-Projektarbeit die fachliche Ausrichtung (außer „Geoinformation") nicht fest. Somit fällt dieser Bereich mit 33% visuell stark ins Gewicht. Die HTW in Dresden ist mit zwei Stäben vertreten, da die nicht konsekutive und die konsekutive Variante als zwei Studiengänge gelten. Für die nicht konsekutive Variante wurden für die Wahlpflichtmodule des ersten Semesters – nur darin unterscheiden sich die beiden – solche gewählt, wie sie z. B. ein Absolvent mit breiter Kartographie-Ausbildung von der TUD oder der Beuth HS bei Wechsel an die HTW wahrscheinlich zu belegen hätte, um eventuelle Wissenslücken zu schließen. Da diese Module neben Informatik, GIS, und Kartographie (Virtual Reality) insbesondere die Geodäsie und Koordinatenreferenzsysteme umfassen, ergibt sich die gezeigte Verschiebung bei den Anteilen. Auffallend groß mit 24-25% ist der Anteil von Modulen im Informatikbereich. Auch bei den beiden hier mit der TUD assoziierten Master-Studiengängen wurde bereits eine Auswahl der zu berücksichtigenden Wahlpflichtmodule getroffen. Beim Master-Studiengang „Geoinformationstechnologien" wurden solche gewählt, die bei Spezialisierung Geovisualisierung nahe liegen, d. h. neben dem Modul mit Geländeexkursion insbesondere den Kategorien GIS und GI-Dienste sowie Kartographie/ Visualisierung zuzuordnende Module. Die Geländeexkursion fällt aufgrund der 1 SWS hier kaum ins Gewicht, bei einer Berechnung nach ECTS CP wären dagegen neun Leistungspunkte zu berücksichtigen. Die 26% für die Kategorie Wahlpflichtfächer ergibt sich aufgrund von zwei Modulen, welche mit Schlüsselqualifikationen und Ergänzung zu Informatik und Geowissenschaften betitelt sind und hier nicht näher eingekreist werden können. Für die anteilige Darstellung nach belegten SWS beim Erasmus-geförderten „Cartography"-Master-Studiengang wurde ähnlich vorgegangen, d. h. wieder Wahlpflichtmodule aus dem GI(S)-Bereich sowie der Kartographie/Visualisierung gewählt. Auch hier fällt die Geländeexkursion aus den bereits genannten Gründen kaum ins Gewicht. Schaut man sich alle sieben Master-Studiengangvarianten in Abbildung 2 gemeinsam an, fallen drei Dinge auf: die kartographischen Anteile sind an der HsKA mit 12% am schwächsten und mit 52% im „Cartography"-Master der TUD am stärksten vertreten, während der Anteil dieser Fächergruppe bei den anderen zwischen 18% und 24% liegt. Der Bereich GIS und GI-Dienste schwankt anteilig nicht so stark, zwischen 24% und 35%, mit 30% an der HsKA und 31% bzw. 35% an der TUD. Sowohl die Beuth HS mit 5% sowie die HM und die HTW mit 16% (für die HTW bezieht sich die Angabe auf die konsekutive Variante) legen Wert auf eine betriebswirtschaftliche Ausbildung im Rahmen ihres Master-Programms. Für das Master-Studium „Geoinformationstechnologien" an der TUD wird eine entsprechende Kursauswahl im Modul Schlüsselqualifikationen empfohlen.

Abbildung 3 zeigt nun die **Kombination von Bachelor- und Master**-Studienangebot pro Hochschule bzw. Universität bezüglich ihrer dabei entstehenden Fächergruppenanteile. Dabei sind nur solche Kombinationen enthalten, die Sinn machen. Z. B. wird für die Vertiefungsrichtung „Geomarketing" beim Bachelor-Studiengang an der HsKA eine Fortsetzung des Studiums mit dem Geomatics-Master nicht wirklich empfohlen. Dies zeigt das Dilemma, wenn bereits auf Bachelor-Ebene verschiedene Spezialisierungsrichtungen angeboten werden, um über ein attraktives Angebot möglichst viele Studienanfänger zu rekrutieren (vgl. Schaab 2014b). Denn dann fällt es schwer, mit einem abgestimmten, weiterführenden Master-Angebot aufzuwarten. Am besten scheint die Abstimmung aus Sicht der Autorin an der HTW in Dresden gelungen zu sein: Haben z. B. die hohen Informatikinhalte beim Master eben noch verwundert (Abbildung 2), so bauen diese auf die begrenzten Informatikanteile im

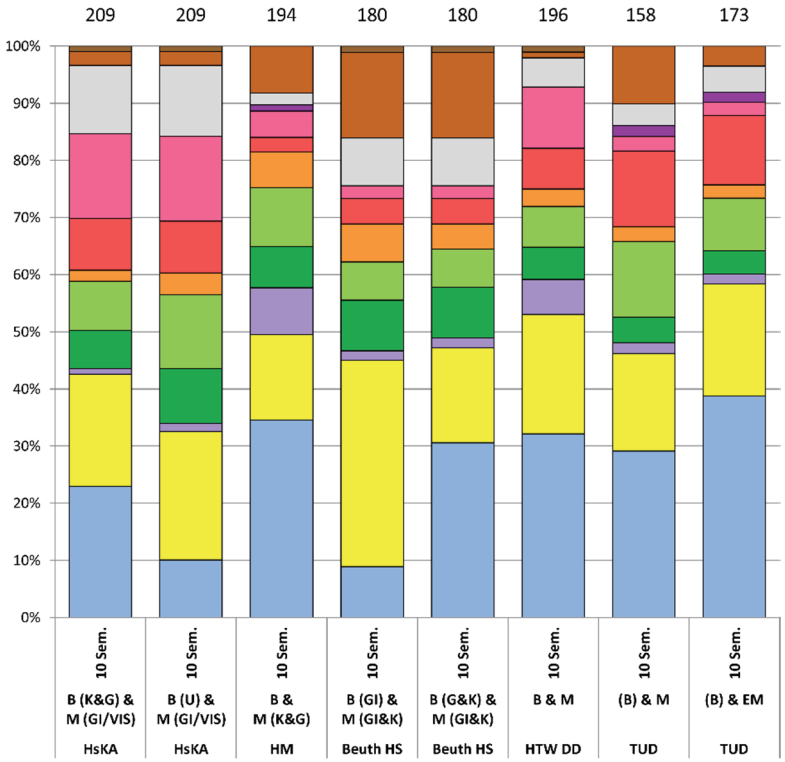


Abbildung 3: Lehranteile nach Fächergruppen und Semesterwochenstunden bei Bachelor- und Master-Studium an den traditionellen Kartographie-Lehrstätten in Deutschland.

Bachelor (Abbildung 1) auf und machen in der Kombination aus Bachelor- und konsekutiven Master-Studiengang am Ende mit der starken Mathematik aus dem Bachelor-Sudium zusammen 18% aus (Abbildung 3). Das käme auch Hochschulwechslern von der TUD entgegen (Abbildung 1). Nur an der HsKA ist die Ausbildung in diesem zusammengefassten Bereich mit 24% stärker vertreten, aber anteilsmäßig ähnlich aufgeteilt. Bezüglich starker Mathematik-Ausbildung zeigt sich die TUD ungeschlagen. Der große Anteil von 12-13% bei Fortsetzung des Studiums auf dem in der Zwischenzeit ausgelaufenen Bachelor (Abbildung 3) ergibt sich jedoch alleinig aufgrund des Bachelor-Studiums (Abbildung 1). Zudem gilt es bei der Variante Master-Studium „Geoinformationstechnologien" zu beachten, dass dieser mit nur 39 SWS (Abbildung 2) bei Aufsetzen auf den Bachelor-Studiengang mit dann zusammen 158 SWS die wenigsten Lehrveranstaltungsstunden aufzuweisen hat. An der HsKA bekommt der Studierende 209 SWS geboten (Abbildung 3). Auffallend sind in Abbildung 3 die relativ großen Anteile zur Fächergruppe Betriebswirtschaft für die HM (8%) und die HTW (6%). Bei Fortsetzung des „Geoinformation"-Bachelor-Studiums der Beuth HS mit dem gleichnamigen Master-Studium relativiert sich der noch für das Master-Studium hervorgehobene diesbezügliche Anteil (Abbildung 2) aufgrund der Nichtberücksichtigung beim Bachelor-Studium (Abbildung1). Entsprechende Relativierungen finden sich auch beim sich abzeichnenden Anteil Fachbezogener Wahlpflichtfächer, wobei die Beuth HS bei Fortsetzung des Master- auf dem Bachelorangebot dann mit 15% den größten Anteil in Abbildung 3 ausweist. Bezüglich der Kartographie-Lehre vertreten die HsKA bei Vertiefung „Umwelt" im Bachelor-Studium mit dem in Abbildung 2 beschriebenen Master-Studium sowie die Studienfolge „Geoinformation" an der Beuth HS bei Studienschwerpunkt „Angewandte Geoinformatik" mit 9-10% das untere Ende, der „Cartography"-Master aufgesetzt auf den ausgelaufenen Bachelor-Studiengang an der TUD mit 39% das obere Ende. Selbst bei Vertiefung „Kartographie und Geomedien" im Bachelor-Studium hat ein Masterabsolvent der HsKA die Kartographie nur anteilig mit 23% „gehört". Bei allen anderen hier einander gegenübergestellten Studienangeboten liegt der Kartographie-Anteil zwischen 29% und 35%

(Abbildung 3). Der Anteil Lehre zu GIS und GI-Diensten schwankt zwischen 15% (HM) und 36% (Beuth HS bei Schwerpunkt GI während des Bachelor-Studiums) bei im Mittel 21%. Sowohl bezüglich der Kartographie- als auch der GI(S)-Anteile sorgt das Aufsetzen des in Abbildung 2 jeweils beschriebenen Master-Studiums auf das Bachelor-Angebot an derselben Hochschule für eine etwas ausgewogenere Verteilung zwischen den hier unter-suchten Hochschulen (Standardabweichung für K von 14 auf 11, bei GI(S) von 10 auf 7).

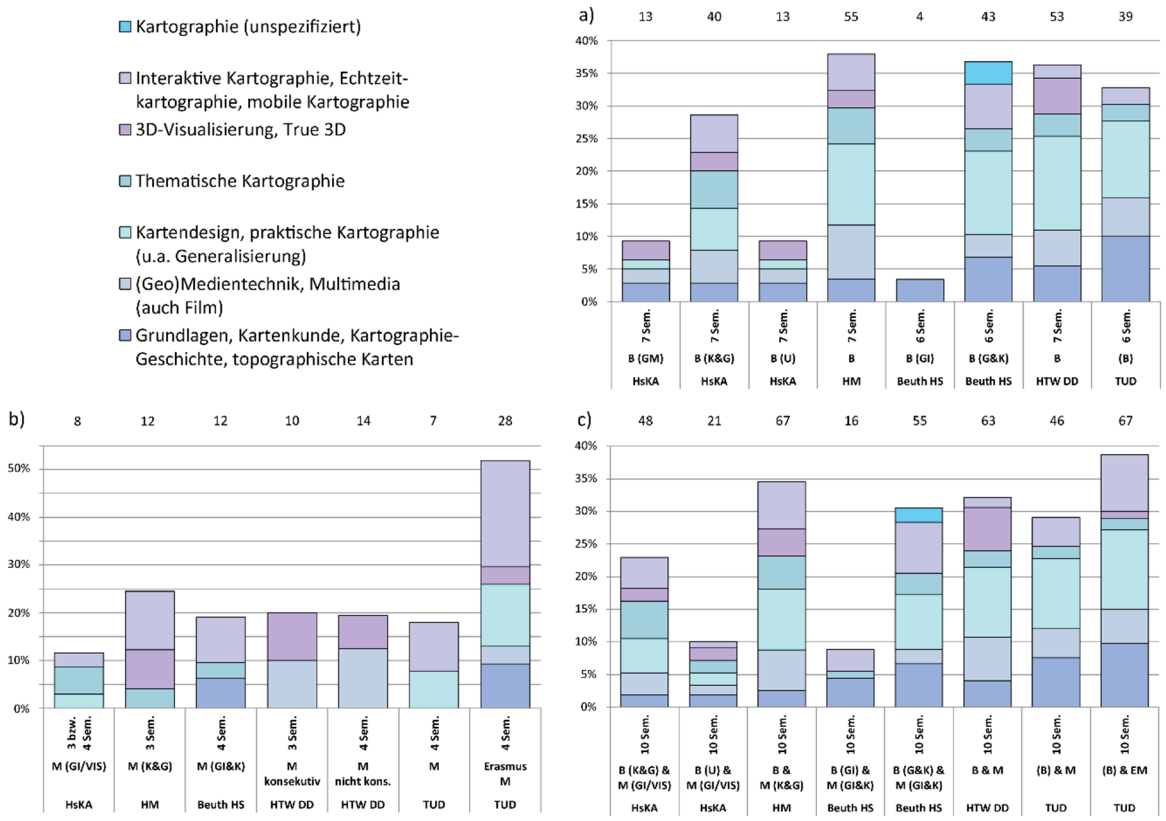


Abbildung 4: Lehranteile nur für die Fächergruppe Kartographie/Visualisierung nach Semesterwochenstunden, kategorisiert in sechs Gruppen, a) in den Bachelor-, b) Master-Studiengängen und c) bei Bachelor- und Master-Studium an den traditionellen Kartographie-Lehrstätten in Deutschland.

Abbildung 4 zeigt nur die Anteile aus den Stabdiagrammen, die in Abbildung 1-3 mit Blau belegt sind, also die der Fächergruppe Kartographie/Visualisierung zugeordneten Semesterwochenstunden. Gleichzeit gliedert sie die Stäbe aber noch nach den **gelehrten Kartographie-Inhalten**. Während die kartographischen Lehranteile bei Schaab (2014a) bzw. Schaab (2014b) aufgrund des Blicks auf die zeitliche Entwicklung hinsichtlich der klassischen, in der analogen Kartographie vorherrschenden Themengebiete unterschieden wurden, wird hier zwischen den folgenden sechs Lehrgebieten unterschieden. 1) Den Grundlagen, früher mit Kartenkunde bezeichnet, zugeordnet wurden Kartographiegeschichtliche Lehrveranstaltungen (nur noch an der TUD im Rahmen des „Cartography"-Master vertreten) sowie all jene, die sich mit topographischen Karten beschäftigen. 2) Die Einheit zu (Geo)Medientechnik schließt auch Multimedia mit ein, wobei an HsKA sowie HM mittlerweile auch die Ausbildung zum Medium Film eine Rolle spielen. 3) Der nächste Bereich umfasst als das, was an den Hochschulen oft mit Kartendesign oder praktischer Kartographie bezeichnet wird. Darunter fallen hier insbesondere auch das wichtige Thema der Generalisierung sowie die Kartenredaktion. 4) Die Thematische Kartographie steht für sich, sobald sich Module oder Lehrveranstaltungen ausschließlich dieses Themengebiets annehmen. 5) Der 3D-Visualisierung wurde das als Besonderheit an der TUD gelehrte True 3D zur Seite gestellt. 6) Und in der

letzten ausgewiesenen Gruppe wurden die moderneren Inhalte der Kartographie-Lehre zusammengefasst, also alles um die interaktive, Echtzeit- oder mobile Kartographie. Darunter fallen dann auch Stichworte wie SVG (siehe HM) oder OGC Standards (siehe Beuth HS), letztere wenn es dabei um die Umsetzung in kartographische Produkte geht. Zusätzlich (7) musste auch noch die Ausweisung von „Kartographie (unspezifiziert)" ermöglicht werden, da es an der Beuth HS ein Modul gibt, welches die Bearbeitung von Projekten aus dem gesamten Umfeld der Geomedientechnik und Kartographie anbietet. An dieser Stelle soll direkt angemerkt werden, dass allein die Berücksichtigung von Modul- oder Lehrveranstaltungsbezeichnungen für die Zuordnung nicht ausreichend ist, da die Begriffe nicht durchgehend gleich verwendet werden (z. B. Generalisierung unter Theoretische Kartographie in Dresden, sonst bei Kartendesign bzw. praktischer Kartographie). Dafür können unterschiedliche „Schulen" bzw. Traditionen der Kartographie-Lehre verantwortlich gemacht werden. Daher wurden jeweils auch die Modulhandbücher studiert mit dem Ziel, vergleichbare Inhalte derselben Fächergruppe zuzuordnen, wobei hier das Lehrgebäude, wie es an der Hochschule Karlsruhe vermittelt wird, Pate stand. Zusätzlich werden an den hier untersuchten Hochschulen die kartographischen Lehrgebiete auch unterschiedlich kombiniert in Modulen zusammengefasst. Diese sind oft „historisch" gewachsen mit der Weiterentwicklung von Studiengängen innerhalb der Studienreformen. Um die Zuordnung handhabbar zu machen, wurden Module in der Regel nur einer Kategorie zugeordnet, es sein denn, es waren einzelne Kurse innerhalb der Module eindeutig unterschiedlichen Kategorien zuzuordnen.

Abbildung 4a zeigt die Verteilung der kartographischen Lehrinhalte für die Bachelor-Studiengänge. Abgesehen vom Studium „Geoinformation" bei Schwerpunkt „Angewandte Geoinformatik" an der Beuth HS, welches in nur 4 SWS die wichtigsten Grundlagen zur Gestaltung und Generalisierung in der Kartographie vermittelt, decken die Lehrveranstaltungen zur Kartographie in allen anderen Bachelor-Studiengängen mit ihren Varianten vier bis sechs der unterschiedenen Bereiche ab. An der HsKA werden in den beiden Vertiefungsrichtungen „Geomarketing" und „Umwelt" Module zur Thematischen Kartographie sowie der moderneren Inhalte wie interaktive Kartographie etc. ausgeklammert. Sonst fällt bei den Studienvarianten an der HsKA die relative Ausgeglichenheit zwischen den Kartographie-Bereichen auf. Dies ist sicherlich dadurch beeinflusst, dass das Einteilungsschema dem besonderen Wissen um und die Verinnerlichung der Lehre an der HsKA geschuldet ist. Bei den Anteilen an der HM fällt auf, dass (Geo)Medientechnik nicht so stark vertreten ist, wie man es aufgrund der Werbung für den Studiengang vielleicht erwarten würde. Jedoch ist der Anteil, der für die Kategorisierung mit Kartedesign und praktischer Kartographie beschrieben wird, deutlich größer als an der HsKA bei Vertiefungsrichtung „Kartographie und Geomedien". Verblüffend ähnlich fallen die Anteile dagegen bezüglich der Kategorien Thematische Kartographie, 3D-Visualisierung und interaktive Kartographie etc. aus. Bei Studienschwerpunkt „Geomedien und Kartographie" an der Beuth HS fallen die Anteile zu (Geo)Medientechnik sowie Thematische Kartographie dagegen deutlich kleiner aus. Insbesondere bezogen auf den Anteil (Geo)Medientechnik kann man hier sicherlich argumentieren, dass er sich gegenüber der praktischen Kartographie oft schwer abtrennen lässt. Der Anteil der sich speziell mit den modernen Entwicklungen der Kartographie beschäftigenden Lehrveranstaltungen (hier subsummiert unter interaktive Kartographie etc.) fällt im Vergleich an der Beuth HS am stärksten aus. An der HTW in Dresden ist es dagegen der Anteil zu 3D-Visualiserung. Und schließlich fällt beim ausgelaufenen Bachelor-Studiengang an der TUD der große Anteil im Bereich kartographische Grundlagen einschließlich der topographischen Karten auf. Dagegen war der Bereich Thematische Kartographie nur marginal vertreten und die moderneren Aspekte noch wenig.

Bei den in Abbildung 4b verglichenen Master-Studienvarianten fällt die Schwerpunktsetzung auf, die sich allein schon aufgrund der reduzierten Semesterwochenstunden erklären lässt. Nur beim „Cartography"-Studiengang sind fünf Bereiche ausgewiesen. An der HsKA fällt als stärkstes die Thematische Kartographie ins Gewicht, an der HM der Bereich zu interaktiver Kartographie etc. An der Beuth HS überrascht der Anteil im Bereich der Grundlagen (Modul zu „Wahrnehmung und Visualisierung"). Die HTW setzt ihre Schwerpunkte bezüglich Geomultimedia und 3D-Stadtmodelle. Beim TUD-Master-Studium zu „Geotechnologien" ergibt sich hier eine Aufteilung zwischen praktischer Kartographie und dem Bereich mit den moderneren Anwendungen der Kartographie. Diese beiden Bereiche dominieren auch das Ausbildungsangebot, wie es hier für den „Cartography"-Master dargestellt ist, wenn insbesondere die kartographischen Wahlmöglichkeiten belegt werden. Hier sei aber auch auf den starken Anteil Grundlagen hingewiesen. Diese Schwerpunksetzungen haben entsprechende Auswirkungen auf die Anteile, die sich bei Kombination der Bachelor- und Masterinhalte pro Hochschule und Studienvariante ergeben (Abbildung 4c). Bei Vertiefungsrichtung „Umwelt" an der HsKA wird innerhalb der 21 SWS alles ein bisschen vermittelt. Bei Vertiefung „Kartographie und Geomedien" während des Bachelor-Studiums ergibt sich eine leichte Schwerpunktlegung auf der Thematischen Kartographie, wie sie seit Gründung des Studiengangs anvisiert wurde (vgl. Musall 2003). An der HM fallen bei insgesamt 67 SWS nun aufgrund der Schwerpunktsetzung im Master- im Vergleich zu den Anteilen beim Bachelor-Studium die Umkehrung bei den drei am oberen Ende der Stäbe platzierten Lehrinhalte auf: 3D-Visualiserung sowie die moderneren Aspekte haben anteilig an Bedeutung gewonnen. Bei durchgängigem Kartographie-Schwerpunkt an der Beuth HS fällt das Fehlen der 3D-Visualiserung als gesonderter Lehrinhalt auf. Im Vergleich zu den anderen Hochschulen fällt zudem der stärkere Anteil an Grundlagen aufgrund eines extra Moduls zu topographischen Karten auf. Die HTW DD „führt" aufgrund ihrer klaren Schwerpunktbildung während des Master-Studiums im Bereich 3D-Visualiserung. Und an der TUD fällt die Ausbildung zu den für die hier präsentierte Analyse zu Grundlagen zusammengefassten Lehreinheiten nochmals stärker ins Gewicht als an der Beuth HS. Dies mag dem Anspruch bzw. der Ausrichtung einer universitären Ausbildung geschuldet sein, wie es die anteiligen Lehranteile beim durch vier Universitäten organisierten Master-Studiengang „Cartography" verdeutlichen (Abbildung 4b). Bei beiden für die TUD dargestellten Studienvarianten mit Schwerpunktlegung auf kartographische Fächer scheint hingegen die Lehre zur Thematischen Kartographie kaum ins Gewicht zu fallen. Bei der Entscheidung für den „Cartography"-Master-Studiengang – hier wie an der HM mit 67 SWS Kartographielehre vertreten bzw. anteilig mit 39% (im Vergleich zu 34,5% an der HM) – sind die Möglichkeiten, im Bereich der moderneren Aspekte wie interaktive, Echtzeit- oder mobile Kartographie im Vergleich aller hier einander gegenübergestellten Hochschulen am meisten mitzunehmen, derzeit am größten.

4 DISKUSSION

Für den Vergleich der Studiengänge wurden hier Lehranteile nach Fächergruppen und SWS einander gegenübergestellt. Dies macht Sinn für einander im Aufbau ähnliche Studiengänge, wie hier jeweils mit Praxissemester bzw. -phase und einer Studienabschlussarbeit. Selbst tiefgreifende Änderungen wie aufgrund des Bologna-Prozesses stehen dabei der quantitativen Analyse nicht im Weg (siehe Darstellung Studiengangentwicklung in Schaab 2014a bzw. 2014b). Der Vergleich nicht nach SWS sondern CP ist geboten, wenn aufgrund von Abweichungen im Gesamtaufbau der gesamte Studienablauf Berücksichtigung finden muss (siehe Hodza et al. 2015 für den Vergleich des Studienangebots von Hochschulen in Deutschland, Südafrika und USA). Der Vorteil, hier SWS berücksichtigt zu haben, liegt darin,

dass somit größere Prozentanteile für Praxissemester und Studienabschlussarbeit nicht als Fachbezogene Wahlpflichtfächer mit enthalten sind. Damit zeigt der Vergleich anteilig die Lehr- und Lernzeiten mit Präsenz der Dozenten, wohingegen die CP den Arbeitsaufwand für die Studierenden insgesamt reflektiert (Hodza et al. 2015). Trotz dieses allgemein anwendbaren Schemas bleibt zu bedenken, dass das System für die Klassifizierung des Lehrangebots an der HsKA entwickelt wurde. Dort kommt es der Schwerpunktlegung in Modulen entsprechend am nächsten. Durch die in dieser Studie deutlich größere Spanne an Lehrkonzepten war es jedoch nötig, die ein oder andere abweichende Zuordnung vorzunehmen, wodurch sich für die HsKA kleine Unterschiede in den Abbildungen zu früheren ergeben haben.

Von Vorteil war, dass alle hier miteinander verglichenen Studiengänge nach den Bologna-Vorgaben umgesetzt und alle Informationen als Prüfungs- und/oder Studienordnungen sowie Modulhandbücher im Internet abrufbar sind. Zuordnungen und Interpretationen waren somit schneller zielführend. Dabei war sicherlich auch von Vorteil, dass die Analyse durch eine Person bearbeitet wurde. Trotzdem bleibt sie mit Unsicherheiten behaftet: denn eine Zuordnung allein nach dem Modul- oder Lehrveranstaltungsnamen kann zu Inkonsistenzen führen. Von daher war es nötig, die Kurzbeschreibungen in den Modulhandbüchern zu lesen. Dies hilft in den meisten Fällen, kann aber auch verwirren, da insbesondere Fachbegriffe für Teilbereiche der Kartographie durchaus unterschiedlich verwendet werden. Zudem ist oft die eindeutige Zuordnung zu einer Fächergruppe (siehe z. B. aufgrund des „Zusammenwachsens" von Kartographie und GIS, Schaab 2014a bzw. 2014b) oder gar einer Kartographie-Teildisziplin nicht gegeben. Verantwortlich hierfür ist zum einen, dass die Kartographie heute von einem ganzen Methodenkasten Gebrauch macht (Fairbairn 2013), zum anderen dass die Lehre auch an den Universitäten zunehmend angewandter und mit immer größeren praktischen Anteilen erfolgt (vgl. Koch et al. 2010). Eine andere Aufteilung bezüglich der Kartographieinhalte wäre hier sicherlich auch denkbar.

Von daher stellt insbesondere der quantitative Vergleich der Lehrausrichtung innerhalb der der Fächergruppe Kartographie/Visualisierung zugeordneten SWS einen ersten Versuch dar, Tendenzen in der unterschiedlichen Ausrichtung der Hochschulen aufzuzeigen. Sicherlich würde die intensive Diskussion zwischen den jeweils mit der Lehre Betrauten noch zu der ein oder anderen Verschiebung führen. Auch interessant wäre eine Analyse hinsichtlich der Anteile theoretischer (Vorlesung, Seminar) versus praktisch-orientierter Lehrformen (Übung, Projekt), wobei diese Information den Modulhandbüchern der TU München nicht zu entnehmen ist und somit für den „Cartography"-Master nicht vorlag. Während in den internationalen Studiengängen die Lehre durchgehend auf Englisch erfolgt, finden sich in den Ordnungen und Handbüchern der anderen Studiengänge zunehmend Hinweise zur Möglichkeit der Lehre auch auf Englisch. Sie spiegelt das Bestreben der Hochschulen um Internationalisierung wieder.

Auch wichtig ist, dass man niemals nur die Prozentanteile im Blick hat, sondern gleichzeitig die für das Studium jeweils festgelegten SWS. Diese variieren trotz europäischer Vereinheitlichung im Bologna-Prozess und nicht nur aufgrund 6- oder 7-semestriger Bachelor-Studienangebote. Gründe mögen in der föderalen Struktur des Bildungssystems innerhalb der Bundesrepublik Deutschland liegen und dem Ruf nach „Freiheit in der Lehre". Unterschiede sind zum Teil sicherlich auch der jeweiligen Entwicklung von Studiengängen geschuldet und somit historisch gewachsen. Nach CP dagegen wären die Anteile jeweils entweder auf insgesamt 210 (7-sem. B) bzw. 180 (6-sem. B) oder 90 (3-sem. M) bzw. 120 CP (4-sem. M) bezogen (Tabelle 2) und keinen Schwankungen wie bei den SWS unterworfen. Jedoch zeigt das Beispiel des Master-Studiengangs an der HsKA, dass es auch hier Ausnahmen gibt. Die

Autorin selbst steht der nochmaligen Anerkennung von Leistungen aus dem Bachelor- für den Master-Abschluss kritisch gegenüber, was alleinig der Zusammenführung von konsekutiver und nicht konsekutiver Studienvariante in eine Studien- und Prüfungsordnung geschuldet war. Der Vergleich nach CP wäre die Sichtweise der Studierenden, da damit versucht wird, den Studieraufwand zu fassen. Wobei dieser sicherlich individuell stark schwankt und bei Studienarbeiten und -projekten immer nur einer bestmöglichen Schätzung entspricht.

Während nun die statistischen Diagramme zur proportionalen Zusammensetzung (Abbildung 1-4) einen leicht erfassbaren Überblick bezüglich der Unterschiede und den direkten Vergleich zwischen den Studiengängen aus Sicht der Lehre (nach SWS) ermöglichen (vgl. Hodza et al. 2015), zeigt Tabelle 2 die Notwendigkeit auch eines beschreibenden Vergleichs. Die Tabelle ermöglicht erstmalig eine Gesamtschau zu Ähnlichkeiten und Abweichungen zwischen den Angeboten im Bereich Kartographie und Geomatik an den fünf Hochschulen. Schnell ersichtlich und wahrscheinlich weniger bekannt sind: Unterschiede bei der Anzahl Module pro Semester, Vorhandensein eines Grundstudiums oder nicht, die Handhabung von Modulen (pro Semester abzuschließen oder wie in Sachsen auch über zwei Semester gehend), unterschiedlich lange Praxiszeiten oder auch Bearbeitungszeiten von Studienabschluss-arbeiten, letzteres gar mit zeitlicher Fixierung. Besonders interessant sind jedoch auch die großen Unterschiede hinsichtlich der Wahlmöglichkeiten. Dies manifestiert sich nicht nur in der Anzahl von wählbaren Modulen aus Alternativen oder aus überraschend großen Teilmengen. Bezüglich der Wahlmöglichkeiten stellt sich der Autorin die Frage der Machbarkeit, ist den Studiengängen doch eine begrenzte Anzahl von Studienplätzen auch aufgrund der begrenzten Nachfrage gemein. Die Praxis, wie für die Beuth HS geschildert, sieht daher oft anders aus. Die Studiengangangebote unterscheiden sich aber auch beträchtlich hinsichtlich des Anteils gemeinsam besuchter (für alle Studierenden des Studiengangs) an den SWS insgesamt. Dies wird bei den Bachelor-Angeboten mit Vertiefungsrichtungen bzw. Schwerpunkten sehr unterschiedlich gehandhabt (siehe HsKA vs. Beuth HS, wobei beim Bachelor-Angebot der Beuth HS die Geodäsie mit enthalten ist, welche an der HsKA als separater Studiengang existiert). Bei den Masterangeboten sticht der Erasmus-Master „Cartography“ mit seinem großen Wahlangebot heraus. Hier gilt es jedoch zu bedenken, dass an Universitäten traditionell das Angebot eines Moduls nicht auf den einen Studiengang beschränkt bleibt, wie mit Ausnahme von Modulen des Studium Generale oder Integrale an FH oder HAW, sondern Synergien im Studienangebot insgesamt genutzt werden. Dies wird bei näherem Modulstudium der beiden Master-Studiengänge „Cartography“ und „Geoinformationstechnologien“ für die an der TUD angebotenen Module (für zwei der Module auch zeitlich) ersichtlich.

Was die Graphiken nicht zeigen sind die Effekte, welche sich ergeben, wenn ein Student nach dem Bachelor-Abschluss für das Master-Studium an eine der anderen Hochschulen wechselt. Dies kann der Leser sich jedoch aufgrund der getrennten Darstellung von Bachelor- und Master-Studieninhalten nach Fächergruppen selbst herleiten. Die graphische Darstellung würde mit Sicherheit ein noch uneinheitlicheres Bild ergeben.

5 SCHLUSSBEMERKUNG

Denn das hat bei den Analyseergebnissen überrascht: selbst bei den Studiengängen, die sich im Umfeld von Kartographie und Geomatik an den traditionellen Ausbildungsstätten in Deutschland entwickelt haben, ist kein einheitlicher Trend zu erkennen. Die Zusammen-setzung der Lehrangebote in den Studiengängen wird vielmehr dadurch bestimmt, welche

Expertise und Interessen bei den Lehrenden vorhanden sind, durch die Historie des Studiengangs, durch Hochschulpolitik und Gesetzgebungen, die vermeintliche Attraktivität für Studienbewerber sowie die technologischen Entwicklungen, dem Aufkommen neuer Anwendungsfelder und dem Bedarf auf dem Arbeitsmarkt (vgl. Hodza et al. 2015). Die Vermutung der Autorin ist, dass die Hochschulen im Wettbewerb um Studienbewerber möglichst attraktive Angebote zusammenstellen und damit bereits auf Bachelor-Ebene Spezialisierungsmöglichkeiten anbieten und damit nicht mehr zwingend die fundierte Grundlagenausbildung im Vordergrund steht. D. h. das „Y-Modell" findet nicht erst bei den Master-Angeboten Berücksichtigung (Schaab 2014b). Da zumindest an FH bzw. HAW die Studierendenklientel aus einem immer näheren Umkreis zu stammen scheint (Schaab 2004b), stehen wir beim ersten Studienabschluss im Wettbewerb mit anderen Studienrichtungen an Hochschulen der näheren Umgebung. Erst bei den Master-Studiengängen entscheiden sich die Studierenden bewusster für ein bestimmtes Angebot der Fachrichtung. Davon kann die TUD nach Wegfall ihres Kartographie-Studienangebots auf Bachelor-Ebene nur profitieren. Hier stellt sich jedoch die Frage nach der Abstimmung zwischen Bachelor- und Master-Studium, nicht nur wenn der Student an derselben Hochschule bleibt sondern auch dann, wenn er an eine andere Hochschule oder gar, wie in der Kartographie nun möglich, für das Master-Studium zwischen Hochschulen wechselt. Anzumerken bleibt zudem, dass die vorliegende Analyse nur einen Vergleich für einen mehr oder weniger kurz gültigen Zeitraum darstellt. An der HM wird zum WS 2016/17 ein überarbeitetes Bachelor-Studienangebot an den Start gehen. Auch an der HsKA wird über eine Neuausrichtung des International Geomatics Master nachgedacht, besteht dieses Angebot, abgesehen von kleineren Änderungen, bereits seit bald 10 Jahren. Hier hat die Untersuchung die Autorin überrascht: im Vergleich der hier analysierten Studiengänge findet sich – bei Schwerpunktlegung auf Kartographie – an der HsKA der geringste Anteil an originären Kartographie-Inhalten. Gleichwohl steht sie aber einer fundierten Mathematik- und Informatikausbildung bei gleichzeitiger adäquater Berücksichtigung des GI(S)-Bereichs positiv gegenüber. Die Kunst ist es wohl, bei der zunehmenden Breite an auf Geodaten anwendbaren Methoden die „richtige" anteilige Mischung in der Hochschulausbildung zu finden.

DANKSAGUNG

Mein Dank geht an die Professorenkolleg(inn)en Martina Müller (HTW DD), Sabine Kirschenbauer (HM), Jürgen Schweikart (Beuth HS) und Dirk Burghardt (TUD) für ihre Bereitwilligkeit, meine trotz intensiven Studiums aller übers Internet verfügbaren Studien- und Prüfungsordnungen als auch Modulhandbücher noch verbliebenen Fragen zu beantworten. Unstimmigkeiten bitte ich gegebenenfalls nachzusehen – sie sind dem noch vertretbaren Zeit- und Arbeitsaufwand für solch eine Analyse geschuldet. Dieser Aufwand erschien mir jedoch für die Festschrift von Prof. Dr. Manfred Buchroithner gerechtfertigt, dem ich in seiner Rolle als Doktorvater und Mentor zu besonderem Dank verpflichtet bin.

LITERATUR

Fairbairn, D. (2013): Issues in Cartographic Education: How and How Many? In: M. Buchroithner, N. Prechtel & D. Burghardt (Hrsg.), "Cartography from Pole to Pole" – Selected Contributions to the XXVIth International Conference of the ICA, Dresden 2013, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, S. 461-470.

Günther-Diringer, D., P. Freckmann & G. Schaab (2013): Bachelorstudiengang Geoinformationsmanagement. Magazin der Hochschule Karlsruhe, 67/2013, S. 37-38.

Hodza, P., G. Schaab, S. Coetzee, F. van der Merwe & B. Vogt (2015): A Comparison of the Proportional Composition of Programs in Geo(infor)matics / GIS&T at Three Universities in Europe, Africa and America Respectively. In: South African Journal of Geomatics (SAJG), 4(3), 240-249 (http://dx.doi.org/10.4314/sajg.v4i3.5).

Jäschke, U.U. & M. Müller (2016): Zukunft Kartographie – Aufbruch in eine neue Dimension. Sächsische Heimatblätter. Zeitschrift für Sächsische Geschichte, Landeskunde, Natur und Umwelt, 1/2006, S. 80-88.

Koch, W.G. (2013): Training Paths in Cartography and Geomatics in Germany, Austria, and Switzerland. Kartographische Nachrichten, Sonderheft/2013, S. 181-187.

Koch, W.G., M. Buchroithner, C. Rülke & C. Knust (2010): Recent Developments in Cartographic Curricula in German-speaking Countries. Kartographische Nachrichten, 2/2010, S. 81-88.

Krzystek, P., M. Oster, C. Tiede, P. Kammerer & J. Czaja (2015): Praxisorientierte Lehre und Forschung – Berufliche Qualifikation und Perspektiven im Geoinformationswesen. Die Studiengänge der Fakultät für Geoinformation der Hochschule München. Mitteilungen des DVW-Bayern e.V., 3/2015, S. 245-256.

Musall, H. (2003): 25 Jahre Studiengang Kartographie und Geomatik. In: C. Hermann (Hrsg.), Entwicklungstendenzen der Kartographie. 25 Jahre Studiengang Kartographie und Geomatik, Karlsruhe, S. 3-12.

Ormeling, F. (2008): Mapping the Changes in Cartographic Education in the Last 50 Years. Kartographische Nachrichten, 4/2008, S. 178-185.

Peters, S., L. Meng, J.M. Krisp, G. Gartner, F. Ortag, M. Buchroithner, D. Burghardt & N. Prechtel (2013): First Resume of the New International Master of Science in Cartography. In: Proceedings (digital) of the 26th International Cartographic Conference (ICC 2013) 'From Pole to Pole', 25.-30. August 2013, Dresden, hrsg. v. M.F. Buchroithner et al., Session S12-E Cartographic Education 2 (#553).

Schaab, G. (2014a): Der Wandel in der Kartographie-Ausbildung an der Hochschule Karlsruhe. In: DGPF Tagungsband 23 / 2014 der Gemeinsamen Tagung 2014 „Geoinformationen öffnen das Tor zur Welt" der DGfK, der DGPF, der GfGI und des GiN, 26.-28. März 2014, Hamburg, hrsg. von E. Seyfert, E. Gülch, C. Heipke, J. Schiewe & M. Sester, Beitrag 226 (Sitzung S4.4 Aus- und Weiterbildung).

Schaab, G. (2014b): 35 Jahre Kartographie-Ausbildung an der Hochschule Karlsruhe – den Wandel visualisieren. In: Kartographische Nachrichten. Journal of Cartography and Geographic Information, 4/2014, 187-198.

REFERENZEN ZU DEN VERWENDETEN STUDIENGANGMATERIALIEN

Für den Vergleich wurden die relevanten Studien- und Prüfungsordnungen sowie Modulhandbücher konsultiert, wie sie im Februar 2016 zu den hier analysierten Studiengängen über das Internet zugreifbar waren:

HsKA: Geoinformationsmanagement Bachelor SPO3 und Modulhandbuch vom 27.05.2014, International Geomatics Master SPO 6 und Modulhandbuch vom Januar 2015.

HM: Kartographie|Geomedientechnik Bachelor SPO vom 18.12.2006 (Änderungssatzung vom 09.11.2011) und Modulkatalog mit DB-Zugriff vom 12.11.2015, Geomatik Master SPO vom 31.10.2012 (Änderungssatzung vom 28.10.2014) und Modulkatalog mit DB-Zugriff vom 13.02.2015.

Beuth HS: Geoinformation Bachelor SPO vom 13.11.2013 plus Erste Änderung vom 17.06.2015 und Modulhandbuch Stand 26.08.2015, Geoinformation Master SPO vom 02.07.2014 und Modulhandbuch Stand 07.09.2015.

HTW DD: Kartographie/Geoinformatik Bachelor SO und PO vom 23.07.2014 sowie Modulux, Geoinformatik/Management Bachelor SO und PO (3 Sem./4 Sem.) vom 23.07.2014 sowie Modulux.

TUD: Kartographie und Geomedientechnik Bachelor Studienhandbuch 2011/12, Geoinformationstechnologien Master SO und PO vom 04.08.2015 mit Anlage 1 Modulbeschreibungen, Cartography Master SO und PO vom 01.05.2015 (TUD) sowie Module Catalog vom 01.12.2015 (TUM).

MODELLING THE RESTORATION POTENTIAL OF ABANDONED AGRICULTURAL LAND IN GADARIF REGION, SUDAN

Hussein M. Sulieman
Centre for Remote Sensing and Geographical Information Systems, University of Gadarif, Sudan

ABSTRACT

The ability to model and predict patterns of some biotic variables on the basis of physical landscape attributes could mitigate the damage and facilitate the preservation of biodiversity. The study investigates the potential of some remotely sensed and topographic variables as predictors for restoration/rehabilitation patterns of some abandoned agricultural land using nonparametric multiplicative regression based on Local Mean-Gaussian function. Both response and prediction matrices were based on 46 plots. Field data was collected by using 20 x 20 m^2 sample plots, while the remote sensing and topographic variables were an average of 3 x 3 windows (resolution 15 x 15 m^2). From the group of variables used to assess the restoration potential of some abandoned agricultural land, VNIR2, PC2, PC3, SRI, NDVI, SAVI, age of fallow and altitude were the best predictors.

1 INTRODUCTION

The Gadarif region has undergone profound land-use changes during the past half century. Natural vegetation had been progressively cleared due to the expansion of mechanized rain-fed agriculture and subsequently part of cultivated lands had been abandoned by farmers due to severe yield reduction and weed infestation (Sulieman and Buchroithner 2009). As direct and indirect consequences of land-use changes, abandonment of degraded agricultural land is a widespread phenomenon in the Gadarif Region, where it represents about 15 to 20 percent of the total agricultural land (SKAP 1992, Sulieman and Buchroithner 2006). Abandoned land becomes increasingly important as temporary reservoirs of genetic diversity, stocks of carbon and nutrients, and moderators of soil fauna as well as for the restoration of soil fertility. Furthermore, poor agricultural practices following natural vegetation clearing exacerbated processes of land degradation. Land degradation refers to a reduction in the capacity of land to supply benefits to humanity. It results from a complex social, economic, cultural, political, and biophysical forces operating across a broad spectrum of time and spatial scales (Chisholm and Dumsday 1987).

The Society for Ecological Restoration (SER 2004) defines ecological restoration as an intentional activity that initiates or accelerates the recovery of an ecosystem with respect to its health, integrity and sustainability. However, the restored ecosystem will not necessarily recover its former state, since contemporary constraints and conditions may cause it to develop along an altered trajectory. Vegetation structure is a primary concern in all restoration efforts and must play an important role in evaluating the restoration process. Restoration and rehabilitation of the degraded lands is important because of its role in, increasing crop yields, impacts on major biogeochemical cycles that regulate greenhouse gas fluxes, biodiversity reservation and land is frequently a limiting factor of economic output, and its degradation threatens to undermine economic development and social stability (Daily 1995).

Land abandonment implies a process of ecological succession, in which vegetation reoccupies former farm land. Restoration of biodiversity through land abandonment reflected the spatial and temporal variations of previous land-use prevailing in the mechanized agricultural land. It is essential to understand the environmental condition undergoing agricultural land abandonment to measure the relative importance of ecological, spatial and historical factors determining vegetation dynamics (Sulieman 2013). Disturbance in from of land-use is one of the key factors that shape the vegetation development and any future succession after abandonment. To achieve a better assessment of plant community responses, reliable data on the attributes of large number of species along gradients of disturbance are required. However, the complementary nature of remote sensing data and its appropriateness to be combined with field data provide an optimum chance for linking land-use and spatial modelling of plant community. Fischer (1990) identified land-use as the factor with the highest predictive power when modelling community distribution in a human-disturbed landscape. But situations with strong disturbance, human influence, or successional dynamics can thus only be modelled with difficulty (Brzeziecki et al. 1993).

Satellite remote sensing is providing an increasing variety of spatial data layers that are potentially usable as model input or for validation of model output (Turner et al. 2004). Cohen and Goward (2004) stated that remote sensing, geographic information systems, and modelling have combined to produce a virtual explosion of growth in ecological investigations and applications that are explicitly spatial and temporal. However, the rapidly proliferating volume of spatial data generated by remote sensing has created a significant challenge in terms of designing algorithms that optimally assimilate, integrate, and refine these data into

useful information (Turner et al. 2004). Ishiyama et al. (2001) added that the relationship between remote sensing based vegetation indices and physical parameters of vegetation has not been completely clarified, which is urgently required not only for analysis of vegetation in an arid area but also for estimation of biomass on Earth by remote sensing technology.

The objectives of the study are to investigate the potential of some remotely sensed data and topographic data as predictors for restoration patterns of some abandoned agricultural land and to examine which of the habitat variables correlate most strongly with the restoration patterns.

2 STUDY AREA

The study area is located in southern Gadarif Region, Sudan. Soils are dominated by dark, heavy cracking vertisol. Annual rainfall is concentrated in a single relatively short summer season during June to September and amounts to around 670 mm per annum in Doka. Temperature ranged from a mean minimum of 21°C in January to a mean maximum of 36.4°C in April and May. The mean annual temperature is about 28.7°C. Harrison & Jackson (1958) classified the vegetation of the area as that of Acacia seyal and Balanites aegyptiaca woodland savannah. This natural vegetation has largely been destroyed in the course of widespread clearance for mechanized crop cultivation, extensive burning and shifting cultivation, and only scattered fragments remain. Mechanized rain-fed agriculture represents the main land use practice in the study area, so its contribution is critical for successful conservation and restoration now and in the future.

Within the study area some abandoned agricultural lands which show a rapid vegetation recovery were identified (Figure 1). The identification of the potential restoration sites was based on both mapping of abandoned agricultural land using satellite imagery and detailed field surveys during 2005 and 2006.

Figure 1: Examples of some abandoned agricultural land (after 6 to 8 years of fallow) in the southern part of the study area which shows high natural regeneration potential. Photographs by the author. July 2006.

3 METHODOLOGY

DATA INPUT

Two types of inputs were used for modelling: field data as response variables and remote sensing and DEM variables as prediction matrix (Table 1). Field based variables include: herbaceous biomass and percentage cover. Remotely sensed data was driven form from ASTER VNIR and the Digital elevation Model (DEM) was driven from ASTER 3B and 3N bands. Land-use history information was recorded from farmers. Table 1 shows spatial data layers used for the assessment of the restoration potential of some abandoned agricultural land and their sources.

Both response and prediction matrices were based on 46 plots. Field data was collected by using 20 x 20 m^2 sample plots, while the remote sensing variables were an average of 3 x 3 windows (resolution 15 x 15 m^2) for 15 predictors.

Table 1: Data layers used for the assessment of the restoration potential of some abandoned agricultural land and their sources.

Source	Variable	Description
ASTER VNIR	VNIR1,2,3	ASTER visible and near infra-red bands
	PC1,2,3	Principal Component (first, second and third)
	SRI	Simple Ratio Index
	NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
	TDVI	Transformed Difference Vegetation Index
	TCTG	Tasselled Cap Transformation (greenness)
	TCTB	Tasselled Cap Transformation (brightness)
	SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index
	MSAVI	Modified Soil Adjusted Vegetation Index
	OSAVI	Optimum Soil Adjusted Vegetation Index
DEM generated from ASTER 3B and 3N	Altitude	Elevation above sea level (meters)
	Slope	Inclination from horizon (degree)
Land-use history	CP	Cultivation period (years)
	Age	Time since abandonment (years)

MODELLING STRATEGY

To determine the pattern of secondly succession on abandoned agricultural land, the field data were used as restoration response variables while remotely sensed variables were considered to be the predictive variables. Nonparametric multiplicative regression (NPMR) has been used as modelling technique which was based on Local Mean-Gaussian function (hump-shaped). The software package HyperNiche (McCune and Mefford, 2004) that applied the concepts of NPMR to predictive habitat modelling and species response functions has been used. HyperNiche seeks the best NPMR model by selecting the set of predictor variables and

choosing the tolerance for each of those variables. In brief, multiplicative kernel smoothers allow the effect of each predictor to depend on the value of other predictors without needing to specify those interactions. This approach also rely on the normal response of organises to a particular habitat, where the response is to a combinations of interacting factors.

4 RESULTS

HERBACEOUS BIOMASS

Herbaceous biomass predictions show five best models that means five variables from the predictors. The best xR^2 value is 0.16. Figure 2 and 3 show some of the herbaceous biomass predictors. Herbaceous biomass shows strong response to NDVI. The fitted response surface for SRI and NDVI values are averages of the dependent variable for a given value of the herbaceous biomass. NDVI was the strongest environmental gradient describing patterns in biomass on abandoned agricultural land communities in the study area. Biomass on abandoned agricultural land increased slightly with SRI (Figure 2) and dropped before it increases steadily. The calculate correlations of herbaceous biomass with NDVI is strong ($R^2 = 0.65$). Figure 3 show 3-dimentional graphs of different herbaceous biomass prediction variables.

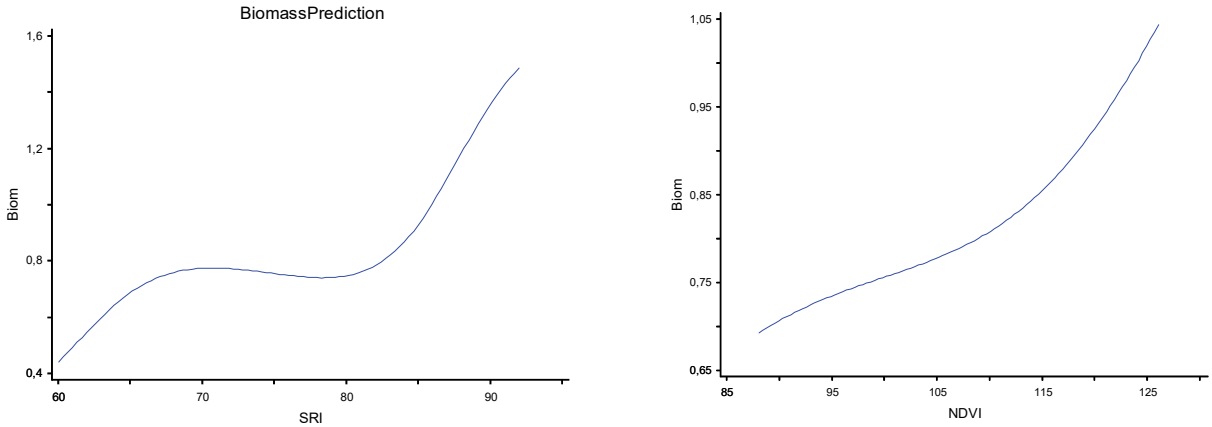


Figure 2: The relationship between herbaceous biomass and SRI and NDVI in 2D graphs.

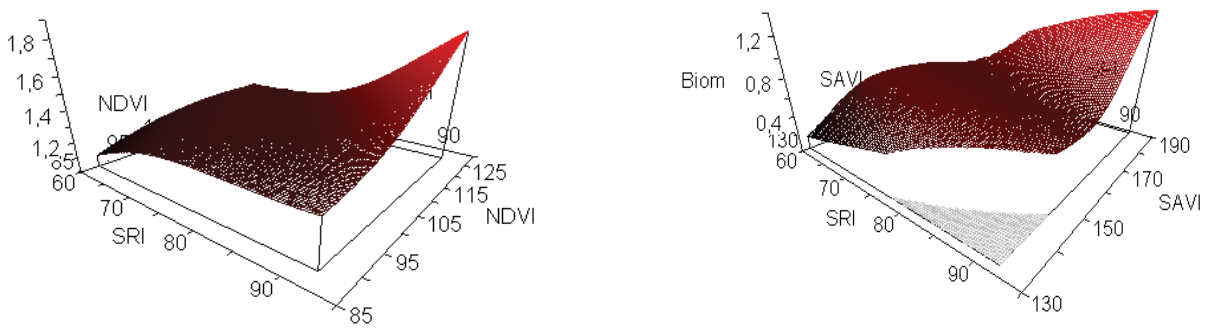


Figure 3: SRI, SAVI and NDVI against herbaceous biomass depicted 3D graphs for both predictors. The small dropout from the surface in B had insufficient local data to fit the model.

PERCENTAGE COVER

SRI was the best single variable describing patterns of percentage cover on the abandoned agricultural land (xR^2 = 0.12). When coverage was over 50 % shows more strong relation (Figure 4). This time beside the SRI, VNIR2, PC2 and PC3 are the predictor of percentage cover (Table 2).

Table 2: Summary table showing the best model for a series of increasing number of predictors to estimate the percentage of the herbaceous cover.

```
*************************************************************
Best single variable and tolerance for each response variable
Response Predictor Type    Tolerance      xR2          N*
PerCover  SRI        Q     4.800        0.1094       20.49
*************************************************************

DEPENDENCE OF FINAL MODEL ON NUMBER OF PREDICTORS FOR RESPONSE VARIABLE PerCover
Response  NumVars    xR2  xR2 change   N*   Tol-Variable   Tol-Variable
PerCover      1    0.109    0.109    20.5   4.80-SRI
PerCover      2    0.169    0.060     6.2   4.10-VNIR2      6.40-SRI
PerCover      3    0.232    0.063     4.0   4.10-VNIR2      7.25-PC2    6.40-SRI
PerCover      4    0.267    0.035     1.5   2.05-VNIR2      7.25-PC2    9.15-PC3
6.40-SRI
The following models did not meet the data:predictor ratio of10.0
PerCover      5    0.343    0.077     1.1   2.05-VNIR2      7.25-PC2    9.15-PC3
8.00-SRI    3.05-TCTb
NumVars: number of predictor variables.
```

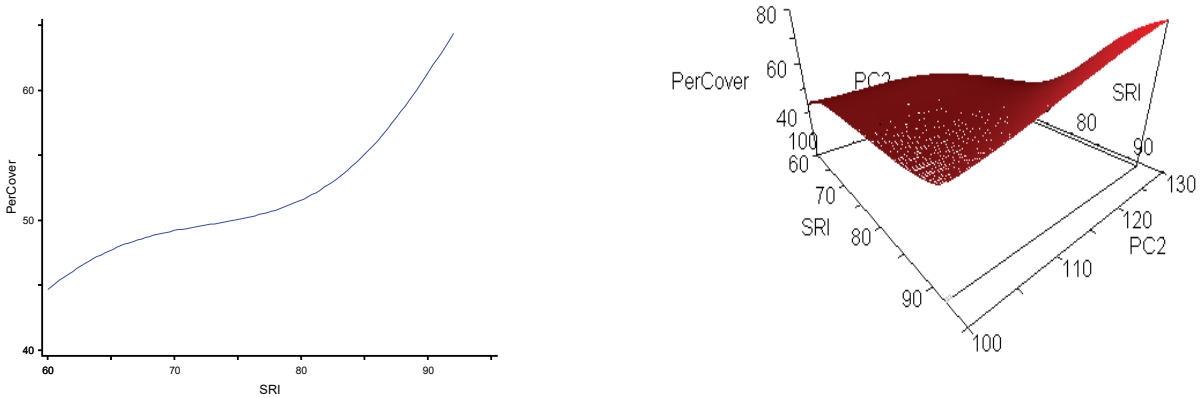


Figure 4A: The relationship between percentage cover and SRI. **B:** depicted local mean NPMR model fit to response surface from two predictor (SRI and PC2) NPMR model.

LAND-USE HISTORY

Differences in pervious cultivation period were not related to any of the spectral indices or topographic parameters. Concerning the age of fallow prediction variables with the greatest explanatory power were: VNIR and SRI (Figure 5) and xR^2 is 0.23.

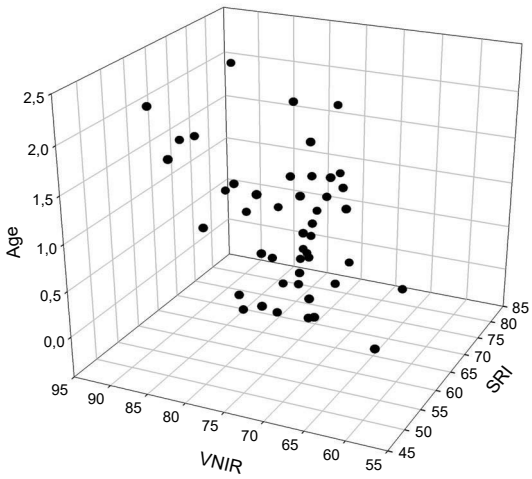


Figure 5: Relationship between age of fallow and VNIR and SRI spectral values.

TOPOGRAPHIC VARIABLES

There is no any of the topographic variables show up in the best model fits group using the NPMR. When using non-linear stepwise regression it was the same. However, altitude was found to have slight power to estimate herbaceous biomass (R^2 = 0.21). This may be due to the absence of obvious topographic variations within the area or the limited numbers of samples were not sufficient to capture the topographic features of the study area.

5 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

As highlighted by several authors, it is necessary to develop spatial modelling methodologies for rapid and cost-effective mapping of degraded areas to assess their biological value for nature conservation (Nagendra and Gadgil 1999, Luoto et al. 2002, Price et al. 2002).

From the group of variables used to assess the restoration potential of some abandoned agricultural land (Table 1), VNIR2, PC2,3, SRI, NDVI, SAVI, age of fallow and elevation succeed to estimate some of the predefined restoration variables. Modifications to these indices have been proposed to account for background effects associated with incomplete canopy cover (i.e. SAVI). Modelling the relationship between spectral vegetation indices and vegetation variables and reflectance data are well established (Cohen et al. 2003). Heiskanen (2006) demonstrates the potential of ASTER data, to map biomass and LAI in the mountain birch forests in Utsjoki, northernmost Finland, using field data. There is a significant relationship between biomass and LAI. VNIR2 has the strongest correlation against biomass (r = −0.831) and LAI (r= −0.847). He mentioned that the good spatial resolution of the VNIR bands and the availability of the higher order data products make ASTER an interesting data source for vegetation mapping and modelling.

The possibility of classifying extensive areas of land rapidly from digital satellite imagery provides increasing opportunities to develop quantitative ecological models of land-cover and biological diversity relationships (Griffiths et al. 1993). With remote sensing data it is possible to extrapolate information from site-based ecological studies to wider areas (Vande 1998). During the past decade, ecologists have begun to use satellite multi-spectral imagery as an aid in understanding community assemblage patterns. Landscape level habitat analysis using remotely sensed data, particularly in conjunction with topographic and other kinds of

geographic data, has the potential to explain species level biodiversity patterns (Luoto et al. 2002).

Depending on the spatial resolution and the techniques used to generate these maps, topographic variables can be used to evaluate the correspondence between digital and field observed attributes for any location. Selecting a subset of plots that meet criteria of high correspondence between digital and real topography can significantly improve the model parameterization (Zimmermann and Kienast 1999, Guisan and Zimmermann 2000). Davis and Goetz (1990) found that vegetation pattern was significantly associated with slope, exposure and monthly solar radiation. The also results indicate the potential for analyzing plant species distributions in relation to dynamic patterns of solar radiation.

Monitoring vegetation activity at a regional scale should necessarily be carried out with of remote sensing techniques. This is particularly true for the Sahelian zone where direct measurements are difficult due to both the high diversity and heterogeneity of vegetation formations and logistic problems associated with field measurements (Mougin et al. 1995). Mougin et al. NDVI is commonly used to monitor the sahelian vegetation development during the growing season as it is known to be highly correlated to vegetation parameters like the leaf area index. In addition, the NDVI integrated over a growing season can be used to estimate the aboveground biomass through a simple linear relationship.

Seen et al. (1995) assessed the potential of vegetation indices for inferring vegetation parameters. NDVI, SAVI, GEMI (Global Environmental Monitoring Index), SRI show that a good tracking of the evolution of LAI. NDVI integrated over the growing season is compared to net primary productivity for different sites, regions, and growing seasons. A near-linear relationship is found. On the whole, the results suggest that vegetation indices contain information which is useful for the ecosystem model, despite the fact that perturbating factors make the retrieval of this information difficult.

Topographic variables were poor predictors of abandoned agricultural land restoration in the study area. This could be due to data insufficiency or the modelling technique followed was not appropriate. Additionally the study area is almost flat and the undulation topography is not that acute. The influence of topography on landscape properties obviously varies in different climatic, geomorphic and geological conditions and hence the results of these investigations, as a rule, reflect regional characteristics. DEMs are used in a wide range of landscape investigations.

Vegetation patterns are significantly influenced by the landscape topography. Because topography influences the migration and accumulation of substances moved by gravity along the land surface and in the soil. Correlation and regression analyses of DEMs and remotely sensed data are mainly used together with a simple visual comparative analysis of scenes and topographic variable maps (Campbell 1983). These procedures basically provide a better understanding of natural processes and the results can be used to determine the data-transformation rules in image classification (Florinsky 1998). Keith and Bedward (1999) successfully modelled the spatial distribution of the 79 floristic groups using a set of spatial data layers. The derived variables represented topographic position, relief, shelter and soil moisture at varying spatial scales. However, appropriate data set to parameterize the model is needed.

Vegetation changes due to land abandonment may have an implication for the conservation of plant genetic resources, overall plant species diversity and composition and diversity of different fauna harboured in this habitat. The current regeneration capacity in the abandoned land may not be sufficient to reach full restoration of the climax vegetation except for some

pockets, which received more regenerative resources. To accelerate this, active human intervention in the recovery process is essential (e.g. areas around surrounding forests, along seasonal water courses). Nevertheless, to ensure sustainable development of the successional vegetation in the long-term operational research, plans should be followed.

REFERENCES

Brzeziecki, B., Kienast, F. and Wildi, O. (1993). A simulated map of the potential natural forest vegetation of Switzerland. Journal of Vegetation Science, 4: 499 – 508.

Campbell, K. (1983). Statistical techniques using NURE airborne geophysical data and NURE geochemical data. Computers and Geosciences, 9: 17 – 21.

Chisholm, A. and Dumsday, R. (1987). Land Degradatlon. Cambridge University Press, Cambridge.

Cohen. W.B., Maiersperger, T.K., Gower, S.T. and Turner, D.P. (2003). An improved strategy for regression of biophysical Variables and Landsat ETM+ data. Remote Sensing of Environment, 84: 561 – 571.

Cohen, W.B. and Goward, S.N. (2004). Landsat's Role in Ecological Applications of Remote Sensing. BioScience, 54 (6): 535 – 545.

Daily, G.C. (1995). Restoring Value to the World's Degraded Lands. http://dieoff.org/page114. htm. Retrieved 20 March 2006.

Davis, F.W. and Goetz, S. (1990). Modeling vegetation pattern using digital terrain data. Landscape Ecology, 4 (1): 69 – 80.

Fischer, H.S. (1990). Simulating the distribution of plant communities in an alpine landscape. Coenoses, 5: 37 – 43.

Florinsky, I.V. (1998). Combined analysis of digital terrain models and remotely sensed data in landscape investigations. Progress in Physical Geography, 22: (1): 33 – 60.

Griffiths, G.H., Smith, J.M., Veitch, N. and Aspinall, R. (1993). The ecological interpretation of satellite imagery with special reference to bird habitats. In: Young, R.H., Green, D.R. and Cousins, S.H. (Eds). Landscape Ecology and Geographic Information Systems. Taylor & Francis Ltd, London, pp. 255–272.

Guisan, A. and Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135: 147 – 186.

Harrison, M.N. and Jackson, J.K. (1958). Ecological Classification of the Vegetation of the Sudan. Forest Department, Forest Bulletin No. 2, Ministry of Agriculture, Khartoum, Sudan.

Heiskanen, J. (2006). Estimating aboveground tree biomass and leaf area index in a mountain birch forest using ASTER satellite data. International Journal of Remote Sensing, 27 (6): 1135 – 1158.

Ishiyama, T., Tanaka, S., Uchida, K., Fujikawa, S., Yamashita, Y. and Kato, M. (2001). Relationship among Vegetation Variables and Vegetation Features of Arid Lands Derived from Satellite Data. Advance Space Research, 28 (I): 183 – I 88.

Keith, D.A. and Bedward, M. (1999). Native vegetation of the South East Forests region, Eden, New South Wales. Cunninghamia, 6: 1 – 218.

Luoto, M. Toivonen, T. and Heikkinen, R.K. (2002). Prediction of total and rare plant species richness in agricultural landscapes from satellite images and topographic data. Landscape Ecology 17: 195 – 217.

McCune, B. and Mefford, M.J. (2004). HyperNiche. Nonparametric multiplicative habitat modelling. Version 1.0. MjM Software, Gleneden Beach, OR, US.

Mougin, E., Seen, D.L., Rambal, S., Gaston, A., and Hiernaux, P. (1995). A Regional Sahelian Grassland Model to Be Coupled with Multispectral Satellite Data. I: Model Description and Validation. Remote Sensing of Environment, 52: 181 – 193.

Nagendra, H. and Gadgil, M. (1999). Satellite imagery as a tool for monitoring species diversity: an assessment. Journal of Applied Ecology, 36: 388 – 397.

Price, K.P., Guo, X. and Stiles, J.M. (2002). Optimal Landsat TM band combinations and vegetation indices for discrimination of six grassland types in eastern Kansas. International journal of Remote sensing, 23 (23): 5031b – 5042.

Seen, D.L. Mougin, E., Rambal, S., Gaston, A. and Hiernaux, P. (1995). A Regional Sahelian Grassland Model to Be Coupled with Multispectral Satellite Data. II: Toward the Control of Its Simulations by Remotely Sensed Indices. Remote Sensing of Environment, 52: 194 – 206.

SER (2004). The SER Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration Science and Policy Working Group.

SKAP (Southern Kassala Agricultural Project). (1992). Land use survey report (Main Report), Vol. 1, Khartoum, Sudan.

Sulieman, H.M. and Buchroithner, M.F. (2006). Assessment of natural vegetation clearing and re-growth in Southern Gadarif (Sudan) using change vector analysis based on remote sensing and field data. ISPRS Commission VII Mid-term Symposium "Remote Sensing: From Pixels to Processes", Enschede, the Netherlands.

Sulieman, H.M. and Buchroithner, M.F. (2009). Degradation and Abandonment of Mechanized Rain-Fed Agricultural Land in the Southern Gadarif Region, Sudan: The Local Farmers' Perception. Land Degradation & Development. 20 (2): 199-209.

Sulieman, H.M. (2013). Natural Regeneration Potential of Abandoned Agricultural Land in the Southern Gadarif Region, Sudan: Implications for Conservation. African Journal of Ecology, 52: 2017-227.

Turner, D.P., Ollimger, S.V. and Kimball, J.S. (2004). Integrating Remote Sensing and Ecosystem Process Models for Landscape- to Regional-Scale Analysis of the Carbon Cycle. BioScience, 54 (6): 573 – 585.

Vande, C.J. (1998). Remote sensing applications in Ecosystem Analysis. In: Peterson, D.L. and Parker, V.T. (Eds.). Ecological Scale – Theory and Applications. Columbia University Press, New York.

Zimmermann, N.E. and Kienast, F. (1999). Predictive mapping of alpine grasslands in Switzerland: species versus community approach. Journal of Vegetation Science, 10: 469 – 482.

VERZEICHNIS DER HABILITATIONEN

2003

Dr.rer.nat. Frank Dickmann *(Georg-August-Universität Göttingen)*

Einsatzmöglichkeiten neuer Informationstechnologien für die Aufbereitung und Vermittlung geographischer Informationen – das Beispiel kartengestützte Online-Systeme

2008

Dr.rer.nat. Olga Wälder *(TU Dresden)*

Spezielle Verfahren zur Analyse von raumbezogenen Daten

2010

Dr. Matthias Möller *(Otto-Friedrich-Universität Bamberg)*

Semantisch-quantitative Modellierungsansätze für das synoptische Monitoring Urbaner Räume

2011

PhD Biswajeet Pradhan *(TU Dresden)*

Application of Different Remote Sensing and Geoinformation Based Methods and Approaches to Geohazard Management: Selected Examples from South-East Asia

Mag. Dr. Wolfgang Sulzer *(Karl-Franzens-Universität Graz)*

Die Geographische Fernerkundung im Spannungsfeld zwischen Hochgebirge und urbanem Raum

2012

Dr.rer.nat. Tobias Bolch *(TU Dresden)*

Cryosphere Variations in Different Climatic Regimes and its Impacts Using Geomatics

VERZEICHNIS DER PROMOTIONEN

1985

Gitta Domik *(TU Graz, Österreich)*

Verfahrensentwicklungen zur Analyse von digitalen Seitsicht-Radarbildern gebirgigen Geländes mittels digitaler Höhenmodelle und Bildsimulation

[Second Supervisor and Second Reviewer]

1988

Faqiang Qian *(TU Graz, Österreich)*

Theoretische und praktische Aspekte der Herstellung von Karten und kartenähnlichen Produkten aus Satelliten-Scanner-Daten mittels digitaler Bildverarbeitung

1989

Viktor Kaufmann *(TU Graz, Österreich)*

Thermalkartierung Graz 1986

Wolfgang Pölzleitner *(TU Graz, Österreich)*

Algorithms for the Classification of Profiled Boards by Real-Time Computer Vision

[Second Supervisor and Second Reviewer]

Geng Qing Xu *(TU Graz, Österreich)*

Investigations into Forest Classification Using Landsat Data – Case Studies in Central Styria

1991

Xenophon Tsilibaris *(TU Graz, Österreich)*

Evaluation of Image Processing Techniques Applied to Spaceborne SAR Images Towards Cartographic Information Extraction

Gerd Schwingshakl *(Johannes-Kepler-Universität Linz, Österreich)*

Entwicklung eines Echtzeit-Mustererkennungssystems

[Second Supervisor and Second Reviewer]

1992

Christine Triebnig-Löffler *(Karl-Franzens-Universität Graz, Österreich)*

Analyse einer Landsat 5-Thermalaufnahme der Mittelsteiermark (Österreich)

1993

Changyao Wang *(Karl-Franzens-Universität Graz, Österreich)*

Desertification Research in Yulin County (P.R. China) Using Remote Sensing and Geographical Information System

1994

Frank Schwarzbach *(TU Dresden)*

Untersuchungen zur rechnergestützten Linienglättung

[Second Supervisor and Second Reviewer]

1995

Lado Kenyi *(TU Graz, Österreich)*

Approaches for Improvement of Information Content of Polarimetric SAR and Optical Satellite Data for Thematic Mapping

[First Supervisor and Second Reviewer]

1997

Rolf Böhm *(TU Dresden)*

Kartographische Reliefdarstellung mittels digitaler Bildfilterverfahren

1998

Maik Netzband *(TU Dresden)*

Beiträge der Fernerkundung zur Bestimmung der Bodenversiegelung im klein- und großmaßstäbigen Bereich

1999

Ulrich Kamp *(TU Berlin)*

Jungquartäre Geomorphologie und Vergletscherung im östlichen Hindukusch (Chitral, Nordpakistan)

[Second Supervisor and Second Reviewer]

Harald Orthaber *(TU Dresden)*

Satellitenfernerkundung auf dem Dienstleistungssektor Ingenieurwesen für Umweltfragen

Gertrud Schaab *(TU Dresden)*

Kartographische Darstellungen von räumlichen Simulationen biogener Emissionen in Südfrankreich

Kostas Papathanassiou *(TU Graz, Österreich)*

Erstellung großmaßstäbiger Karten mittels multiparametrischer SAR-Daten auf der Basis der digitalen Geodatenbank ATKIS

[First Supervisor and Second Reviewer]

2000

Martin Hellmann *(TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik)*

Classification of Fully Polarimetric SAR Data for Cartographic Applications

[First Supervisor and Second Reviewer]

2001

Oliver Bringmann *(TU Dresden, Fakultät Informatik)*

Symbolische Interpretation Technischer Zeichnungen

[First Supervisor and Second Reviewer]

2002

Thomas Damoiseaux *(TU Dresden)*

Untersuchungen zum Einsatz von Flugzeug-InSAR in der Gebirgskartographie

Valery Goldberg *(TU Dresden)*

Zur Regionalisierung des Klimas in den Hochlagen des Osterzgebirges und seine Bedeutung für das Bestandsklima von Wäldern

[Second Supervisor and Second Reviewer]

2003

Sabine Kirschenbauer *(TU Dresden)*

Empirisch-kartographische Analyse einer echt-dreidimensionalen Darstellung am Beispiel einer topographischen Hochgebirgskarte

Ajay Srivastava (*Birla Institute of Technology Mesra, Ranchi, India)*

Effect of Subsurface Features on the Geomorphology of the Gangetic Plain: An Integrated Approach Using Remote Sensing and Geographic Information System

[Second Supervisor and Second Reviewer]

2004

Ahmed Fawzy Dahy Gaber *(South Valley University, Ägypten)*

The Depositional Features along the Red Sea Coast between Ras Abou Soma in the North and Ras Honkrab in the South (A Geomorphological Study)

[First Supervisor and Second Reviewer)

Merita Dollma *(University of Tirana, Albanien)*

Urban Environmental Management of Tirana City and the Use of GIS/RS Technologies

Danielle Hoja *(TU Dresden)*

Globale Kartierung mariner Parameter mit Fernerkundungsdaten

2005

Johannes Reder *(TU Dresden)*

Entwicklung eines halbautomatisierten Verfahrens zur Detektion neuer Siedlungsflächen durch vergleichende Untersuchungen hochauflösender Satelliten- und Luftbilddaten

2006

Tobias Bolch *(Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)*

GIS- und fernerkundungsgestützte Analyse und Visualisierung von Klima- und Gletscheränderungen im nördlichen Tien Shan (Kasachstan/Kyrgyzstan) im Vergleich zur Bernina-Gruppe/Alpen

[Second Supervisor and Second Reviewer]

2007

Khaled El Nabbout *(TU Dresden)*

New Visualisation Tools for the Enhancement of Urban Participatory Planning. The Case of Tripoli, Lebanon

Thomas Chudy *(TU Dresden)*

Planungskartographie ländlicher Räume in Deutschland. Eine Analyse und Diskussion aktueller Bestimmungsfaktoren zur kartographischen Modellierung einer Raumkategorie

Kamilya Kelgenbaeva *(TU Dresden)*

Agronomic Suitability Studies in the Russian Altai Using Remote Sensing and GIS

Hussein Mohamed Sulieman *(TU Dresden)*

Mapping and Modelling of Vegetation Changes in the Southern Gadarif Region, Sudan, Using Remote Sensing: Land-Use Impacts on Biophysical Processes

Enkela Begu *(Universität Potsdam)*

Elections in a Spatial Context. A Case Study of Albanian Parlamentary Elections, 1991 – 2005

[Second Supervisor and Second Reviewer]

2008

Stephanie Geiger *(TU Dresden)*

Untersuchungen zur Struktur und Funktion taktiler kartographischer Medien und ihren Wechselwirkungen

[Second Supervisor and Second Reviewer]

Markus Jobst *(TU Wien, Österreich)*

Ein semiotisches Modell für die kartographische Kommunikation mit 3D

[Second Supervisor and Second Reviewer]

2009

Tobias Krüger *(TU Dresden)*

Digitale Geländemodelle im Hochwasserschutz: Detektion, Extraktion und Modellierung von Deichen und vereinfachte GIS-basierte Überflutungssimulationen

2010

Tobias Lung *(TU Dresden)*

Assessing Processes of Long-Term Land Cover Change and Modelling their Effects on Tropical Biodiversity Patterns – A Remote Sensing and GIS-Based Approach for three Landscapes in East Africa

Anja Hopfstock *(TU Dresden)*

A User-Oriented Map Design in the SDI Environment Using the Example of a European Reference Map at Medium Scale

2011

Markus Wolff *(Universität Potsdam)*

Ansätze zur Kombination raumanalytischer Verfahren mit drei-dimensionalen Visualisierungsmethoden zu geovirtuellen Lagebildern urbaner Räume

[Second Supervisor and Second Reviewer]

Samy Gamak Elbialy *(TU Dresden)*

Potential of Spaceborne X- and L-Band SAR Data for Soil-Moisture Mapping Using GIS and its Application to Hydrological Modelling: the Example of Gottleuba Catchment, Saxony/Germany

Theres Küster *(Humboldt Universität Berlin)*

Modellierung von Getreidebestandsspektren zur Korrektur BRDF-bedingter Einflüsse auf Vegetationsindizes im Rahmen der EnMAP-Mission

[Second Supervisor and Second Reviewer]

Khalid Guma Biro Turk *(TU Dresden)*

Development of a Multi-Temporal Satellite Data for Landuse/Landcover Change Analysis and its Impacts on Soil Properties in Gadarif Region, Sudan

2012

Ali Gaber Muhamad Mahmoud *(TU Dresden)*

Plot-Based Land-Cover and Soil-Moisture Mapping Using X-/L-Band SAR Data. Case Study Pirna South, Saxony, Germany

Pablo Iván Fernández Azócar *(TU Dresden)*

Paradigmatic Tendencies in Cartography: A Sythesis of the Scientific-Empirical, Critical and Post-Representational Perspectives

2013

Emil Bayramov *(TU Dresden)*

Quantitative Assessment of Vegetation Renaturation and Soil Degradation and their Control by Climate and Ground Factors along Rights-of-Way of Petroleum/Gas Pipelines, Azerbaijan

Dirk Stendel *(TU Berlin)*

Die neue Räumlichkeit – Visualisieren mit Linsenrastern und Papier. Beiträge zu autostereoskopisch präsenten Planungen am Beispiel der Landschaftsarchitektur

[First Supervisor and Second Reviewer]

Robert Hecht *(TU Dresden)*

Automatische Klassifizierung von Gebäudegrundrissen – Ein Beitrag zur kleinräumigen Beschreibung der Siedlungsstruktur

Christina Eisfelder *(TU Dresden)*

Modelling Net Primary Productivity and Above-Ground Biomass for Mapping of Spatial Biomass Distribution in Kazakhstan

Tillmann Lübker *(TU Dresden)*

Object-Based Remote Sensing for Modelling Scenarios of Rural Livelihoods in the Highly Structured Farmland Surrounding Kakamega Forest, Western Kenya

2014

Ahmed N. Al-Hameedawi *(TU Dresden)*

Integrative GI Technology Applied to Best-Site Selection for Industrial Areas in Erbil City, Iraq

2016

Claudia Knust *(TU Dresden)*

Untersuchungen zur Gestaltung kartographischer Inhalte auf autostereoskopischen Monitoren

VERZEICHNIS DER PUBLIKATIONEN MANFRED F. BUCHROITHNER

Ahern, F.J., Buchroithner, M.F., Cracknell, A.P., Meyer-Roux, J.-L., Malmquist, L. & Rapley, Ch.G. (2001). International Evaluation of the Swedish Remote Sensing Programme. Swedish National Space Board, Stockholm, 41 pp.

Al-Hameedawi, A., Buchroithner, M.F. & Prechtel, N. (2013). Object-oriented and Decision tree classifications for LULC using Cosmo-SkyMed, QuickBird and LandSat 7 satellite data: An Example of Erbil/Iraq. Proceedings 26th International Cartographic Conference, 25-30 August 2013, Dresden, 508-557.

Al-Hameedawi, A. & Buchroithner, M.F. (2014). Object-oriented classifications for land use/land cover using Cosmo-SkyMed and LandSat 7 satellite data: An example of Erbil/Iraq. Proceedings EUSAR 2014, 10th European Conference on Synthetic Aperture Radar, 1-4.

Almer, A., Buchroithner, M.F. & Raggam, J. (1990). Digital Mapping with High Resolution Sojuz KFA-1000 Images. Abstracts 10th EARSeL Symposium, Toulouse, 153.

Almer, A., Buchroithner, M.F. & Raggam, J. (1990). Digital Mapping with High Resolution Sojuz KFA-1000 Images. Proceedings 10th EARSeL Symposium, Toulouse, 403-417.

Almer, A., Buchroithner, M.F., Raggam, J. & Strobl, D. (1991). RSG-State-of-Art Geometric Treatment of Remote Sensing Data. Procedings 11th EARSeL Symposium, Graz, 57.

Arndt, J.E., Schenke, H.W., Buchroithner, M.F., Radig, L. & Schwenn, T. (2013). The International Bathymetric Chart of the Southern Ocean (IBCSO) – New 'classic' and lenticular Maps of Antarctica for Science and Outreach. Proceedigs 26th International Cartographic Conference, 25-30 August 2013, Dresden, 798.

Azócar, P.I. & Buchroithner, M.F. (Eds.). (2014). Paradigms in Cartography. An Epistemological Review of the 20th and 21st Centuries. Berlin Heidelberg: Springer, 150 pp.

Bauer, R., Heiss, H.P., Kriegl, C. & Buchroithner, M.F. (1993). Structural and Lithological Information Derived from LFC Imagery of the Sulaiman Range, Western Pakistan. Terra Abstracts, Abstracts Suppl., No. 2 to Terra Nova, Blackwell Scient. Publ. Oxford, 5, 3.

Bayramov, E. & Buchroithner, M.F. (2014). Detection of oil spill frequency and leak sources around the Oil Rocks Settlement, Chilov and Pirallahi Islands in the Caspian Sea using multi-temporal ENVISAT radar satellite images 2009-2010. Environmental Earth Sciences, 73, 7, 3611-3621.

Bayramov, E. & Buchroithner, M.F. (2014). Monitoring of Vegetation and Soil Erosion Prediction along Pipelines. Saarbrücken: LAP LAMBERT Publishing House, 148 pp.

Bayramov, E. & Buchroithner, M.F. (2015). Modelling of oil spill frequency, leak sources and contamination probability in the Caspian Sea using multi-temporal SAR images 2006–2010 and stochastic modelling, Geomatics, Natural Hazards and Risk. DOI: 10.1080/19475705.2015.1007536

Bayramov, E., Buchroithner, M.F. & McGurty, E. (2012). Determination of main climate and ground factors controlling vegetation cover regrowth along oil and gas pipelines using multiple, spatial and geographically weighted regression procedures. Environmental Earth Sciences, 66, 2047-2062.

Bayramov, E., Buchroithner, M.F. & McGurty, E. (2012). Prediction reliability, quantitative differences and spatial variations of erosion models for long-range petroleum and gas infrastructure. Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 6, 4, 252-272.

Bayramov, E., Buchroithner, M.F. & McGurty, E. (2012). Quantitative assessment of vegetation cover and soil degradation factors within terrain units for planning, monitoring and assessment of renaturation along oil and gas pipelines. Geocarto International, 27, 7, 535-555.

Bayramov, E., Buchroithner, M.F. & McGurty, E. (2013). Differences of MMF and USLE Models for Soil Loss Prediction along BTC and SCP Pipelines. Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice, 4, 1, 81-96.

Beissmann, H. & Buchroithner, M.F. (1986). Interpretation of Classification Results from a Multiple Data Set. International Archives Photogrammetry Remote Sensing, 26, 7, 1, 9-14.

Biro, K., Pradhan, B., Buchroithner, M.F. & Makeschin, F. (2011). Land Use/Land Cover Change Analysis and its Impact on Soil Properties in the Northern Part of Gadarif Region, Sudan. Land Degradation & Development, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/ldr.1116

Biro, K., Pradhan, B., Buchroithner, M.F. & Makeschin, F. (2011). Land Use/Land Cover Change Analysis and its Impact on Soil Properties in the Northern Part of Gadarif Region, Sudan. Land Degradation & Development, 24, 1, 90-102.

Biro, K.G., Pradhan, B., Sulieman, H.M. & Buchroithner, M.F. (2012). Exploitation of TerraSAR-X Data for Land use/Land Cover Analysis Using Object-Oriented Classification Approach in the African Sahel Area, Sudan. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, India: Springer, 1-15.

Bolch, T., Kamp, U. & Buchroithner, M.F. (2006). Glaciers from Space. GEOconnexion International Magazine, 5, 7, 58-59.

Bolch, T., Kunert, A. & Buchroithner, M.F. (2006). Abgrenzung schuttbedeckter Gletscher aus Satellitenbildern unter Verwendung morphometrischer Parameter. Beiträge zur Jahrestagung des AK Fernerkundungs-methoden der DGPF, 19.5.2006, Berlin, 9 S., CD.

Bolch, T., Buchroithner, M.F., Kunert, A. & Kamp, U. (2007). Automated Delineation of Debris-Covered Glaciers Based on ASTER Data. In M.A. Gomarasca (Ed.), GeoInformation in Europe (=Proceedings 27th EARSeL-Symposium, 4-7 June 2007, Bozen), Netherlands: Millprint, 403-410.

Bolch, T., Buchroithner, M.F., Peters, J., Baessler, M., & Bajracharya, S. (2008). Identification of Glacier Motion and Potentially Dangerous Glacial Lakes in the Mt. Everest Region/Nepal Using Spaceborne Imagery. Natural Hazards and Earth System Sciences, 8, 1329-1340.

Bolch, T., Buchroithner, M.F., Pieczonka, T. & Baessler, M. (2008). Glacier Change and Glacial Lake Formation in Khumbu Himalaya using Digital Elevation Models und Satellite Data. EGU General Assembly 2008, Wien, Geophysical Research Abstracts, 10, EGU2008-A-10508, SRef-ID. 1607-7962/gra/EGU2008-A-10508

Bolch, T., Buchroithner, M.F., Pieczonka, T. & Kunert, A. (2008). Planimetric and Volumetric Glacier Changes in the Khumbu Himalaya 1962-2005 Using Corona and ASTER Data. Journal of Glaciology, 54, 187, 562-600.

Bolch, T., Chen, F., Wei, Y., Buchroithner, M.F., Kang, S., Kropacek, J., Linsbauer, A., Paul, F., Schneider, C., Scherer, D. & Yao, T. (2011). Past and future glacier changes in the western Nyainqentanglha Range on the Tibetan Plateau. American Geophysical Union Fall Meeting, 5-9 December 2011, San Francisco, California.

Bolch, T., Peters, J., Yegorov, A., Pradhan, B., Buchroithner, M.F. & Blagoveshchensky, V. (2011). Identification of potentially dangerous glacial lakes in the northern Tien Shan. Natural Hazards, 59, 1691-1714.

Bolch, T., Peters, J., Yegorov, A., Pradhan, B., Buchroithner, M.F. & Blagoveshchensky, V. (2012). Identification of Potentially Dangerous Glacial Lakes in the Northern Tian Shan. In B. Pradhan & M.F. Buchroithner (Eds.), Terrigenous Mass Movements, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, 369-398.

Bolch, T., Holzer, N., Neckel, N., Kropacek, J., Buchroithner, M.F. & Hochschild, V. (2014). Glacier mass budgets of High Mountain Asia from space. 10th Sino-German Workshop on Tibetan Plateau Research & DFG SPP 1372 Tibetan Plateau - Formation - Climate - Ecosystems Final Kolloquium, 10-11 December 2014, Berlin.

Bolch, T., Pieczonka, T., Bhambri, R., Buchroithner, M.F., Holzer, N., Mukherjee, K., Pellicciotti, F., Shangguan, D. & Shea, J.M. (2014). A Longer-Term Perspective. Glacier Mass Changes in High Mountain Asia since the 1970s. Proceedings 5th Third Pole Environment (TPE) Workshop, in collaboration with Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, 8-9 December 2014, Berlin.

Bollmann, J. & Buchroithner, M.F. (2006). Geovisualisierung zwischen statischer Präsentation und dynamischer Interaktion. In E. Kulke, H. Monheim & P. Wittmann (Hrsg.), Grenzwerte. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen. Proceedings 55. Deutscher Geographentag, 1.-8.10.2005, Berlin, Leipzig, Trier, 393-395.

Bringmann, O., Buchroithner, M.F. & Seifert, H.-H. (1997). Unscharfe hierarchische Interpretation komplexer analoger Pläne für semantisch adäquate Visualisierungen. Nachrichten Karten- und Vermessungswesen, 1, 117, 13-29.

Bringmann, O., Buchroithner, M.F., Fuchs, S. & Seifert, H.-H. (1998). Probalbilistic Modelling and Analysis of Technical Drawings. Proceedings of SPIE, 3346, Proceedings 6th International Workshop Digital Image Processings and Computer Graphics (DIP-97), Wien, Bellingham (Washington, USA), 198-206.

Bröhmer, K., Knust, C., Dickmann, F. & Buchroithner, M.F. (2012). Die Nutzung autostereoskopischer Monitore zur kartographischen Visualisierung von Diagrammen. Kartographische Nachrichten, 62, 5, 227-234.

Bröhmer, K., Knust, C., Dickmann, F. & Buchroithner, M.F. (2013). Z-axis Based Visualization of Map Elements – Cartographic Experiences with 3D Monitors Using Lenticular Foil Technology. The Cartographic Journal, 50, 3, 211-217.

Bruhm, K., Buchroithner, M.F. & Hetze, B. (2009). True-3D Visualization of Glacier Retreat in the Dachstein Massif, Austria. Cross-Media Hard- and Softcopy Displays. In T. Neutens & P. De Maeyer (Eds.), Developments in 3D Geo-Information Sciences. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Berlin Heidelberg: Springer, 17-32.

Bruhm, K., Buchroithner, M.F. & Hetze, B. (2009). True-3D Visualization of Glacier Retreat in the Dachstein Massif, Austria. Cross-Media Hard- and Softcopy Displays. In P. De Maeyer, T. Neutens, & M. De Ryck (Eds.), Online Proceedings 4th International Workshop on 3D Geo-Information. Ghent, 244.

Buchroithner, M.F., Holzer, H.-L., Milan, G. & Stattegger, K. (1974). Stratigraphische Untersuchungen im Paläozoikum der Ost- und Zentralpyrenäen. Österr. Akademie der Wissenschaften, 151-153.

Buchroithner, M.F. & Stattegger, K. (1975). Stratigraphische Untersuchungen im Paläozoikum der Ost- und Zentralpyrenäen II. Österr. Akademie der Wissenschaften, 127-128.

Buchroithner, M.F. (1976). Conodontenstratigraphische Untersuchungen im Paläozoikum der Ost- und Zentralpyrenäen (Ludlow-Namur; Spanien/Frankreich). Dissertation, Universität Graz, 210 S.

Buchroithner, M.F. & Milan, G. (1977). Spätvariszische Geosynklinalentwicklung in den Ostpyrenäen. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, 155, 1, 1-17.

Buchroithner, M.F, Jaeger, H. & Holzer, H.-L. (1978). Ein Graptolithen und Conodonten führendes Profil im Ludlow des Synklionoriums von Feixa – Castellas – Espahent (Zentralpyrenäen, Provinz Lerida, Spanien). Mitteilungen Österr. Geologische Gesellschaft, 68, 175, 39-49.

Buchroithner, M.F. & Gamerith, H. (1978). Pamir-e Wakhan-Dardistan. Geologische Karte der Selsela Koh-e Wakhan (Pamir-e Wakhan) und von Bereichen des Hohen Hindukusch, des Hinduraj und des westlichen Karakorum. Maßstab 1:250 000. In R. Senarclens-Grancy & R. Kostka (Hrsg.), Grosser Pamir. Graz: Druck- und Verlagsanstalt, Beilage.

Buchroithner, M.F. & Huss, H. (1978). Darrah-e Issik-e Payan. Unteres Issik-Tal. Vegetation und Geologie. Maßstab 1:25 000. In R. Senarclens-Grancy & R. Kostka (Hrsg.), Grosser Pamir. Graz: Druck- und Verlagsanstalt, Beilage.

Buchroithner, M.F. (1978). Biostatigraphische Untersuchungen im Paläozoikum der Steiermark. Mitteilungen Naturwissenschaftlicher Verein Steiermark, 108, 77-93.

Buchroithner, M.F. (1978). Contribution from Austria. Ludlow Research Group Bulletin, 25, 64-65.

Buchroithner, M.F. (1978). Ein Beitrag zu den Thermen des östlichen Wakhan. In R. Senarclens-Grancy & R. Kostka (Hrsg.), Grosser Pamir. Graz: Druck- und Verlagsanstalt, 151-165.

Buchroithner, M.F. (1978). Zur Conodontenstratigraphie vorwiegend klastischer Folgen im Devon der Ost- und Zentralpyrenäen. Mitteilungen Österr. Geologische Gesellschaft, 69, 1976, 247-266.

Buchroithner, M.F. (1978). Zur Geologie des Afghanischen Pamir. In R. Senarclens-Grancy & R. Kostka (Hrsg.), Grosser Pamir. Graz: Druck- und Verlagsanstalt, 85-118.

Buchroithner, M.F. & Kolmer, H. (1979). Notes on the Wakhan Formation of the Great Afghan Pamir and the Eastern Hindu Kush. Afghanistan Journal, 6, 2, 54-61.

Buchroithner, M.F. & Scharbert, S.M. (1979). Geoschronological Data from the Great Afghan Pamir and the Eastern Hindu Kush. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, 8, 449-456.

Buchroithner, M.F. (1979). Bericht 1977 über biostratigraphische und fazielle Untersuchungen im Altpaläozoikum der Steiermark. Verh. Geologische Bundesanstalt, Wien, 1, A 171.

Buchroithner, M.F. (1979). Biostratigraphische und fazielle Untersuchungen im Paläozoikum von Mittelkärnten. Catharina II, 169, 89, 71-95.

Buchroithner, M.F. (1979). Conodontenstratigraphische Untersuchungen im Silur und Devon der Ost- und Zentralpyrenäen. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, 55, 268-283.

Buchroithner, M.F. (1979). Contribution from Austria. Ludlow Research Group Bulletin, 26, 76-77.

Buchroithner, M.F. (1979). Das Paläozoikum von Tobelbad bei Graz. Mitteilungen Naturwissenschaftlicher Verein Steiermark, 109, 63-70.

Buchroithner, M.F. (1979). Der Bereich Windisch-Bleiberg. In H.-L. Holzer, Bericht zu den Geländearbeiten in den Bleiberger Schichten – 1979, Interner Bericht, Bleiberger Bergwerks-Union, Bad Bleiberg-Kreuth, 7-19.

Buchroithner, M.F. (1979). Die Conodontenchronologie im Karbon der Pyrenäen. Mitteilungen Österr. Geologische Gesellschaft, Wien, 70, 75-118.

Buchroithner, M.F. (1979). Geländearbeiten in den Bleiberger Schichten der Ostkarawanken. Unpublizierte Unterlagen für H.-L. Holzer (Kompilator), Bericht zu den Geländearbeiten in den »Bleiberger Schichten« – 1979, Interner Bericht, Bleiberger Bergwerks-Union, Bad Bleiberg-Kreuth, 68 S.

Buchroithner, M.F. (1979). Progress in the Geology of Afghanistan 1972-1978. Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, I, 5/6, 328-376.

Buchroithner, M.F. (1979). Tentative Photogeological Map. Sierra de Reyes Area, Argentina. Scale approx. 1:50 000. Internal File, International Institute for Areal Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.

Buchroithner, M.F., Ebner, F. & Surenian, R. (1979). Die Entwicklung der Steinbergkalke (Oberdevon, Grazer Paläozoikum) an ihrer Typuslokalität. Mitteilungen Naturwissenschaftlicher Verein Steiermark, 109, 71-84.

Buchroithner, M.F. (1980). An Outline of the Geology of the Afghan Pamirs. Tectonophysics, 62, 13-35.

Buchroithner, M.F. (1980). Conodont Faunas from Devonian and Carboniferous Conglomerates of the Western Mediterranean and their Paleogeographic Implications. Abhandlungen Geologische Bundesanstalt, Wien, 35, 191.

Buchroithner, M.F. (1980). Explanatory Notes on the Photogeological Map of the Oliete Region, Province of Teruel – Spain. Internal Report, International Institute for Areal Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, 78 pp.

Buchroithner, M.F. (1980). Great Dyke Area, South Zimbabwe. Geological Interpretation of Landsat Imagery. Scale approx. 1:500 000. Internal File, International Institute for Areal Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.

Buchroithner, M.F. (1980). Kalke bei Picamoixons. In K. Stattegger, Zur Stratigraphie und Paläogeographie des Karbon im Priorat (Katalanisches Küstengebirge/Spanien). Mitteilungen Österr. Geologische Gesellschaft, Wien, 73, 154-155.

Buchroithner, M.F. (1980). Photogeological Map of the Oliete Region, Province of Teruel – Spain. Scale approx. 1:30 000. Internal File, International Institute for Areal Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.

Buchroithner, M.F. (1980). Photorealistische Auswertung in den Niederen Tauern, Steiermark. Ungefährer Maßstab 1:30 000. Unpubliziert, angeführt und verwendet in H.W. Flügel & F.H. Neubauer (Hrsg.), Geologische Karte der Steiermark 1:200 000. Geologische Bundesanstalt Wien.

Buchroithner, M.F. (1980). Tentative Photogeological Map. Ras Koh Range, Baluchistan, SW Pakistan. Scale approx. 1:38 000. Internal File, International Institute for Areal Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.

Buchroithner, M.F., Flügel, E., Flügel, H.W. & Stattegger, K. (1980). Die Devongerölle der pläozoischen Flysch von Menorca und ihre paläogeographische Bedeutung. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, 158, 1, 1-42.

Buchroithner, M.F., Flügel, E., Flügel, H.W. & Stattegger, K. (1980). Mikrofazies, Fossilien und Herkunft der Kalk-Gerölle im Karbon-,Flysch' der Betischen Kordilleren, Spanien. Facies, 2, 1-54.

Buchroithner, M.F. & Ebner, F. (1981). Conodont Zonation and Biofacies within the European Part of the Alpine Mediterranean Mountain Belts. In S. Karamata & F.P. Sassi (Hrsg.), IGCP No. 5 Newsletter, Belgrad, 3, 35-37.

Buchroithner, M.F. & Ebner, F. (1981). Carboniferous Conodont Faunas in the Alps and SW Europe. Interne Vervielfältigungen, Wien-Graz, 52 pp.

Buchroithner, M.F. (1981). Bericht über biostratigraphische und fazielle Untersuchungen im Paläozoikum der Steiermark und Mittelkärntens. Verh. Geologische Bundesanstalt, Wien, 1, A 179.

Buchroithner, M.F. (1981). Bericht über Geländearbeiten in den Bleiberger Schichten im Bereich Topitza – Turm, S von Globasnitz (Ostkarawanken) – 1981. Interner Bericht, Bleiberger Bergwerks-Union; 17 S., Profil-zeichnungen, Bad Bleiberg-Kreuth, 4 S.

Buchroithner, M.F. (1981). Geological Setting and Chemical Geothermometry of Some Hot Springs in the Wakhan (NE Afghanistan). Verh. Geologische Bundesanstalt, Wien, 2, 19-29.

Buchroithner, M.F. (1981). Totes Meer und Umgebung. Ein Beispiel umfassender Interpretation einer Landsat-Falschfarbenkomposite. Interne Exemplare für Demonstrationszwecke (5 Blätter), Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien.

Buchroithner, M.F. (1982). Angewandte digitale Bildverarbeitung von multispektralen Landsat-Daten anhand von Beispielen aus Afrika und Asien. Zusammengestellt anlässlich der Weltausstellung im Rahmen der UNISPACE-Konferenz 1982 in Wien. Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien, Videoband (55 min.).

Buchroithner, M.F. (1982). Auswertung von Landsat-Daten im Maßstab 1:50 000 in Hinblick auf Lineamente im Raum St. Johann i. P. Interner Bericht für die Salzburger Landesregierung, Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien, 4 S.

Buchroithner, M.F. (1982). Computer-Aided Evaluation of the Major Fracture Pattern in Austria Derived from LANDSAT Data. Jahrbuch Geologische Bundesanstalt Wien, 125, 1-2, 219-279.

Buchroithner, M.F. (1982). Computergenerierte Flächenbedeckungskarten aus LANDSAT-MSS-Daten des Linzer Raumes. Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien, 17 S.

Buchroithner, M.F. (1982). Digitale Bildverarbeitung einer vergrößerten Satellitenszene der Insel Zabargad (St. John's Island, Rotes Meer, Ägypten). Fotodokumentationen von Bildschirmabspielungen. Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien.

Buchroithner, M.F. (1982). Forstklassifikation des Kobernaußer Waldes aus digitalen Landsat-Daten. Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien, 20 S.

Buchroithner, M.F. (1982). Grid for Landsat Standard Photographic Products 1:1 000 000 in EROS Data Centre Format. Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien.

Buchroithner, M.F. (1982). Österreichische Karte 1:50 000, Blatt 125 – Bischofshofen, mit lineamenttektonischer Auswertung von Landsat-Daten als Grundlage einer geothermalen Prospektion. Internes Exemplar für die Salzburger Landesregierung, Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien.

Buchroithner, M.F., Jentsch, G. & Wanivenhaus, B. (1982). Monitoring of Recent Geological Events in the Khumbu Area (Himalaya, Nepal) by Digital Processing of LANDSAT MSS Data. Rock Mechanics, 15, 4, 181-197.

Buchroithner, M.F. (1983). Gutachtliche Stellungnahme über den Stereo Facet Plotter der Firma Ottico Meccanica Italiana S.ü.A. (OMI), Rom (im Vergleich zum Stereo Zoom Transfer Scope der Firma Bausch & Lomb Inc., Rochester, N.Y., USA). Bericht für das Institut für Umwelttechnologie und angewandte Geographie der Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz, 5 S.

Buchroithner, M.F. (1983). Lineamenttektonische Auswertung von Luft- und Satellitenbildern des Gebietes der Inneren Fragant, Kärnten, 1:10 000. Internes Kartenexemplar für die Fa. KELAG; Klagenfurt.

Buchroithner, M.F. (1983). Linz im Satellitenbild. Zur Satellitenbildkarte von Linz und Umgebung. In Kulturamt der Stadt Linz (Hrsg.), Linzer Atlas, 7, 24 S.

Buchroithner, M.F. (1983). Linz im Satellitenbild. Zur Satellitenbildkarte von Linz. Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz, überarbeitete Version, Linz, 24 S.

Buchroithner, M.F. (1983). Österreichische Satellitenbildkarte 1:200 000, Blatt 48/14 – Linz. Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien.

Buchroithner, M.F. (1983). Rezension. Walter Steiner. Auf Gletschern des Pamir. Ein geologisches Abenteuer. VEB Brockhaus, Leipzig 1982, Österr. Alpenzeitung, Wien, 101, 1452, 125.

Buchroithner, M.F. (1983). Satellitenbildauswertung von Blatt 66 Gmunden und Umgebung. Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1983, Gmunden, Salzkammergut, Oberösterreich, Geologische Bundesanstalt, Wien, 9-10 und 15.

Buchroithner, M.F. (1983). Satellitenbildkarte der Nordhälfte der Österreichischen Karte 1:200 000, Blatt 47/28 – Glurns. Geometrische nach Gauß-Krüger entzerrte und radiometrisch optimierte Karte. Kontraktarbeit für die Österreichische Mineralölverwaltung (ÖMV).

Buchroithner, M.F. (1983). Satellitenbildkarte der Nordhälfte der Österreichischen Karte 1:200 000, Blatt 47/29 – Innsbruck. Geometrische nach Gauß-Krüger entzerrte und radiometrisch optimierte Karte. Kontraktarbeit für die Österreichische Mineralölverwaltung (ÖMV).

Buchroithner, M.F. (1983). Satellitenbildkarte der Nordhälfte der Österreichischen Karte 1:200 000, Blatt 47/12 – Bruneck (Brunico). Geometrische nach Gauß-Krüger entzerrte und radiometrisch optimierte Karte. Kontraktarbeit für die Österreichische Mineralölverwaltung (ÖMV).

Buchroithner, M.F. (1983). Satellitenbildkarte Hohe Tauern 1:200 000. Veröffentlichungen Österr. Maß-Programm, 7, Beilage Maß-Kartenband Hohe Tauern, Innsbruck.

Buchroithner, M.F. (1983). Satellitenbildkarte Hohe Tauern im Maßstab 1:200 000. Veröffentlichungen Österr. Maß-Programm, 7, Maß-Kartenband Hohe Tauern, Innsbruck, 11-22.

Buchroithner, M.F. (1983). Satellitenbildkarte von Linz und Umgebung mit Klassifikation 1:100 000. 1. Falschfarben-Satellitenbildkarte. 2. Klassifiziertes Satellitenbild. In Kulturamt der Stadt Linz (Hrsg.), Linzer Atlas, Heft 7.

Buchroithner, M.F. (1984). Erläuterungen zur Karte der Landsat-Bildlineamente von Österreich 1:500 000, Geologische Bundesanstalt, Wien, 16 S.

Buchroithner, M.F. (1984). Identification of Extensive Flash Flood Erosions in Remote Areas Using Landsat MSS and Metric Camera Data. Proceedings World Conference Remote Sensing, Bayreuth, 3 pp.

Buchroithner, M.F. (1984). Karte der Landsat-Bildlineamente von Österreich 1:500 000. Geologische Themakarte, Geologische Bundesanstalt, Wien.

Buchroithner, M.F. (1984). Luft- und Satellitenbildauswertung im Rahmen einer Leukophyllitprospektion in der Buckligen Welt und im Rosaliengebirge (Niederösterreich). Interner Bericht mit Karten für die Fa. Austromineral, Wien, 8 S., 5 Kartenbeilagen 1:30 000 und 1:15 000.

Buchroithner, M.F. (1984). Österreichische Satellitenbildkarte 1:200 000, Blatt 47/10 – Glurns. Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien.

Buchroithner, M.F. (1984). Photogeologische Luftbildauswertung des Semmering-Gebietes, Niederösterreich-Steiermark, 1:25 000. Kontraktarbeit für die ARGE Semmering-Schnellstraße, Wien.

Buchroithner, M.F. (1984). Photogeologische Zusatzinformationen zu einer Luft- und Satellitenbildauswertung im Rahmen einer Weißerdeprospektion in der Buckligen Welt und im Rosaliengebirge (Niederösterreich). Interner Bericht mit Karten für die Fa. Austromineral, Wien, 4 S., 4 Kartenbeilagen 1:50 000.

Buchroithner, M.F. (1984). Quantitative Evaluation of the Major Fracture Pattern in Austria. Geologische Rundschau, 73, 1, 399-418.

Buchroithner, M.F. & Gamerith, H. (1985). On the Geology of the Tirich Mir Area, Central Hindu Kush (Pakistan). Jahrbuch Geologische Bundesanstalt, Wien, 128, 367-381.

Buchroithner, M.F. (1985). Geological Map of the Tirich Mir, Hindu Kush – Pakistan, Scale 1:50 000. Jahrbuch Geologische Bundesanstalt, Wien, 128, 4.

Buchroithner, M.F. (1985). Geological Mapping of Remote Mountainous Regions Using Metric Camera Imagery. Initial Experiences with Photogrammetric Space Images. Mitteilungen Österr. Geologische Gesellschaft, Wien, 77, 115-149.

Buchroithner, M.F. (1985). Geological Mapping of Remote Mountainous Regions Using Metric Camera Imagery. Proceedings Metric Camera Workshop 1985, Paris: ESA Special Publication, 209, 103-108.

Buchroithner, M.F. (1985). Redigierung und fachliche Ergänzung von Domik, G., Kienegger, E., Leberl, F. & Raggam, J. Study on the Use of Characteristics of SAR for Geological Applications. Part II. Radargrammetry Aspects. Final Report, ESA Contract No. 5443/83/D/IM(SC), DIBAG Reports, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 20, 96 pp.

Buchroithner, M.F. (1985). Satellitenbildkarte von Steiermark und Umgebung. Maßstab ca. 1:570 000. In G. & L. Auferbauer (Hrsg.), Erlebnis Steiermark. Buchvorsatz, Graz: Leopold Stocker-Verlag.

Buchroithner, M.F. (1985). Thematic Mapping and Erosion Monitoring with Metric Camera Imagery Using Computer-Aided Methods. CERMA Conference Series, Proceedings Workshop Remote Sensing & Geography Information System, Washington D.C., 3, 1-10.

Buchroithner, M.F. (1985). Zur Geologie des Altai. Österr. Alpenzeitung, 103, 3/4, 32-35.

Buchroithner, M.F., Kainz, W. & Ranzinger, H. (1985). Geowissenschaftliche Aktivitäten am Institut für Digitale Bildverarbeitung und Graphik der Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz, Österr. Zeitschrift Vermessungswesen und Photogrammetrie, 73,1, 69-73.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1986). Zur Herstellung einer topographisch-thematischen Karte des Tirich Mir-Gebietes (Hindukusch). Kartographische Nachrichten, 36, 5, 171-179.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1987). Die Kombination von terrestrischen und Fernerkundungsaufnahmen, gezeigt am Beispiel der geologischen Karte des Tirich Mir-Gebietes (Hindukusch/Pakistan). Mitteilungen Österr. Geographische Gesellschaft, 128, 138-146.

Buchroithner, M.F. & Triebnig, G. (1986). Radargrammetry as a Tool for Geoscientific Applications. International Archives Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 26, 2, 322-332.

Buchroithner, M.F. (1986). Geologisch-geotechnische Anwendungsbeispiele von Fernerkundungsdaten verschiedener Sensoren. Proceedings ASSA Symposium Fernerkundung, Wien 1985, Mitteilungen Bundesforstliche Versuchsanstalt, Wien, 157, 163-172.

Buchroithner, M.F. (1986). Integrative Systems for Remote Sensing. ESA Special Publication, Paris, 258, 199-203.

Buchroithner, M.F. (1986). Satellitenbildkarte Steiermark. Landes-Umwelt-Informationssystem (LUIS). Basiskarte 1:200 000. Hergestellt im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.

Buchroithner, M.F., Hütter R. & Ranzinger, M. (1986). Computergestützte Landnutzungskartierung des Bezirks Leibnitz, Steiermark, im Maßstab 1:50 000 basierend auf Landsat-Thematic Mapper-Daten. Farbphotokarte, Hergestellt im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.

Buchroithner, M.F. (1987). Die Herstellung der Österreichischen Satellitenbildkarten 1:100 000 und 1:200 000. Forschungen zur Theoretischen Kartographie, Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien, 8, 46 S., 4 Satellitenbildkarten.

Buchroithner, M.F. (1987). Fernerkundung zur Kartierung alpiner Räume. Festband Festkolloquium 80 Jahre Lehrstuhl Geographie Universität München, November 1986, Münchner Geographische Abhandlungen, 4, 121-137.

Buchroithner, M.F. (1987). Forest Classification Using Landsat MSS and TM Data. An Austrian Approach. IIASA Working Papers, Abstracts Seminar Remote Sensing and Forest Decline Attributed to Air Pollutants, Laxenburg.

Buchroithner, M.F. (1987). Forschungsvorhaben und Software-Entwicklung am Institut für Digitale Bildverarbeitung und Graphik der Forschungsgesellschaft Joanneum. Proceedings 10. Fachtagung Berichte aus Informatikforschungsinstitutionen, Wien, Schriftenreihe der Österr. Computer Gesellschaft, 37, 80-93.

Buchroithner, M.F. (1987). Geologische Kartierung entlegener Gebirgsregionen mittels Metric Camera-Aufnahmen. In R. Kostka (Hrsg.), Erderkundende Weltraumphotographie und ihre Anwendung in der Gebirgskartographie. Mitteilungen Geodätische Institute TU Graz, 57, 117-156.

Buchroithner, M.F. (1987). User Requirements for Geocoded SAR Imagery. Experiences from Radargrammetric Application Studies. Proceedings Workshop Image Rectification Techniques for Space-borne Synthetic Aperture Radar, Loipersdorf (Steiermark), DIBAG Reports, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 29, 89-91.

Buchroithner, M.F., Kaufmann, V. & Mansberger, R. (1987). Austrian Results of the LFC OEEPE Test on Map Compilation and Revision for Developing Countries. Abstracts International Scientific Colloquium Use of Space Photographic Data for Mapping the Earth Surface, Leipzig.

Buchroithner, M.F, Domik, G., Kropatsch, W.G., Leberl, F.W., Paar, G., Raggam, J., Riaza, A., Strobl, D. & Triebnig, G. (1988). Radargrammetric Image Data Evaluation. Final Report, ESA Contract No. 6.621/85/F/FL(SC), DIBAG Reports, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, Austria, 30,139 pp.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1988). Remote Sensing. Towards Operational Cartographic Application. Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz, 314 pp.

Buchroithner, M.F. & Ranzinger, M. (1988). Landnutzungskartierung zur Umweltplanung mittels Satellitenbilddaten. In F. Pichler & A. Pinz (Hrsg.), Statistik und Mustererkennung, Schriftenreihe der Österr. Computer Gesellschaft, Wien: R. Oldenbourg, 42, 9-21.

Buchroithner, M.F. (1988). Computergestütze Auswertung von Weltraumphotographien. Veröfftlichungen Zentralinstitut für Physik der Erde, Potsdam, 93, 1, 90-98.

Buchroithner, M.F. (1988). Computergestützte Auswertung von Satellitenbilddaten in der Forschungsgesellschaft Joanneum. Proceedings Internationales Symposium Digitale Technologien in der Kartographie, Wien 1986, Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, 1, 63-77.

Buchroithner, M.F. (1988). Einsatz von Fernerkundungsdaten in der Umweltforschung. Kurzfassungen der Referate, Umweltwissenschaftliche Fachtage, Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz.

Buchroithner, M.F. (1988). Forest Classification with Landsat MSS and TM Data – An Austrian Approach. Proceedings Seminar on Remote Sensing of Forest Decline Attributed to Air Pollution, Luxemburg 1987, EPRI EA-5715, Project 2661-19, Palo Alto, California, 6.1.

Buchroithner, M.F. (1988). Spaceborne Remote Sensing for Regional Planning. Applications in Austria. In E. Lichtenberger & M. Pecsi (Hrsg.), Contemporary Essays in Austrian and Hungarian Geography, Studies in Geography in Hungary, Budapest: Akademie der Wissenschaften, 22, 113-122.

Buchroithner, M.F. (1988). Spaceborne Stereo-Photography for Mapping of High Mountain Terrain. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Kyoto, 27, B2, 481-490.

Buchroithner, M.F., Kaufmann, V. & Mansberger, R. (1988). Austrian Results of the LFC OEEPE Test on Map Compilation and Revision for Developing Countries. Proceedings International Scientific Colloquium Use of Space Photographic Data for Mapping of the Earth-Surface, Leipzig, 1987, 175-185.

Buchroithner, M.F. (1989). Fernerkundungskartographie mit Satellitenaufnahmen – Digitale Methoden, Reliefaspekte, geowissenschaftliche Applikationsbeispiele. Die Kartographie und ihre Randgebiete, Enzyklopädie in Verbindung mit der Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien: Franz Deuticke, IV/2, 523 S.

Buchroithner, M.F. (1989). Informationsverarbeitung für den Umweltschutz. Flächenerhebungen in der Landnutzung mittels Satelliten-Fernerkundungsdaten. Proceedings Umweltwissenschaftliche Fachtage, Joanneum Research, Graz, 33-38.

Buchroithner, M.F. (1989). Slant Range vs. Geocoded SAR Imagery. Implications for Geomorphological Information Extraction. Proceedings 2nd International Workshop on Image Rectification of Spaceborne Synthetic Aperture Radar, Loipersdorf (Steiermark), DIBAG Reports, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 40, 88.

Buchroithner, M.F. (1989). Stereo-Viewing from Space. Advances in Space Research, London, 9, 1, 29-40.

Buchroithner, M.F., Gevorkian, R.G. & Karachanian, A.S. (1989). Resultaty geologo-strukturnogo analisa aerokosmitscheskoj informatsii po sone Spitakskogo semletrjasenija (Armenija) – Resultate einer geologisch-strukturellen Analyse von aerokosmischen Daten der Zone des Spitak-Erdbebens (Armenien). Proceedings 10. Mikrosymposium über relativistische Planetologie, Moskau, 2 S.

Buchroithner, M.F., unter Einbindung eines Beitrags von Qian, F. (1989). Zur Gewinnung und Darstellung von Landinformation in Fernerkundungsbildern. Institut für Kartographie der Österr. Akademie der Wissenschaften, Mitteilungen und Berichte des Instituts, Sammelband der Hefte 10-20, 2/1-2/18.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1990). An International Test Site for High Mountain Remote Sensing Cartography. Abstracts 14th International Cartographic Conference, 17-24 August 1989, Budapest, 3.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1990). Hochgebirgsforschung weltweit. Nachrichten Alpenverein Graz, 2, 44-45.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1990). TADAT – An International Alpine Test Site for Remote Sensing Data Evaluation. Proceedings 9th EARSeL Symposium, Espoo, Commission of the European Communities Publ., EUR 12827 EN, Brüssel-Luxemburg, 306-310.

Buchroithner, M.F. & Prechtel, N. (Hrsg.). (1990). Alpines Ostösterreich. Ein Exkursionsführer. Institut für Geographie der Universität München, Lehrstuhl für Geographie und Geographische Fernerkundung, 103 S.

Buchroithner, M.F. (1990). Erläuterungen zur Karte der Lineamentanalyse von 2 Landsat-TM-Szenen von Süd-Ost-Jordanien als Basis für Erdölprospektion im Maßstab 1:250 000. Interner Bericht, Kontraktarbeit für die Österreichische Mineralölverwaltung (ÖMV), 4 S., 2 Kartenbeilagen.

Buchroithner, M.F. (1990). Geocoded Spaceborne SAR Products for Geological Applications. Proceedings ESA Summer School, Alpbach, August 1989, ESA Special Publication, Paris, 301, 95-103.

Buchroithner, M.F. (1990). Geologische Anwendungen von Weltraum-SAR-Daten. Proceedings 10. DFD-Nutzerseminar, Oberpfaffenhofen, September 1989, Köln-Porz, 35-40.

Buchroithner, M.F. (1990). Lineamentanalyse von 2 Landsat-TM-Szenen von Süd-Ost-Jordanien als Basis für Erdölprospektion im Maßstab 1:250 000. Kontraktarbeit für die Österreichische Mineralölverwaltung (ÖMV).

Buchroithner, M.F., Hafner, K., Paar, G., Strobl, D. & Triebnig, G. (1990). Assessment of the Potential of Spaceborne Microwave Data (Seasat) for Land Cover/Land Use Studies in Developing Countries. Final Report, Contract to an ESA/FAO Joint Study, DIBAG Reports, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 44, 45 pp.

Buchroithner, M.F., Riegler, E. & Strobl, D. (1990). Computer-Assisted Analysis of Lineament Density. Proceedings III. Symposium für Tektonik, Struktur- und Kristalllingeologie, Graz, 31-36.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1991). Towards Operational Application of Remote Sensing in High-Mountain Cartography. Proceedings 15th International Cartographic Conference, 23 September-1 October 1991, Bournemouth, 1, 91-395.

Buchroithner, M.F. & Rott, H. (1991). Experiences with Multiparameter SAR Data in High-Alpine Terrain – Initial Results. Proceedings 3rd International Workshop on Image Rectification of Spaceborne Synthetic Aperture Radar, Farm Castle, 21-28.

Buchroithner, M.F. (1991). Europe. From Sea Level to Alpine Peaks, from Iceland to the Urals. Proceedings 11th EARSeL Symposium, Joanneum Research, Graz, 506 pp.

Buchroithner, M.F. (1991). Geocoded Remote Sensing Data Sets for Cartographic-Geoscientific Applications. Bilten Savj. Dalj. Istraziv. Fotointerpret. Croatian Academy of Sciences, Zagreb, Abstracts, 1.11., 61.

Buchroithner, M.F. (1991). Mapping of High-Alpine Terrain Using Geocoded Multi-Sensor Data. Proceedings 8th ERIM Thematic Conference Geologic Remote Sensing, Denver, Colorado, Ann Arbor, 1349-1362.

Buchroithner, M.F. (1991). Möglichkeiten der Informationsgewinnung für GIS mittels Fernerkundung. Proceedings Grazer Geoinformatik-Tage '91, Mitteilungen Geodätische Institute TU Graz, 70, 45-46.

Buchroithner, M.F. (1991). Multi-Frequency Multi-Polarisation SAR Data Applied to High-Alpine Geological Mapping. Abstracts 11th EARSeL Symposium Graz, 4.

Buchroithner, M.F. (1991). Three Dimensional Analysis of Submarine Sedimentary Trails by Means of Spaceborne Remote Sensing. GeoJournal, 24, 1, 93-101.

Buchroithner, M.F., Changyao, W. & Hengzhang, L. (1991). Landslide Erosion in the Loess Plateau (P.R. China) by Remote Sensing. Proceedings International Symposium on Geological Hazards, Beijing, 550-564.

Buchroithner, M.F., Kolejka, J. & Kostka, R. (1991). Remote Sensing Application for Geomorphological Studies in the Bagmati Valley South of Kathmandu (Nepal). Mountain Research and Development, Davis, California, 11, 4, 281-294.

Buchroithner, M.F., Raggam, J. & Strobl, D. (1991). Geokodierung und geometrische Qualitätskontrolle als Grundlage für kartographisch-geowissenschaftliche Auswertung von ERS-1-SAR-Daten. Die Geowissenschaften, Forschung und Praxis, 9, 4-5.

Buchroithner, M.F., Strobl, D. & Raggam, J. (1991). Geocoding and Geometric Quality Control of Spaceborne SAR Data as a Basis for Cartographic and Geoscientific Mapping. Abstracts 42nd Congress International Astronautical Federation, Montreal, IAF-91-156.

Buchroithner, M.F., Strobl, D. & Raggam, J. (1991). Geocoding and Geometric Quality Control of Spaceborne SAR Data as a Basis for Cartographic and Geoscientific Mapping. Proceedings 42nd Congress International Astronautical Federation, Montreal, IAF-91-156, 1-8.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1992). Hochgebirgsforschung aus dem Bereich der Akademischen Sektion Graz. Festschrift 100 Jahre Akademische Sektion Graz des Österr. Alpenvereins, 87-106.

Buchroithner, M.F. (1992). Mitglieder der Akademischen Sektion Graz in aller Welt. Festschrift 100 Jahre Akademische Sektion Graz des Österr. Alpenvereins, 29-31.

Buchroithner, M.F. (1992). Polarimetric Multi-Frequency SAR Data Applied to High-Alpine Geological Mapping. EARSeL Report on Specialist Meeting Radar in Geology, Graz, 1991, 29-38.

Buchroithner, M.F. (1992). Polarimetric Multi-Frequency SAR Data Applied to the Mapping of High-Alpine Environments. Abstracts 29th International Geolgical Congress, Kyoto, 3, 973.

Buchroithner, M.F. (1992). Rezension. Ravi P. Gupta. Remote Sensing Geology. Springer-Verlag 1991, Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 80.

Buchroithner, M.F., Almer, A., Raggam, J. & Strobl, D. (1992). Multisensor Data Applications for Digital Landscape Models. Proceedings ISY 1992 Congress, München, ESA ISY Publication 2, 251-258.

Buchroithner, M.F., Häusler, H., Leber, D., Jiyuan, L. & Xingnian, Z. (1992). Geo-Oriented Digital Landscape Modelling in the "Three River Valley Area", Xizang (Tibet), Based on Multisensor Remote Sensing Data. Abstracts 2nd International Symposium High Mountain Remote Sensing Cartography, Beijing-Lhasa, 3 pp.

Buchroithner, M.F., Schmitt, U., Strobl, D. & Suda, S. (1992). Untersuchungen chemischer und physikalischer Bodenschädigungen mittels kosmischer Fernerkundung. DIBAG Reports, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 59, 45 S.

Buchroithner, M.F., Strobl, D. & Raggam, J. (1992). Multisensor Data Merging for G.I.S. Applications. Abstracts EARSeL Workshop on Analysis of Earth Observation Space Data Integration, Sinaia.

Buchroithner, M.F. & Fischer, R. (1993). Generation of High-Quality 1:25 000 and 1:50 000 Satellite Image Maps of High-Relief Terrain. Proceedings 16th International Cartographic Conference, 3-9 May 1993, Cologne, 655-665.

Buchroithner, M.F. & Fischer, R. (1993). High Quality 1:25 000 and 1:50 000 Satellite Image Maps for High-Mountainous Terrain. Abstracts 25th International Symposium on Remote Sensing and Global Environmental Change, 4-8 April 1993, Graz.

Buchroithner, M.F. & Fischer, R. (1993). High-Quality 1:25 000 and 1:50 000 Satellite Image Maps for High-Mountainous Terrain. Proceedings 25th International Symposium on Remote Sensing and Global Environmental Change, 4-8 April 1993, Graz, 2, 553-564.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1993). The International TADAT High Mountain Remote Sensing Programme in the Austrian Alps. Present Status. Proceedings 2nd International Symposium High Mountain Remote Sensing Cartography, Beijing-Lhasa: Astronautical Publ. House, 59-66.

Buchroithner, M.F. (1993). Cartographic Information Extraction from SAR Images Using Filtering and Textural Analysis. In G. Schreier (Hrsg.), SAR-Geocoding. Data and Systems, Karlsruhe: Wichmann-Verlag, 353-372.

Buchroithner, M.F. (1993). Fernerkundungskartographie und GIS. Kartographische Schriften, Bonn: Kirschbaum-Verlag, 1, 88-98.

Buchroithner, M.F. (1993). Generation of Comprehensive Multisensoral GIS Data Bases in Alpine Terrain. Mitteilungen Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessung, Universität Hannover, 15, 297-307.

Buchroithner, M.F. (1993). GPS-Gestützte Verfahrenslösungen in Photogrammetrie und Kartographie. Kurzfassungen der Vorträge zum 31. DVW-Seminar, Dresden.

Buchroithner, M.F. (1993). GPS-Gestützte Verfahrenslösungen in Photogrammetrie und Kartographie. Schriftenreihe des DVW, Stuttgart: Konrad Wittwer-Verlag, 11, 342-344.

Buchroithner, M.F. (1993). Korallenriffe und Gletscherströme. Zur geologischen Entwicklung des Dachsteins. Alpenvereinsjahrbuch, München: Bergverlag Rudolf Rother, 61-74.

Buchroithner, M.F., Häusler, H., Leber, D., Jiyuan, L. & Xingnian, Z. (1993). Geo-Oriented Digital Landscape Modelling in the Three River Valley Area, Xizang (Tibet), Based on Multisensor Remote Sensing Data. Proceedings 2nd International Symposium High Mountain Remote Sensing Cartography, Beijing-Lhasa, 53-58.

Buchroithner, M.F., Stams, W. & Andreas, G. (1993). Gestalterische Konzeption für ein Musterblatt einer computergestützt generierten Alpenvereinskarte. Für den Österr. Alpenverein Innsbruck verfasster interner Bericht, TU Dresden, 23 S.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1994). High Mountain Remote Sensing Cartography. The TADAT Research Project in the International Tauern Dachstein Testsite. Final Report. Executive Summary FWF Project P 8048GEO, 17 pp.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1994). Hochgebirge, Kartographie und kosmische Fernerkundung (Einige grundlegende Bemerkungen). In R. Kostka & M.F. Buchroithner (Eds.), High Mountain Remote Sensing Cartography. Results of the TADAT Research Project in the International Tauern Dachstein Testsite, 1, 1-13.

Buchroithner, M.F. (1994). Rezension. Francesco Holecz. Postprocessing von SAR-Satellitenbilddaten. Universität Zürich, 1993, EARSeL Newsletter, 18, 23.

Buchroithner, M.F. (1994). TUGIS – das raumbezogene Imformationssystem der Technischen Universität Dresden. Nachrichten Karten- und Vermessungswesen, 1, 111, 43-49.

Buchroithner, M.F., Raggam, J., Strobl, D. & Almer, A. (1994). Multisensor Data Merging for Digital Landscape Modelling. Proceedings EARSeL Workshop Analysis of Earth Observation Space Data Integration, Sinaia, 1992, 34-42.

Buchrotihner, M.F. (1994). Three-Dimensional Remote Sensing Data Representation for Regional Planning. In J. Denegre (Ed.), Thematic Mapping from Satellite Imagery. A Guidebook, Oxford: Elsevier. S. 167-172, EARSeL Newsletter, 1998, 33, 20-21.

Buchroithner, M.F. & Granica, K. (1995). SAR Data as Tools for Geohazard Applications. Abstracts The Space Congress Environmental Assessment of Geological Hazards, 23-25 May 1995, Bremen.

Buchroithner, M.F. & Granica, K. (1995). SAR Data as Tools for Geohazard Applications. Environmental Assessment of Geological Hazards, European Space Report, München, 104-119.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1995). Problems and Computer-Assisted Solutions in High-Mountain Remote Sensing Cartography. ICIMOD Publications, Kathmandu, 10 pp.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1995). Problems and Computer-Assisted Solutions in High-Mountain Remote Sensing Cartography. Kartographische Bausteine, TU Dresden, 12, 1-18.

Buchroithner, M.F. & Neudeck, S. (1995). Comparative Investigations of Himalayan Trekking Maps of the Annapurna Region. Proceedings 17th International Cartographic Conference, 3-9 September 1995, Barcelona, 2, 7 pp.

Buchroithner, M.F. (1995). Das interdisziplinäre Projekt für Hochgebirgsfernerkundung TADAT (Tauern-Dachstein-Region). Methoden und Ergebnisse. Zeitschrift des Instituts für Österreichkunde, Wien, 8 S.

Buchroithner, M.F. (1995). Der Katun-Nationalpark im Altai. Österr. Alpenzeitung, 1521, 43-48.

Buchroithner, M.F. (1995). Digitale Landnutzungskartierung Sachsens und Anwendungen für die Verkehrsplanung. Mitteilungen Geodätische Institute TU Graz, 80, 77-78.

Buchroithner, M.F. (1995). EU Human Capital and Mobility Contract Awarded to a Group of EARSeL Laboratories. EARSeL Newsletter, 21, 11-12.

Buchroithner, M.F. (1995). Generation of Comprehensive Multisensoral GIS Data Bases in Alpine Terrain. Proceedings 3rd International Symposium on High-Mountain Remote Sensing Cartography, Mendoza, 1-16.

Buchroithner, M.F. (1995). Jokulhaup Mapping in the Himalayas by Means of Remote Sensing. In M.F. Buchroithner (Hrsg.), High Mountain Remote Sensing Cartography, Kartographische Bausteine, TU Dresden, 12, 75-86.

Buchroithner, M.F. (1995). Jokulhlaup Mapping in the Himalayas by Means of Remote Sensing. ICIMOD Publications, Kathmandu, 10 pp.

Buchroithner, M.F. (1995). Problems of Mountain Hazard Mapping Using Spaceborne Remote Sensing Techniques. Advances Space Research, 15, 11, 57-66.

Buchroithner, M.F. (1995). Quomolangma Nature Preserve. Von der Schwierigkeit, den rechten Weg zu finden. In K. Luger & K. Inmann (Hrsg.), Die verreisten Berge. Kultur und Tourismus im Hochgebirge, Innsbruck: Österr. Studienverlag, 18 S.

Buchroithner, M.F. (1995). Satellitenbildkarten und GIS. 4. Internationales Anwenderforum 1995 Geoinformationssysteme im Wandel, Straelen: Verlag P. Keuck, 253-266.

Buchroithner, M.F. (1995). Selected Examples of Operational Remote Sensing Applications in Europe. National Greek Space Concept, Athen, Hellenic Space Committee, 4 pp.

Buchroithner, M.F. (1995). Selected Examples of Operational Remote Sensing Applications in Europe. In D. Rokos (Ed.), Earth Observation and Monitoring Systems, Athen: Alternative Editions, 147-151.

Buchroithner, M.F. (Ed.). (1995). High-Mountain Remote Sensing Cartography. Proceedings 1st International Symposium on High-Mountain Remote Sensing Cartography, Schladming 1990, ICIMOD Publications.

Buchroithner, M.F. & Ebert, D. (1996). Elbsandsteingebirge – Labské piskovce. Satellitenbildkarte – Druzicová mapa – Satellite Image Map. 1:50 000. Farbkarte, Nationalparkverwaltung Sächsische Schweiz, Königstein.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1996). Hochgebirge, Kartographie und kosmische Fernerkundung – Einige grundsätzliche Bemerkungen. In Institut für Kartographie der TU Dresden (Hrsg.), Veröffentlichungen, gewidmet Herrn Prof. Dr. Wolfgang Pillewizer zum 85. Geburtstag, Dresden, 43-56.

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1996). Hochgebirge, Kartographie und kosmische Fernerkundung. Einige grundsätzliche Bemerkungen. Kartographische Nachrichten, 46, 4, 140-148.

Buchroithner, M.F. (1996). Das interdiziplinäre Projekt für Hochgebirgsfernerkundung TADAT (Tauern-Dachstein-Region). Methoden und Ergebnisse. Zeitschrift des Instituts für Österreichkunde, 40,1, 280, 46-52.

Buchroithner, M.F. (1996). Erkundungsexpedition in das westliche Altai-Gebirge. Mitteilungen Akademische Sektion Graz des Österr. Alpenvereins, 22-23.

Buchroithner, M.F. (1996). Rezension. Lorenz Hurni. Modellhafte Arbeitsabläufe zur digitalen Erstellung topgraphischer und geologischer Karten und dreidimensionalen Visualisierungen. Dissertation, ETH Zürich, 11066, 1995/1, 190 S., Kartographische Nachrichten, 46, 3, 120-121.

Buchroithner, M.F. (Hrsg.). (1996). High-Mountain Remote Sensing Cartography. Kartographische Bausteine, TU Dresden, 12, 144 S.

Buchroithner, M.F. & Granica, K. (1997). Applications of Imaging Radar in Hydro-Geological Disaster Management. A Review. Remote Sensing Reviews, New York, London, 16, 1-2, 134 pp.

Buchroithner, M.F. & Granica, K. (1997). Applications of Imaging Radar in Hydro-Geological Disaster Management: A Review. Remote Sensing Reviews, Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 16, 1-2, 1-134. DOI: 10.1080/02757259709532348

Buchroithner, M.F. & Kostka, R. (1997). Conceptual Considerations on High-Mountain Cartography and Spaceborne Remote Sensing. Proceedings 18th International Cartographic Conference, 23-27 June 1997, Stockholm, 4, 2056-2059.

Buchroithner, M.F. & Wilfert, I. (1997). GIS and Remote Sensing. The Project-Oriented Dresden Education Experience. Proceedings Joint European Conference on Geographic Information, Wien, 2, 1544-1551.

Buchroithner, M.F. & Wilfert, I. (1997). GIS and Remote Sensing. The Project-Oriented TU Dresden Education Experience. In Institut für Kartographie der TU Dresden (Hrsg.), Kartographie, Fernerkundung, Umweltschutz – Eine Auswahl von Publikationen. Herrn Prof. Dr.rer.nat.habil. Hellmuth Barthel zum 70. Geburtstag, Dresden, 14-17.

Buchroithner, M.F. (1997). Combined Image-Line Maps. An Optimal Visualisation Means for Planetary Maps. Proceedings 18th International Cartographic Conference, 23-27 June 1997, Stockholm, 3, 1597-1603.

Buchroithner, M.F. (1997). Deutschland-Satellitenbildkarte. In Institut für Länderkunde (Hrsg.), Atlas Bundesrepublik Deutschland, Pilotband, Leipzig, 30-31.

Buchroithner, M.F. (1997). HMRSC IV – Viertes internationales Symposium über Fernerkundung in der Hochgebirgskartographie. Kartographische Nachrichten, 47, 1, 19.

Buchroithner, M.F. (1997). Rezension. Martin Gurtner. Karten lesen. Handbuch zu den Landkarten. Gemeinschaftsausgabe Schweizer Alpenclub und Bundesamt für Landestopographie, 288 S., Kartographische Nachrichten, 47, 1, 36-37.

Buchroithner, M.F., Koch, W.G. & Wilfert, I. (Hrsg.). (1997). Veröffentlichungen der Mitarbeiter und Lehrbeauftragten des Studienganges Kartographie der TU Dresden 1982-1996. TU Dresden, 33 S.

Buchroithner, M.F., Prechtel, N. & Hessing, C. (1997). Alpine Game Habitat Mapping Using Remote Sensing and GIS. Proceedings 4th International Symposium High-Mountain Remote Sensing Cartography, 19-29 August 1996, Karlstad, 61-69.

Buchroithner, M.F., Prechtel, N. & Hessing, C. (1997). High Mountain Game Habitat Assessment Using Remote Sensing. In Institut für Kartographie der TU Dresden (Hrsg.), Kartographie, Fernerkundung, Umweltschutz – Eine Auswahl von Publikationen. Herrn Prof. Dr.rer.nat.habil. Hellmuth Barthel zum 70. Geburtstag, Dresden, 36-48.

Buchroithner, M.F. & Böhm, R. (1998). Cartographic Relief Representations with DEM Filtering Techniques. International Archives Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXII, 7, 627-632.

Buchroithner, M.F. & Kirschenbauer, S. (1998). Derivation of Relief Information from Various Cartographic Representations. In K. Kriz (Hrsg.), Hochgebirgskartographie – Silvretta '98 – High Mountain Cartography. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, 11, 65-75.

Buchroithner, M.F. & Michler, E. (1998). Assistance in Automated Real-Time Analysis of Remote Sensing Data through Fusion with Synchronous Non-Imaging Data. Proceedings 2nd International Conference Fusion of Earth Data, Sophia Antipolis, Nice: SEE/URISCA, 157-160.

Buchroithner, M.F. & Teichmann, D. (1998). Surveying Mapping and 3D Visualisation of a Complex Cave System. In K. Kriz (Hrsg.), Hochgebirgskartographie – Silvretta '98 – High Mountain Cartography. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Wien, 11, 154-162.

Buchroithner, M.F. (1998). Das Loch im Stein – Vermessung, Kartierung und computergestützte 3D-Visualisierung der Dachsteinsüdwandhöhle. Wissenschaftlicher Film, Projektleitung, Drehbuch, Aufnahmeorganisation in Zusammenarbeit mit dem Audiovisuellen Medienzentrum, TU Dresden, 20 min.

Buchroithner, M.F. (1998). Erstes stereoskopisches kartographisches Display. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 6, 378-379.

Buchroithner, M.F. (1998). Geodata Interrelations. Inventory and Structuring Attempt of Taxonomic Diversity. Proceedings 2nd International Conference Fusion of Earth Data, Sophia Antipolis, Nice: SEE/URISCA, 11-15.

Buchroithner, M.F. (1998). Lehre und Forschung – Erfahrungen der 90er Jahre. In M.F. Buchroithner, W.G. Koch & I. Wilfert (Hrsg.), 40 Jahre Kartographieausbildung an der Technischen Universität Dresden 1957-1997. Kartographische Bausteine, TU Dresden, 14, 37-50.

Buchroithner, M.F. (1998). Meteorological and Earth Observation Remote Sensing Data for Mass Movement Preparedness. 49th International Astronautical Congress, Melbourne, IAF-98-C.2.02, 14 pp.

Buchroithner, M.F. (1998). Rezension. Hansruedi Bär. Interaktive Bearbeitung von Geländeoberflächen. Geoprocessing, 25, 143 S., Geographisches Institut Universität Zürich, 1996, Kartographische Nachrichten, 48, 3, 171-172.

Buchroithner, M.F. (1998). Rezension. Robert Kostka. The Franz Joseph Land Archipelago. Remote Sensing and Cartography. Ergänzungshefte zu Petermanns Geographische Mitteilungen, 293, 112 S., Gotha: Justus Perthes Verlag, 1. Auflage1997, Kartographische Nachrichten, 48, 3, 128-129.

Buchroithner, M.F. (1998). Satellite Imagery and Hill Shading. Synergetic Use for a New Type of Mountain Image Maps. Festschrift Univ.Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c.mult. Gottfried Konecny zur Emeritierung, Wissenschaftliche Arbeiten Fachrichtung Vermessungswesen, Univesität Hannover, 227, 53-61.

Buchroithner, M.F. (1998). The Hole in the Stone. Wissenschaftlicher Film, Projektleitung, Drehbuch, Aufnahmeorganisation in Zusammenarbeit mit dem Audiovisuellen Medienzentrum, TU Dresden, 20 min. (Englische Version des wissenschaftlichen Films Das Loch im Stein)

Buchroithner, M.F. (1998). Urban Construction Monitoring and Habitat Assessment Using Remote Sensing. Proceedings EURISY Symposium Earth Observation and the Environment. Benefits for Central and Eastern European Countries, Budapest, 173-177.

Buchroithner, M.F., Koch, W.G. & Wilfert, I. (1998). Werner Stams 70 Jahre. Kartographische Nachrichten, 48, 1, 24.

Buchroithner, M. F. (1999). Wolfgang Pillewizer (1911-1999). Kartographische Nachrichten, 49, 4, 165-167.

Buchroithner, M.F. & Schenkel, R. (1999). 3D Mapping with Holography. GIM International, 13, 8, 32-35.

Buchroithner, M.F. (1999). Erstes kartographisches Transmissionshologramm. Proceedings X. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 1999, Institutsmitteilungen, Institut für Geodäsie, TU Innsbruck, 18, 221.

Buchroithner, M.F. (1999). Möglichkeiten "echter" 3D-Visualisierungen von Geo-Daten. In J. Strobl & T. Blaschke (Hrsg.), Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999, Heidelberg, 86-93.

Buchroithner, M.F. (1999). Multilingual Mars Map – First in a New Series of Planetary Maps. Proceedings 19th International Cartographic Conference, 14-21 August 1999, Ottawa, 1-3.

Buchroithner, M.F., Kraetzschmer, E. & Hellmann, M. (1999). Advanced Polarimetric SAR Data Classification for Cartographic Information Extraction. Abstracts 19th EARSeL Symposium, Valladolid, 136.

Buchroithner, M.F., Shingareva, K. & Krasnopevtseva, B. (1999). The Series of Multilingual Maps for Terrestrial Planets and their Moons. Abstracts Moscow Symposium on Planetary Cartography, 126-127.

Buchroithner, M.F. & Zimmer, K. (2000). Generation of a 1:100 000 Geological Map of Central Chitral (Hindu Kush, North Pakistan) by Means of GIS-Software. Mitteilungen Österr. Geologische Gesellschaft, Wien, 91, 11-16.

Buchroithner, M.F. (2000). EARSeL-Symposium in Dresden. Kartographische Nachrichten, 50, 5, 236.

Buchroithner, M.F. (2000). Erste Holographische Hochgebirgskarte. Salzburger Geographische Arbeiten, Institut für Geographie und Angewandte Geoinformatik, Salzburg, 36, 39-47.

Buchroithner, M.F. (2000). Meteorological and Earth Observation Remote Sensing Data for Mass Movement Preparedness. Proceedings COSPAR Conference Warschau, A3.2-0003, 12 pp.

Buchroithner, M.F. (2000). Zahlreiche Stichworttexte Lexikon der Geowissenschaften, Heidelberg Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, Bd. 1, 2.

Buchroithner, M.F., Koch, W.G. & Wilfert, I. (2000). Diplom-Ingenieur/Diplom-Ingenieurin Kartographie. Blätter für Berufskunde. Bundesanstalt für Arbeit, Nürnberg, Bielefeld: Bertelsmann-Verlag, 37 S.

Buchroithner, M.F., Kraetzschmer, E. & Hellmann, M. (2000). Advanced Polarimetric SAR Data Classification for Cartographic Information Extraction. In J.L. Casanova (Ed.), Remote Sensing in the 21st Century. Economic and Environmental Applications, Proceedings EARSel-Symposium 1999, Rotterdam, 533-539.

Buchroithner, M.F., Shingareva, K. & Krasnopevtseva, B. (2000). The First Multilingual Mars Map. Proceedings 32nd Microsymposium on Comparative Planetology, Vernadsky Institute Moscow, 61-62.

Buchroithner, M.F. & Schenkel, R. (2001). Kartographische Echt-3D-Visualisierung. Eine Ergänzung zu den ‚flachen Karten'. In Th. Wintges & R. Buzin (Hrsg.), Proceedings Deutscher Kartographentag 2001, Berchtesgaden, Heidelberg: Wichamn-Verlag, 55-64.

Buchroithner, M.F. (2001). 6. Internationales Symposium über High-Mountain Remote Sensing Cartography (HMRSC VI). Kartographische Nachrichten, 51, 2, 96-97.

Buchroithner, M.F. (2001). Zahlreiche Stichworttexte Lexikon der Kartographie und Geomatik. Heidelberg Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, Bd. 1.

Buchroithner, M.F. (2001). Zahlreiche Stichworttexte Lexikon der Geowissenschaften, Heidelberg Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, Bd. 3, 4.

Buchroithner, M.F. (Ed.). (2001). A Decade of Trans-European Remote Sensing Cooperation. Proceedings 20th EARSeL Symposium, 14-16 June 2000, Dresden, 427 pp.

Buchroithner, M.F. (Ed.). (2001). High Mountain Cartography 2000. Kartographische Bausteine, TU Dresden, 18, 254 pp.

Buchroithner, M.F., Winkler, M. & Schenkel, R. (2001). The Virtual Eiger North Face. In M.F. Buchroithner (Hrsg.), High Mountain Cartography, Kartographische Bausteine, TU Dresden, 18, 12 pp.

Buchroithner, M F. & Wälder, O. (2002). Development of Methods for True 3D-Presentations of Mars Surface. Proceedings InterCarto 8 GIS for Sustainable Development of Territories, 28 May-1 June 2002, Helsinki-St. Petersburg, 409-411.

Buchroithner, M.F. & Prechtel, N. (2002). The Contribution of Remote Sensing to Alpine Tourism in Protected Landscapes – The Example of the Altai Mountains. Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung, 37, 15-34.

Buchroithner, M.F. & Schenkel, R. (2002). Kartographische Echt-3D-Visualisierung – eine Ergänzung zu flachen Karten. In Aspekte heutiger Kartengestaltung – Herrn Doz. i.R. Dr. sc. techn. Werner Stams zum 75. Geburtstag, Manuskriptdruck TU Dresden, 5-11.

Buchroithner, M.F. & Wälder, O. (2002). 3D-Visualisierung von Geodaten. Gegenwart und Zukunft. In Aspekte heutiger Kartengestaltung – Herrn Doz. i.R. Dr. sc. techn. Werner Stams zum 75. Geburtstag, Manuskriptdruck TU Dresden, 13-15.

Buchroithner, M.F. (2002). Creating the Virtual Eiger North Face. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 57, 114-125.

Buchroithner, M.F. (2002). Meteorological and Earth Observation Remote Sensing Data for Mass Movement Preparedness. In G. Begni (Ed.), Observing our environment from space. Proceedings 21st EARSeL Symposium, 14–16 May 2001, Paris, Lisse: Balkema Publishers, 65-72.

Buchroithner, M.F. (2002). Zahlreiche Stichworttexte Lexikon der Kartographie und Geomatik. Heidelberg Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, Bd. 2.

Buchroithner, M.F. & Wälder, O. (2003). True 3D Presentation of the Mars Surface. Proceedings 21st International Cartographic Conference, 10-16 August 2003, Durban, 1540-1543.

Buchroithner, M.F., Wälder, O., Habermann, K. & König, B. (2003). Generating a True-3D Image Map of High-Relief Terrain using Lentikular Foil. Proceedings 21st International Cartographic Conference, 10-16 August 2003, Durban, 1323-1328.

Buchroithner, M.F., Gründemann, T. & Habermann, K. (2004). True 3D Visualisation of Mountainous Terrain by Means of Lenticular Foil Technology. Proceedings 4th Mountain Cartography Workshop, 30 September-2 October 2004, Vall de Núria, Catalonia, http.//www.icc.es/workshop/sessions_en.html.

Buchroithner, M.F., Gründemann, T. & Habermann, K. (2004). Theoretical Modeling Aspects of Bitemporal True-3D Hardcopy Production. Commemorative Volume for the 60th Birthday of Prof. Dr. Armin Grün, ETH Zurich, Institute of Geodesy and Photogrammetry, 33-38.

Buchroithner, M.F., Gründemann, T., Habermann, K., König, B. & Wälder, O. (2004). Theoretische Aspekte der Modellierung von Echt-3D-Darstellungen. In W.G. Koch (Hrsg.), Theorie 2003. Vorträge der 8. Dresdener Sommerschule für Kartographie am 25./26. September 2003, Kartographische Bausteine, TU Dresden, 26, 62-74.

Buchroithner, M.F., Wälder, O., Habermann, K., König, B., Gründemann, T., Neukum, G. & The HRSC Co-Investigator Team (2004). True-3D Visualisation of the Martian Surface Based on Lenticular Foil Technology Using HRSC Imagery. Proceedings XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, Istanbul, Comm. IV, WG IV, XXXV, Part B, 875-878.

Buchroithner, M.F. (2005). Die multilinguale Mondkarte der International Cartographic Association. Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden, 54, 1-2, 14-18.

Buchroithner, M.F. (2005). Interactive Real-Time VR Cartography. Proceedings 22nd International Cartographic Conference, 9-16 July 2005, A Coruña, CD.

Buchroithner, M.F. (2005). True 3D-Visualisation of Remote Sensing Data of High-Alpine Terrain. In M. Oluič (Ed.), New Strategies for European Remote Sensing, Rotterdam, 129-136.

Buchroithner, M.F. (Ed.). (2005). Proceedings of the International Symposium on Cartographic Cutting-Edge Technology for Natural Hazard Management, 20-22 October 2004, Dresden, 190 pp.

Buchroithner, M.F., Gründemann, T. & Habermann, K. (2005). Modelling of Three-Dimensional Geodata Sets for True-3D Lenticular Foil Displays. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 1, 47-57.

Buchroithner, M.F., Gründemann, T., Habermann, K., Neukum, G. & HRSC Co-Investigator Team (2005). Multitemporale und großformatige Echt-3D-Hartkopien der Marsoberfläche. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 5, 433-438.

Buchroithner, M.F., Gründemann, T., Kirk, R.L. & Habermann, K. (2005). Three in One. Multiscsale Hardcopy Depiction of the Mars Surface in True-3D. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 71, 10, 1105-1108.

Buchroithner, M.F. & Keller, R. (2006). Neue Alpenvereinskarten im Khan Tengri-Gebiet. Proceedings Tagung Gottfried Merzbacher, Kommission für Glaziologie, Bayerische Akademie der Wissenschaften, München, 18.10.2006, 12-13.

Buchroithner, M.F. & Koch, W.G. (2006). TU Dresden, Institut für Kartographie. Kartographische Nachrichten, 56, 3, 164-165.

Buchroithner, M.F. (2006). Echt-3D-Displays – eine neue Dimension der kartographischen Reliefdarstellung. Dresdner Transferbrief, 1, 5.

Buchroithner, M.F., Bolch, T. & Kunert, A. (2006). An Automated Method to Outline the Ice Extension of Debris-Covered Glaciers Based on ASTER Imagery. Abstracts 9th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, 14-22 September 2006, Graz, 27.

Buchroithner, M.F., Bolch, T., Kunert, A. & Kamp, U. (2006). Morphometry-Based Mapping of Debris-Covered Glaciers. EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2006, 2-7 April 2016, Berlin, Geophysical Research Abstracts, 8, 10360, SRef-ID. 1607-7962/ gra/EGU06-A-10360.

Buchroithner, M.F., Koch, W.G. & Zimmermann, G. (2006). Die SLUB im Dienst der Vermittlung raumbezogener graphischer Information. Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden, 55, 1-2, 105-112.

Buchroithner, M.F. & Bolch, T. (2007). An Automated Method to Delineate the Ice Extension of the Debris-Covered Glaciers at Mt. Everest Based on ASTER Imagery. Proceedings 9th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, 14-22 September 2006, Graz, Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung, 43, 71-78.

Buchroithner, M.F. & Bolch, T. (2007). Automated Mapping of Scree-Covered Glaciers Using Space Imagery. Proceedings 23rd International Cartographic Conference, 4-10 August 2007, Moscow, 10 pp., CD

Buchroithner, M.F. & Walther, S. (2007). Development of new Types of Glacier Dynamics Maps. In D. Petrovic (Ed.), Proceedings 5th Mountain Cartography Workshop, 29 March-1 April 2006, Bohinj, Ljubljana, 19-26.

Buchroithner, M.F. & Walther, S. (2007). Multiparametric Cartographic Visualisation of Glacier Rheology. Cartographic Journal, 44, 4, 304-312.

Buchroithner, M.F. (2007). Between Gobi and Himalaya. An Instructional Film about the Cartographic Oevre of Sven Hedin. Proceedings 23rd International Cartographic Conference, 4-10 August 2007, Moscow, CD.

Buchroithner, M.F. (2007). Tätigkeitsbericht der DGfK-Kommission Hochgebirgskartographie 2006. Kartographische Nachrichten, 57, 4, 221-222.

Buchroithner, M.F. (2007). Echtdreidimensionalität in der Kartographie. gestern, heute, morgen. Kartographische Nachrichten, 57, 5, 239-248.

Buchroithner, M.F. & Habermann, K. (2008). The Art of Autostereoscopic Relief Representation in Cartography. Proceedings Symposium Cartography and Art – Art and Cartography, 31 January-2 February 2008, Vienna, CD.

Buchroithner, M.F. (2008). Rezension. Olga Wälder. Mathematical Methods for Engineers and Geoscientists. Berlin Heidelberg: Springer, Kartographische Nachrichten, 58, 6, 335.

Buchroithner, M.F. (2008). We Make you See the World Three-D: Lenticular Foil Geo-displays. Proceedings 13th International Conference on Geometry and Graphics, 4-8 August 2008, Dresden.

Buchroithner, M.F., Koch, W.G. & Rülke, C. (2008). Aktuelle Entwicklungen der Kartographieausbildung an der TU Dresden. In E. Seyfert (Hrsg.), Vom Erdapfel zum 3D-Modell. Vorträge des 56. Deutschen Kartographentages sowie der 28. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF, Oldenburg, 23.-26. April 2008. Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V., Potsdam, 17, 107-109.

Buchroithner, M.F., Pieczonka, T., Baessler, M. & Bolch, T. (2008). Glacier Recession and Formation of Glacial Lakes in Khumbu Himalaya Using Space Imagery. In H. Roderfeld (Hrsg.), Terra Nostra – Schriften der GeoUnion. Alfred-Wegener-Stiftung = Tagungsbeiträge 23. Internationale Polartagung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung, Münster 10.-14.3.2008, 1, 28.

Buchroithner, M.F., Thieme, N. & Kohler, J. (2008). Investigations into the Spatial Pattern of Annual and Interannual Snow Coverage of Brøgger Peninsula, Svalbard, 2000-2007. Proceedings 6th ICA Mountain Cartography Workshop, 11-15 February 2008, Lenk, 19-24.

Buchroithner, M.F. & Azócar, P.I. (2009). Cartography in the Context of Sciences. Theoretical and Technological Considerations. Proceedings 24th International Cartographic Conference, 15-21 November 2009, Santiago de Chile, CD.

Buchroithner, M.F. & Gaisecker, Th. (2009). 3D Surveying and Visualisation of a Complex Dome in an Extreme Alpine Cave System. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 4, 327-337.

Buchroithner, M.F. & Habermann, K. (2009). The Art of Autostereoscopic Relief Representation in Cartography. In G. Gartner & F. Ortag (Eds.), Cartography in Central and Eastern Europe. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, 251-262.

Buchroithner, M.F. (2009). Climate Change in High Alpine Regions – Worldwide Objective Measurements versus Conjectures. Abstracts 8th International Conference on Military Geosciences, 15-19 June 2009, Vienna, 26.

Buchroithner, M.F. (2009). Veränderung von Landnutzung und Vegetationsbedeckung in der östlichen Sahelzone von 1972 bis 2003. Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden, 58, 3/4, 61-67.

Buchroithner, M.F. (2010). A Truly 3D Cartographic Future. GIM International, 24, 41.

Buchroithner, M.F. (2010). The glaciers of the Ojos del Salado-Tres Cruces Massifs, Atacama Andes. Abstracts International Glaciological Conference VICC 2010, 1-3 February 2010, Valdivia, 35, 39.

Buchroithner, M.F. & Azócar, P.I. (2011). Cartography in the Context of Sciences: Theoretical and Technological Considerations. Cartographic Journal, 48, 1, 4-10.

Buchroithner, M.F. (2011). Cogito ubi sum – Ein Plädoyer für gute, aktuelle Gebirgskarten und deren Benutzung. In Alpenvereinsjahrbuch Berg 2012. Österr., Deutscher und Südtiroler Alpenverein, Innsbruck: Verlag Tyrolia, 182-185.

Buchroithner, M.F. (2011). Cogito ubi sum – Ich weiß, wo ich bin – Unsere Welt im Hirn. Wird sie kleiner? In S. Zimmermann-Törne (Hrsg.), terra incognita. Weltbilder – Welterfahrungen 29.10.2011-3.2.2012. Eine Ausstellung der UNIVERSITÄTSSAMMLUNGEN. KUNST+TECHNIK in Zusammenarbeit mit dem Institut für Kartographie der TU Dresden, 62-68.

Buchroithner, M.F. (2011). Gletscher-Monitoring im Tienschan. Implikationen für GLOFs. In WAKHAN. Talschaft zwischen Pamir und Hindukusch: Roger Senarclens de Grancy (1938-2001), Internationales Gedächtnis-Symposium, Verlag der TU Graz, 27-28.

Buchroithner, M.F. (2011). Vier runde Geburtstage von Militärkartographen – Ein Beitrag zur Zeit- und Kartographiegeschichte. Kartographische Nachrichten, 61, 1, 37-39.

Buchroithner, M.F. (2011). Jörg Albertz: 1936-2010). Kartographische Nachrichten, 61, 1, 47.

Buchroithner, M.F. (2011). Hans-Gierloff Emden 1923-2011. Kartographische Nachrichten, 61, 4, 218-219.

Buchroithner, M.F. & Trombotto, D. (2012). Cryophenomena in the Cold Desert of Atacama. Geophysical Research Abstracts, EGU General Assembly 2012, Vienna, 14, EGU2012-12126-1.

Buchroithner, M.F. (2012). 3D Satellite Remote Sensing for Mapping of Glacier Retreat within the past 50 Years. Proceedings 35th Polish Conference of Cartography, 25--26 October 2012, Poznan, 6.

Buchroithner, M.F. (2012). Cogito ubi sum – Ein Plädoyer für gute, aktuelle Gebirgskarten (und deren Benutzung!). Festschrift für Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kurt Brunner – anlässlich des Ausscheidens aus dem aktiven Dienst, Institut für Geodäsie, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, 87, 31-38.

Buchroithner, M.F. (2012). Cogito ubi sum – Ein Plädoyer für gute, aktuelle Gebirgskarten und deren Benutzung. Kartographische Nachrichten, 62, 1, 16-20.

Buchroithner, M.F. (2012). Kartographie – eine selbständige, integrative und spannende Wissenschaft (Cartography – an independent, integral and exciting Science). In Kartographische Nachrichten, 62, 3, 115-120.

Buchroithner, M.F. (Ed.). (2012). True-3D in Cartography. Autostereoscopic and Solid Visualisation of Geodata. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, 505 pp.

Buchroithner, M.F., Boulos, M.N. & Robinson, L.R. (2012). Stereoscopic 3-D solutions for online maps and virtual globes. In M.F. Buchroithner (Ed.), True-3D in Cartography. Autostereoscopic and Solid Visualisation of Geodata. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, 391-412.

Buchroithner, M.F., Ehlert, G., Hetze, B., Kohlschmidt H. & Prechtel, N. (2012). Ein Systemprototyp zur Unterstützung der Bergrettung auf Basis einer Interaktion zwischen GPS-Tracking und einem digitalen 3D-Felswandmodell. Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V., 21, 256-265.

Buchroithner, M.F., Petters, C. & Pradhan, B. (2012). Three-Dimensional Visualisation of the World-Class Prehistoric Site of the Niah Great Cave, Borneo, Malaysia. In H. Kremers (Ed.), Interdisciplinary Conference on Digital Cultural Heritage, 2-4 July 2012, Saint-Dié-des-Vosges (Conference Handout).

Buchroithner, M.F. & Gartner, G. (2013). The New Face of Cartography – Why Cartography is Relevant, Attractive and Contemporary. GIM International, 27, 6, 22-27.

Buchroithner, M.F. & Knust, C. (2013). The Third Dimension in Cartography: Recent and Future Developments. Kartographische Nachrichten, Special Issue on the ICC2013 (International Cartographic Conference 2013), 127-132.

Buchroithner, M.F. & Knust, C. (2013). True-3D in Cartography – Current Hard- and Softcopy Developments. In A. Moore & I. Drecki (Eds.), Geospatial Visualisation. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, 41-65.

Buchroithner, M.F. & Koch, W.G. (2013). Friedrich Töpfer: 1925–2013. In Kartographische Nachrichten, 63, 4, 226-227.

Buchroithner, M.F. (2013). Bergrettung in 3D – Nacht- und Nebelbergungen mit Hightech. GIS.POINT. Das Portal für Geoinformation und Geodäsie. http://gispoint.de/adventskalender-2013-gutes-mit-gis/tuerchen-11.html

Buchroithner, M.F. (2013). Dresden is getting ready for ICC 2013! Kartographische Nachrichten, 63, 1, 38.

Buchroithner, M.F. (2013). Horst Kremers 65 Jahre. Kartographische Nachrichten, 63, 4, 227-228.

Buchroithner, M.F. (2013). Gebirgskartographie, Gruppe Deutschland. Kartographische Nachrichten, 63, 5, 302.

Buchroithner, M.F. (2013). How Three-Dimensional is 3D Cartography? Geospatial World, 11, 31-33.

Buchroithner, M.F. (2013). Kira B. Shingareva 1938–2013. Kartographische Nachrichten, 63, 6, 354.

Buchroithner, M.F. (2013). Modern Cartography – a Cross-disciplinary Science of Visualisation and Communication. Kartographische Nachrichten, Special Issue on the ICC2013 (International Cartographic Conference 2013), 113.

Buchroithner, M.F. (2013). Profiles – Deutsche Gesellschaft für Kartographie. ica news, 60, 7.

Buchroithner, M.F. (2013). ICC 2013: Dresden – Germany. ica news, 60, 8.

Buchroithner, M.F., Peters, J. & Bolch, T. (2013). GLOFs - Glacier Lake Outburst Floods, a Worldwide Threat for Alpine Areas. Proceedings 26th International Cartographic Conference, 25-30 August 2013, Dresden, USB Stick.

Buchroithner, M.F. (2014). Bergrettung in 3D – Nacht- und Nebelbergungen mit Hightech. In gis.Business, 3, 28-29.

Buchroithner, M.F. (2014). Cartografía de Peligros de Inundación por Desbordamiento de Lagos Glaciares (GLOFs). In C. Mena Frau (Ed.): Geoinformación para el Ordenamiento Territorial. Experiencias, Aplicaciones y Avances, Santiago de Chile (Fureza Aerea de Chile, Servicio Aerogotogrametrico, Universidad de Talca), 68-77, 252-262.

Buchroithner, M.F., Ehlert, G., Hetze, B., Kohlschmidt, H. & Prechtel, N. (2014). Satellite-Based Technologies in Use for Extreme Nocturnal Mountain Rescue Operations: a Synergetic Approach Applying Geophysical Principles. Pure and Applied Geophysics, Basel: Springer, 171, 6, 1077-1087.

Buchroithner, M.F., Kropacek, J., Trültzsch, J., Himpel, T., Hovden, A., Holzer, N., Pieczonka, T., Rosenau, R., Schöley, S. & Schröter, B. (2014). Kailash/Gurla Mandhata trekking map 11 (Tibet/Nepal 1:100 000), Insitute for Cartography, TU Dresden.

Buchroithner, M.F. & Pfahlbusch, R. (2015). Geodetic grids in authoritative maps – New findings about the origin of the UTM Grid. Cartography and Geoinformation Science, DOI: 10.1080/15230406.2015.1128851

Buchroithner, M.F. (2015). Alpenvereinskartographie. Kulturgeschichte einer Orientierungshilfe. [= Book review of: Robert Kostka (with colaboration of Gerhart Moser): Die Kartographie im Alpenverein an der Schwelle zum 21. Jahrhundert. Eds. ÖAV und DAV, Weishaupt Publ. 2014] DAV Panorama, 67, 2, 83.

Buchroithner, M.F. & Bolch, T. (2015): Glacier lake outburst floods (GLOFs) – mapping the hazard of a threat to High Asia and beyond. In V.I. Grover et al. (Eds.), Impact of Global Change on Mountains: Responses and Adaptation, Boca Raton, Florida: CRC Press, 324-345.

Buchroither, M.F. (2015). Mountain Cartography 'down under' – Speleological 3D Mapping. In K. Kriz (Ed.), Mountain Cartography. 16 Years ICA Commission on Mountain Cartography (1999–2015). Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, 21, 191-198.

Buchroithner, M.F. (2016). 3D Visualisation of Geodata – Gimmick, Hype or Necessity? GIM International, http://www.gim-international.com/content/article/3d-visualisation-of-geodata-gimmick-hype-or-necessity

Dickmann, F., Bröhmer, K., Buchroithner, M. & Knust, C. (2012). Möglichkeiten und Grenzen lentikularer Mehrbildmodelle im Vermittlungsprozess raumbezogener Informationen. In N. Diekmann-Boubaker & F. Dickmann (Hrsg.), Innovatives Lernen mit kartographischen Medien, Kartographische Schriften, 15, 129-144.

Edler, D., Huber, O., Knust, C., Buchroithner, M.F. & Dickmann, F. (2014). Spreading Map Information over Different Depth Layers – An Improvement for Map-Reading Efficiency? Cartographica, 49, 3, 153-163.

Eisfelder, C., Kraus, T., Bock, M., Werner, M., Buchroithner, M.F. & Strunz, G. (2009). Towards Automated Forest-Type Mapping – a Service Within GSE Forest Monitoring Based on SPOT-5 and IKONOS Data. International Journal of Remote Sensing, 30, 19, 5015-5038.

Eisfelder, C., Kuenzer, C., Dech, S. & Buchroithner, M.F. (2013). Comparison of Two Remote Sensing Based Models for Regional Net Primary Productivity Estimation – A Case Study in Semi-Arid Central Kazakhstan. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 6, 4, 1843-1856.

El Nabbout, K., Buchroithner, M.F. & Sliuzas, R. (2006). New Visualization Tools for Participatory Urban Planning. The Case of Tripoli – Lebanon. Proceedings 2. Göttinger GIS & Fernerkundungstage.

Etzold, S., H. Pamser, H. Gallaun & Buchroithner, M.F. (2002). Rule-Based Land-Cover Classification of High-Alpine Ecosystems as a Basis for Regional Planning. Abstracts 7th International Symposium on High Mountain Remoute Sensing Cartography, 14-27 July 2002, Bishkek, 15.

Fischer, R. & Buchroithner, M.F. (1992). Generation of High Quality 1:50 000 and 1:25 000 Image Maps of Alpine Terrain. Abstracts 2nd International Symposium High Mountain Remote Sensing Cartography, 17-31 August 1992, Beijing-Lhasa.

Fischer, R. & Buchroithner, M.F. (1993). Generation of High Quality 1:50 000 and 1:25 000 Image Maps of Alpine Terrain. Proceedings 2nd International Symposium High Mountain Remote Sensing Cartography, 17-31 August 1992, Beijing-Lhasa, Astronautical Publ. House, 67-96.

Ghassoun, Y. & Buchroithner, M.F. (2013). Modelling of Informal Settlement Growth with Satellite Data in Latakia City, Syria. International Journal of Architecture and Planning, 1, 2, 152-163.

Granica, K. & Buchroithner, M.F. (1993). Applicability of Microwave Remote Sensing Technology for Hydrogeological Disaster Management. DIBAG Reports, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 60, 92pp., 41 pp.

Hahmann, T. & Buchroithner, M.F. (2006). Planung und Design des Weitwanderweges Kyrgyzstan Trail. Proceedings Tagung zu Gottfried Merzbacher, Kommission für Glaziologie, Bayerische Akademie der Wissenschaften, München, 18.10.2006, 14-15.

Hahmann, T., Martinis, S., Twele, A., Roth, A. & Buchroithner, M.F. (2008). Extraction of water and flood areas from SAR data. Proceedings 7th European Conference on Synthetic Aperture Radar EUSAR, 2-5 June 2008, Friedrichshafen, 177-180.

Hahmann, T., Martinis, S., Twele, A. & Buchroithner, M.F. (2009). Strategies for the automatic mapping of flooded areas and other water bodies from high resolution TerraSAR-X data. In M. Konecny, S. Zlatanova, T. Bandrova, L. Friedmannova (Eds.), Cartography and Geoinformatics for Early Warning and Emergency Management. Towards Better Solutions. Masaryk University, Brno, 207-214.

Hahmann, T., Eisfelder, C. & Buchroithner, M.F. (2012). Cartographic Representation of Dresden's Historical Development by Projecting a Movie onto a Solid Terrain Model. In M.F. Buchroithner (Ed.), True-3D in Cartography – Autostereoscopic and Solid Visualisation of Geodata, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, 281-296.

Häusler, H., Leber, D. & Buchroithner, M.F. (1993). Geological Studies Using Multitemporal Multisensor Remote Sensing Data in the Three River Valley Area, Southern Xizang (Tibet), China. Proceedings 2nd International Symposium High Mountain Remote Sensing Cartography, 28-31 August 1992, Beijing-Lhasa, Bejing: Astronautical Publ. House, 106-119.

Hecht, R., Meinel, G. & Buchroithner, M.F. (2006). Estimation of Urban Green Volume-Based on Last-Pulse Lidar Data at Leaf-Off Aerial Flight Times. Proceedings 1st Workshop of the EARSeL Special Interest Group on Urban Remote Sensing, 2-3 March 2006, Berlin, CD.

Hecht, R., Meinel, G. & Buchroithner, M.F. (2008). Estimation of Urban Green Volume Based on Single-Pulse LiDAR Data. Journal IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 46, 11, 3832-3840.

Hecht, R., Herold, H., Meinel, G. & Buchroithner, M.F. (2012). Automatische Interpretation von Bebauungsstrukturen in topographischen Karten unter Nutzung von Bildanalyse und maschinellem Lernen. Abstracts 32. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, 21.

Hecht, R., Herold, H., Meinel, G. & Buchroithner, M.F. (2013). Automatic Derivation of Urban Structure Types from Topographic Maps by Means of Image Analysis and Machine Learning. Proceedings 26th International Cartographic Conference, 25-30 August 2013, Dresden, 581.

Heinrich, K., Buchroithner, M.F. & Bender, O. (2008). The Use of Satellite Remote Sensing for Detecting and Analysis Cultural Heritages. In O. Bender, S. Krek, N. Evelpidou & A. Vassilopoulos (Eds.), Geoinformation Technology for Geocultural Landscape Analysis. European Perspectives. London: Taylor & Francis, 69-88.

Heipke, C., Albertz, J., Attwenger, A., Buchroithner, M.F., Dorninger, P., Dorrer, E., Gehrke, S., Lehmann, H., Mayer, H., Ostrovskiy, A., Pacher, G., Rentsch, M., Schmidt, R., Spiegel, M., Stilla, U., Neukum, G. & HRSC Co-Investigator Team (2005). HRSC auf Mars Exprint – Photogrammetrische und kartographische Auswertungen. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 6, 379-386.

Hessing, C. & Buchroithner, M.F. (2011). Modeling of Physical Health Parameters Based on GIS and Sensor Integration. Proceedings of the 8th International Symposium on Location-Based Services, Vienna, 176-188.

Hoja, D., Romaneessen, E., Lehner, S. & Buchroithner, M.F. (1999). Die Deutsche Bucht – Geocodiertes IRS-1C-LISS-III-Mosaik 1:200 000 Farbkarte. Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR), Oberpfaffenhofen, TU Dresden.

Holzer, N., Golletz, T., Buchroithner, M.F. & Bolch, T. (2016). Glacier Variations in the Trans Alai Massif and the Lake Karakul Catchment (Northeastern Pamir) Measured from Space. Climate Change, Glacier Response, and Vegetation Dynamics in the Himalaya, 1, 139-153.

Holzer, N., Vijay, S., Yao, T., Xu, B., Buchroithner, M.F. & Bolch, T. (2015). Four decades of glacier variations at Muztag Ata (Eastern Pamir). A multi-sensor study including Hexagon KH-9 and Pléiades data. The Cryosphere Discuss., 9, 1811-1856. DOI: 10.5194/tcd-9-1811-2015

Hopfstock, A., Buchroithner, M.F. & Grünreich, D. (2013). A Conceptual Framework for Creating Cartographic Representations in SDI Environments. The Cartographic Journal, 50, 4, 345-355.

Janschek, K., Boge, T. & Buchroithner, M.F. (1998). Funktional redundantes Navigationskonzept für LEO-Satelliten. DGLR-Jahrestagung 1998, 98-166, Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, Jahrbuch 1998, 1111-1120.

Janschek, K., Buchroithner, M.F., Finger, A., Förster, E., Hardtke, H.-J., Kummer, H., Michler, E. & Scharfe, M. (1998). Demonstrationsmission TUD-Satellit, Satellitengestütztes Monitoring beweglicher Objekte. DGLR-Jahrestagung 1998, 98-232, Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, Jahrbuch 1998, 1315-1323.

Janschek, K., Scharfe, M., Buchroithner, M.F., Finger, A., Hardtke, H.-J., Kummer, H. & Michler, E. (1998). The TUD Satellite Demonstration Mission Satellite-Based Monitoring of Mobile Objects. Proceedings 4th ESA/CNES International Symposium Small Satellites & Services, Antibes.

Janschek, K., Scharfe, M., Buchroithner, M.F., Prechtel, N. & Michler, E. (1999). Synergetic Telecommunication and Earth Observation Data Fusion for Traffic Monitoring. Proceedings 50th IAF Congress Amsterdam, 4-8 October 1999, International Astonautical Federation, 10 pp., CD.

Janschek, K., Scharfe, M., Buchroithner, M.F., Prechtel, N. & Michler, E. (1999). Satellitengestützte Verkehrsbeobachtung durch synergetische Nutzung von Telekommunikation und Erdbeobachtung. Proceedings DGLR Jahrestagung, 27-30 September 1999, Berlin, 11 S., CD.

Jiyuan, L. & Buchrotihner, M.F. (Eds.). (1993). High-Mountain Remote Sensing Cartography II. Proceedings 2nd International Symposium on High-Mountain Remote Sensing Cartography, Beijing, Beijing: Astronautical Publishing House, 263 pp.

Kaufmann, K.-U. & Buchroithner, M.F. (1994). Herstellung und Anwendungsmöglichkeiten von Satellitenbildkarten durch digitale Kombination von Landsat-TM und KWR-1000-Daten. Photogrammetrie und Fernerkundung, 64, 4, 133-137.

Kaufmann, K.-U. & Buchroithner, M.F. (1994). Herstellung und Anwendungsmöglichkeiten von Satellitenbildkarten durch digitale Kombination von Landsat TM und KWR-1000. Wissenschaftliche Zeitschrift TU Dresden, 43, 5, 64-69.

Kaufmann, K.-U. & Buchroithner, M.F. (1994). Herstellung und Anwendungsmöglichkeiten von Satellitenbildkarten durch digitale Kombination von Landsat TM und KWR-1000. In Institut für Kartographie der TU Dresden (Hrsg.), Veröffentlichungen, gewidmet Herrn Prof. Dr. Wolfgang Pillewizer zum 85. Geburtstag, 69-75 (ident. mit Version 2004).

Kaufmann, K.-U., Prechtel, N. & Buchroithner, M.F. (1994). New Possibilities in Generation and Application of Combined Image Maps Using Landsat TM and Russian KVR Data. Abstracts EARSeL Symposium and Workshop, Göteborg, 85.

Kaufmann, V. & Buchroithner, M.F. (1990). Progress in Urban Climate Analysis for City Planning Purposes by Means of Thermal Infrared Mapping. ESA Earth Observation Quarterly, 4, 1-3.

Kaufmann, V. & Buchroithner, M.F. (1991). Strahlungstemperaturkarte 1:25 000, Nachtflug/Morgenflug/Mittagflug. 3 Farbkarten, herausgegeben vom Stadtplanungsamt Graz.

Kaufmann, V. & Buchroithner, M.F. (1991). Thermalkartierung Graz. Bilddatengewinnung und –aufbereitung. Projektendbericht für das Stadtplanungsamt der Stadt Graz, 17 S.

Kenyi, L.W. & Buchroithner, M.F. (1992). Unwrapped Poincaré Sphere vs. Double Fourier Series Polarimetric SAR Signature Presentation. Abstracts 12th EARSeL Symposium, Eger.

Kirschenbauer, S. & Buchroithner, M.F. (1998). An Interdisciplinary Review of Cartographic Cognition with Special Consideration of 3D Visualization. In A. Wolodtschenko & H. Schlichtmann (Hrsg.), Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theoretischen Kartographie (Theoretische Probleme der Kartographie und ihrer Nachbardisziplinen). Internationales Korrespondenz-Seminar, Dresden, 23-30.

Kirschenbauer, S. & Buchroithner, M.F. (1999). „Real" 3D Technologies for Relief Depiction. Proceedings 19th International Cartographic Conference, 14-21 August 1999, Ottawa, 1-7, CD.

Knust, C., Buchroithner, M.F., Dickmann, F. & Bröhmer, K. (2011). Autostereoscopic Displays for Thematic Maps. Proceedings 25th International Cartographic Conference, 3-8-July 2011, Paris, http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2011/ID: CO-270

Knust, C., Buchroithner, M.F., Dickmann, F. & Bröhmer, K. (2011). Autostereoskopische Displays für thema-kartographische Mehrbildmodelle. Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, 47, 65-70.

Knust, C., Buchroithner, M.F. & Dolz, W. (2012). The Digital True-3D Globe from Willem Janszoon Blaeu. In M.F. Buchroithner (Ed.), True-3D in Cartography – Autostereoscopic and Solid Visualisation of Geodata, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, 199-214.

Knust, C. & Buchroithner, M.F. (2014). Principles and Terminology of True-3D Geovisualisation. The Cartographic Journal, 51, 3, 191-202, DOI:10.1179/1743277413Y.0000000038

Koch, W.G., Buchroithner, M.F. & Wilfert, I. (1996). Der Studiengang Kartographie an der Technischen Universität Dresden in der Mitte der neunziger Jahre. In Institut für Kartographie der TU Dresden (Hrsg.), Veröffentlichungen, gewidmet Herrn Prof. Dr. Wolfgang Pillewizer zum 85. Geburtstag, 1-12.

Koch, W.G., Buchroithner, M.F. & Wilfert, I. (1997). Der Studiengang Kartographie an der TU Dresden in der Mitte der neunziger Jahre. Kartographische Nachrichten, 47, 1, 6-13.

Koch, W.G., Buchroithner, M.F. & Wilfert, I. (1997). Der Studiengang Kartographie an der Technischen Universität in der Mitte der Neunziger Jahre. In Institut für Kartographie der TU Dresden (Hrsg.), Kartographie, Fernerkundung, Umweltschutz – Eine Auswahl von Publikationen. Herrn Prof. Dr.rer.nat.habil. Hellmuth Barthel zum 70. Geburtstag, 1-12.

Koch, W.G., Buchroithner, M.F., Rülke, C. & Knust, C. (2009). Recent Developments in Cartographic Curricula in German-Speaking Countries. Proceedings 1st ICA Symposium on Cartography for Central and Eastern Europe, 16-17 February 2009, Vienna, 473-487, CD.

Koch, W.G., Buchroithner, M.F., Rülke, C. & Knust, C. (2010). Recent Developments in Cartographic Curricula in German-Speaking Countries. Kartographische Nachrichten, 60, 2, 81-87.

Kostka, R. & Buchroithner, M.F. (Eds.). (1994). High Mountain Remote Sensing Cartography. Results of the TADAT Research Project in the International Tauern Dachstein Testsite. Final Research Report FWF-Projekt P 8048GEO, 1, 256 pp., 2, 485 pp.

Kropacek, J., Neckel, N., Tyrna, B., Holzer, N., Hovden, A., Gourmelen, N., Schneider, C., Buchroithner, M.F. & Hochschild, V. (2014). Periodic Glacial Lake Outburst Floods threatening the oldest Buddhist monastery in north-west Nepal. In Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 2, 11, 6937-6971.

Krüger, T., Buchroithner, M.F. & Lehmann, F. (2005). GIS-gestützte Kartierung hochwasserschutzrelevanter topographischer Informationen mit HRSC-Daten. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 2, 129-139.

Künkel, H. & Buchroithner, M.F. (2013). The Application and Effects of Sky Models on Hill Shading. Proceedigs 26th International Cartographic Conference, 25-30 August 2013, Dresden, 818.

Lazar, R., Buchroithner, M.F. & Kaufmann, V. (1994). Stadtklimaanalyse Graz. stekgraz (Stadtentwicklungskonzept Graz), Magistrat Graz, Stadtplanungsamt, 163 S.

Lichtenegger, J., Dallemand, J.-F., Reichert, P., Rebillard, P. & Buchroithner, M.F. (1991). Multi-Sensor Analysis for Land Use Mapping in Tunesia. Earth Observation Quarterly, 33, 1-6.

Lorenz, K., Bolch, T. & Buchroithner, M.F. (2009). Analysis of ERS and TerraSAR-X Data for Glacier Monitoring in the Mount Everest Area, Nepal, Using SARscape. Internal Report.

Mahmoud, A., Elbialy, S., Pradhan, B. & Buchroithner, M.F. (2011). Field-based landcover classification using TerraSAR-X texture analysis. Advances in Space Research, 48, 799-805.

Mann, U., Pradhan, B., Prechtel, N. & Buchroithner, M.F. (2012). An Automated Approach for Detection of Shallow Landslides from LiDAR Derived DEM Using Geomorphological Indicators in a Tropical Forest. In B. Pradhan & M.F. Buchroithner (Eds.), Terrigenous Mass Movements, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, 1-22.

McFarlane, D.A., Buchroithner, M.F., Lundberg, J., Petters, C., Roberts, W. & Van Rentergem, G. (2013). Integrated Three-Dimensional Laser Scanning and Autonomous Drone Surface – Photogrammetry at Gomantong Caves, Sabah, Malaysia. Proceedings 16th International Congress of Speleology, Brno.

McFarlane, D.A., Roberts, W., Buchroithner, M.F., Van Rentergem, G. & Hautz, S. (2015). Terrestrial LiDAR-based automated counting of swiftlet nests in the caves of Gomantong, Sabah, Borneo. International Journal of Speleology, 44, 2, 191-195.

Meinel, G., Knapp, C., Buchroithner, M.F. & Prechtel, N. (1995). Detection of Ecologically Relevant Landuse Changes in the Agglomeration of Dresden using Multiemporal Landsat TM Data. Proceedings EARSeL Workshop Pollution Monitoring and GIS, Brandys nad Labem, 6 pp.

Meinel, G., Knapp, C., Gössel, I., Buchroithner, M.F. & Prechtel, N. (1996). Kartierung von Flächennutzungsänderungen mittels Landsat-TM-Daten. Methodische Untersuchungen im Raum Dresden. Photogrammetrie und Fernerkundung, 5, 63-175.

Meinel, G., Hecht, R. & Buchroithner, M.F. (2006). Die Bestimmung städtischen Grünvolumens – Nutzen, Methodik und Ergebnisbewertung. In J. Strobl, T. Blaschke & G. Griesebner (Hrsg.), Angewandte Geoinformatik 2006. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg: Wichmann, 430-437.

Meinel, G., Schubert, I., Siedentop, S. & Buchroithner, M.F. (2007). Europäische Siedlungsstrukturvergleiche auf Basis von CORINE Land Cover – Möglichkeiten und Grenzen. In M. Schrenk, V. Popovich & J. Benedikt (Hrsg.), To Plan Is Not Enough. Proceedings REAL CORP 007, Wien, 645-656.

Michler, E. & Buchroithner, M.F. (1998). Satellite-Based Real-Time Traffic Monitoring and Traffic Data Collection. Abstracts 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, Seoul, 2034.

Michler, E., Buchroithner, M.F. & Janschek, K. (1999). Traffic Data Generation by Satellite-Based Floating Car Data and Image Technology. Abstracts ITSIN Europe, Amsterdam, 2 pp., CD.

Mikolaichuk, A.V., Buchroithner, M.F. & Dolgushev, V.G. (2006). Digital Geological Maps, a Basis for the Evaluation of Geological Hazard and Risk Mapping (Example Kyrgyzstan). Proceedings XIth International Congress of Mathematical Geology Quantitative Geology from Multiple Sources, 3-8 September 2006, Liège, 09-20, CD.

Mikolaichuk, A.V., Buchroithner, M.F. & Dolgushev, V.G. (2008). Digital Geological Map of the Khan Tengri Massif (Central Tien Shan). In M.V. Khire, A.N. Alshawabekeh & K.R. Redds (Eds.), Geotechnics of Waste Management and Remediation. Proceedings Geocongress 2008, 9-12 March 2008, Geotechnical Special Publication, New Orleans, Louisiana: American Society of Civil Engineers.

Muskett, R.R., Sauber, J.M., Molnia, B.F. & Buchroithner, M.F. (2008). A First Look at ICESat Altimetry and DEMs of the Himalayas and Tibet Plateau Region for Estimates of Glacier Area-Average Elevation Changes. EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2008, Wien, Geophysical Research Abstracts, 10, EGU2008-A-04580, SRef-ID. 1607-7962/gra/EGU2008-A-04580.

Neelmeijer, J., Motagh, M., Wetzel, H.-U. & Buchroithner, M.F. (2012). Observation of the Surface Velocity Field of Inylchek Glacier (Kyrgyzstan) by means of TerraSAR-X Imagery. Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V., 21, 242-248.

Oluic, M. & Buchroithner, M.F. (1996). Low Cost Remote Sensing Investigations of a Waste Dump near Zagreb. International Archives Photogrammetry and Remote Sensing, Wien: ISPRS, XXI, B6, 5 pp.

Paar, G. & Buchroithner, M.F. (1991). Settlement Mapping Using Texture and Intensity of Infrared Landsat Winter Data. Abstracts 11th EARSeL Symposium Graz, 81-82.

Paar, G. & Buchroithner, M.F. (1991). Settlement Mapping Using Texture and Intensity of Infrared Landsat Winter Data. Proceedings 11th EARSeL Symposium Graz, 461-470.

Paar, G. & Buchroithner, M.F. (1991). Textural Settlement Classification Using Near and Thermal Infrared Landsat Winter Data. In E. Wenger & L. Dimitrov (Eds.), Digital Image Processing and Computer Graphics – Theory and Applications, Wien, Schriftenreihe Österr. Computer Gesellschaft, 58, 190-204.

Papathanassiou, K.P. & Buchroithner, M.F. (1993). Signature Analysis of Multifrequency Polarimetric NASA DC-8 AIRSAR Data for Alpine Geo-Applications. EARSel Advances in Remote Sensing, 2, 1, 287-299.

Persson, D., Gartner, G. & Buchroithner, M.F. (2006). Towards a Typology of Interactivity Functions for Visual Map Exploration. In E. Stefanakis, M. Peterson, C. Armenakis & V. Delis (Eds.), Geographic Hypermedia – Concepts and Systems. Berlin Heidelberg: Springer, 275-292.

Peters, S., Meng, L., Krisp, J., Gartner, G., Ortag, F., Buchroithner, M.F., Burghardt, D. & Prechtel, N. (2013). First resume of the new international Master of Science in Cartography. Proceedings 26th International Cartographic Conference, 25-30 August 2013, Dresden, 691.

Pieczonka, T., Bolch, T. & Buchroithner, M.F. (2010). Volumetric Glacier Changes in Khumbu Himal since 1962 Using Space Imagery. Proceedings 10th Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, Kathmandu.

Pieczonka, T., Bolch, T. & Buchroithner, M.F. (2011). Determination of Glacier Thickness Changes based on KH9 Hexagon and SPOT5 Stereoscopic Imagery in the Aksu-Tarim Catchment 2011. Proceedings International Symposium on Changing Cryosphere, Water Availability and Sustainable Development in Central Asia, 37.

Pieczonka, T., Holzer, N., Peters, J., Bolch, T. & Buchroithner, M.F. (2013). The suitability of historical satellite imagery for investigations of the cryosphere. Proceedings 26th International Cartographic Conference, 25-30 August 2013, Dresden, 916.

Pradhan, B., Singh, R.P. & Buchroithner, M.F. (2006). Estimation of Stress and its Use in Evaluation of Landslide-Prone Regions Using Remote Sensing Data. Advances in Space Research, Elsevier Ltd., 37, 698-709.

Pradhan, B., Lee. S., Mansor, S., Buchroithner, M.F., Jallaluddin, N. & Khujaimah, Z. (2008). Utilization of optical remote sensing data and geographic information system tools for regional landslide hazard analysis by using binomial logistic regression model. Journal of Applied Remote Sensing, 2, 1-11.

Pradhan, B., Bolch, T. & Buchroithner, M.F. (2009). Elevation Modelling using Radargrammetry. Case Study in Malaysia. Proceedings AGILE 2009, 1-12.

Pradhan, B., Buchroithner, M.F. & Mansor, S. (2009). Assessment of neural network, frequency ratio and regression models for landslide susceptibility analysis. Geophysical Research Abstracts, EGU General Assembly 2009, 19-24 April 2009, Vienna, 11, EGU2009-264-1.

Pradhan, B., Lee, S. & Buchroithner, M.F. (2009). Landslide risk analysis using fuzzy logic based geospatial model and geoinformation techniques. Geophysical Research Abstracts, EGU General Assembly 2009, 19-24 April 2009, Vienna, 11, EGU2009-265

Pradhan, B., Lee, S. & Buchroithner, M.F. (2009). Use of Geospatial Data for the Development of Fuzzy Algebraic Operators to Landslide Hazard Mapping. A Case Study in Malaysia. Applied Geomatics, 1, 3-15, DOI: 10.1007/s12518-009-0001-5

Pradhan, B. & Buchroithner, M.F. (2010). Comparison and Validation of Landslide Susceptibility Maps Using an Artificial Neural Network Model for Three Test Areas in Malaysia. Environmental and Engineering Geoscience, 16, 2, 107-126.

Pradhan, B., Lee, S. & Buchroithner M.F. (2010). Remote Sensing and GIS-based Landslide Susceptibility Analysis and its Cross-Validation in Three Test Areas Using a Frequency Ratio Model. Photogrammterie Fernerkundung Geoinformation, 1, 17-32.

Pradhan, B., Chaudhari, A., Adinarayana, J. & Buchroithner, M.F. (2011). Soil erosion assessment and its correlation with landslide events using remote sensing data and GIS: A case study at Penang Island, Malaysia. Environmental Monitoring and Assessment, 1-13.

Pradhan, B., Mansor, S., Pirasteh, S. & Buchroithner, M.F. (2011). Landslide hazard and risk analyses at a landslide prone catchment area using statistical based geospatial model. International Journal of Remote Sensing, 32, 14, 4075-4087.

Pradhan, B. & Buchroithner, M.F. (Eds.). (2012). Terrigenous Mass Movements: Detection, Modelling, Early Warning and Mitigation Using Geoinformation Technology. Berlin Heidelberg: Springer, 398 pp.

Prechtel, N. & Buchroithner, M.F. (1994). Beschaffung, Bearbeitung und Klassifizierung von Landsat-TM-Daten. Endbericht zu einem Projekt des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Institut für Kartographie, TU Dresden, 48 S.

Prechtel, N. & Buchroithner, M.F. (2005). Ausgewählte Aktivitäten in der Geodatenverarbeitung an der Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der TU Dresden. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 1, 5-7.

Preiwuß, C. & Buchroithner, M.F. (2011). Handheld Displays versus Paper-Based Maps: Requirements of Outdoor Users Concerning Overview and Detailed View. Proceedings 8th International Symposium on Location-Based Services, Vienna, 48-53.

Quincey, D.J., Bishop, M.P., Kääb, A., Berthier, E., Flach, B., Bolch, T., Buchroithner, M.F., Kamp, U., Khalsa, S.J.S., Toutin, T., Haritashya, U.K., Racoviteanu, A., Shroder, J.F. & Raup, B.H. (2014). Digital Terrain Modeling and Glacier Topographic Characterization. In J.S. Kargel, G.J. Leonard, M.P. Bishop, A. Kääb & B.H. Raup (Eds.), Global Land Ice Measurements from Space, Berlin Heidelberg: Springer, Springer Praxis Books, 113-144.

Raggam, J., Triebnig, G., Buchroithner, M.F., Domik, G. & Leberl, F. (1985). Radargrammetric Aspects of SAR Data Evaluation. Proceedings Workshop SAR Data Application, Frascati, 1985, ESA Special Publication, 127, 57-64.

Raggam, J., Buchroithner, M.F. & Mansberger, R. (1987). Operational Relief Mapping Using Non-Photographic Space-borne Imagery. DIBAG Reports, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 27.

Raggam, J. & Buchroithner, M.F. (1988). Radar Stereomapping from SIR-B Images of Mt. Shasta. Begleit-veröffentlichungen zu wissenschaftlichen Filmen, Österr. Bundesinstitut für den Wissenschaftlichen Film, Wien, Nr. 38/39, 97-106.

Raggam, J., Buchroithner, M.F. & Mansberger, R. (1988). Operational Relief Mapping Using Non-Photographic Space-borne Imagery. In M.F. Buchroithner & R. Kostka (Eds.). Remote Sensing. Towards Operational Cartographic Application, Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz, 99-108.

Raggam, J., Buchroithner, M.F. & Mansberger, R. (1989). Relief Mapping Using Non-Photographic Spaceborn Imagery. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 44, 21-36.

Raggam, J., Almer, A., Strobl, D. & Buchroithner, M.F. (1991). RSG-State-of-Art Geometric Treatment of Remote Sensing Data. Proceedings 11th EARSeL Symposium, Graz, 111-120.

Raggam, J., Strobl, D., Buchroithner, M.F. & Almer, A. (1991). RSG-Workstation Software for Geometric Multisensor Data Processing. In H. Ebner, D. Fritsch & C. Heipke (Eds.), Digital Photogrammetric Systems, Karlsruhe: Wichmann, 313-325.

Raggam, J., Almer, A. & Buchroithner, M.F. (1992). Anwendungsbeispiele zur Kartierung mittels Bilddaten. Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 80, 3, 127-140.

Raggam, J., Almer, A. & Buchroithner, M.F. (1992). Small to Large-Scale Mapping Using Multi-Resolution Image Data. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing of ISPRS, Washington, D.C., XXIX, B4, 184-191.

Riaza A & Buchroithner, M.F. (1986). Interpretacion Geologica de Imagenes Radar SIR-B en una Region de la Cordillera Cantabrica Meridional (NO de Espana) Corregidas Radargrametricamente. Proceedings N Cientifica, Grupo de Trabajo en Teledeteccion, Barcelona, 93-94.

Rott, H., Buchroithner, M.F. & Strobl, D. (1988). Glacier Applications of SAR and Landsat TM Imagery. Proceedings 8th EARSeL Symposium, Capri, EUR 11851 EN 1988, 479-489.

Rudskij, V.V., Buchroithner, M.F., Wolodtschenko, A. & Malinnikov, V.A. (1996). Distancionnye i kartograficeskie matody izucenija prirodnych sistem Altaja. Proceedings International Conference Gory i Cevolek, Barnaul, 77-78.

Rudskij, V.V., Buchroithner, M.F., Wolodtschenko, A. & Prechtel, N. (1999). Barnaul – Dresden. 5 let na Altae. In Sovremennye problemy geografii i prirodopolzovanja, Barnaul, 66-71.

Rudskij, V.V., Buchroithner, M.F., Wolodtschenko, A. & Prechtel, N. (1999). Sovremennye issledovanija nemeckich ucenych. Proceedings International Conference Alexander von Humboldt and Russian Geography, 23-25 May 1999, Barnaul, 9, 19-24.

Scherer, D., Maussion, F., Bolch, T., Buchroithner, M., Schneider, C., Huintjes, E., Yang, W., Kang, S., Yao, T. (2001). Climatic forcing of recent lake-level rise of Nam Co, Tibet. Proceedings AGU Fall Meeting 2011, 5-9 December 2011, San Francisco, California, http://sites.agu.org/fallmeeting/

Schirmer, F., Buchroithner, M.F. & Koch, W.G. (2009). Die Herstellung von Touristenkarten unter den restriktiven Bedingungen der DDR von 1965 bis 1989. In D. Unverhau (Hrsg.), Geheimhaltung und Staatssicherheit. Zur Kartographie des Kalten Krieges, Berlin: LIT Verlag, Bd. 1, 2, 359-384.

Schmitt, U., Buchroithner, M.F., Strobl, D., Keil, M., Forstner, M., Ott, J.A. & Schiller, C.H. (1993). Demonstration Study of Water Quality Monitoring and Forest Damage Assessment. European Space Agency Contract Report, Institute for Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 149 pp.

Schmitz, G.H., Buchroithner, M.F., Kunzelmann, T. & Uhlmann, J. (2006). Konzeption eines innovativen Mehrzweck-Fernerkundungssystems auf Basis eines motorgetriebenen Ultraleicht-Starrflüglers. Beiträge zur Jahrestagung des AK Fernerkundungsmethoden der DGPF, 19.5.2006, Berlin, 12 S., CD.

Schneider, C., Scherer, D. & Buchroithner, M.F. (2013). Gletscher lesen lernen – Das diffizile Zusammenspiel von Klima und Gletschern auf dem Tibet-Plateau. In SENCKENBERG – Natur Forschung Museum, 143, 1, 2, 28-33.

Schneider, C., Yao, T., Scherer, D., Kang, S., Buchroithner, M.F., Fink, M., Hochschild, V., Bendix, J., Kropacek, J., Maussion, F., Wei, Y., Huintjes, E., Biskop, S., Curio, J., Zhang, G., Rüthrich, F., Thies, B., Spieß, M., Neckel, N., Holzer, N. & Schröter, B. (2013). Advances in the process-related understanding of atmosphere-cryosphere-hydrosphere couplings on the Tibetan Plateau. 28th Himalayan Karakorum Tibet Workshop and 6th International Symposium on Tibetan Plateau Joint Conference (HKT-ISTP-2013), 22-24 August 2013, Tübingen.

Schön, St. & Buchroithner, M.F. (2002). Ein interessantes Loch. National Geographic Magazine, Februar 2002, 14.

Schwikowski, M., Ciric, A., Kellerhals, M., Schläppi, M., Buchroithner, M.F. & Kleber, A. (2009). Ancient Ice in the Arid Central Andes? Paul Scherrer Institute, Annual Report 2009.

Senarclens de Grancy, R. & Buchroithner, M.F. (1992). Festschrift 100 Jahre Akademische Sektion Graz des Österreichischen Alpenvereins, 121 S.

Shingareva, K.B., Krasnopevtseva, B.V. & Buchroithner, M.F. (2002). Moon Map. A New Map out of the Series of Multilingual Relief Maps of Terrestrial Planets and their Moons. Proceedings InterCarto 8, 28 May-1 June 2002, Helsinki-St. Petersburg, 392-395.

Shingareva, K.B., Krasnopevtseva, B.V., Leonenko, S. M., Buchroithner, M. & Wälder, O. (2003). Mercury – A New Map in The Series of Multilingual Relief Maps of Terrestrial Planets and Their Moons. Proceedings 21st International Cartographic Conference, 10-16 August 2003, Durban, 1551-1555.

Shingareva, K.B., Krasnopevtseva, B.V., Leonenko, S.M., Buchroithner, M.F., Fleis, M.E. & Stooke, P. (2007). Planetary Map Series. Current Project Status and Near Future. Proceedings 23rd International Cartographic Conference, 4-10 August 2007, Moscow, CD.

Shingareva, K.B., Krasnopevtseva, B.V., Zimbelman, J.R., Gomez, R.P., Hoehne, A.V., Buchroithner, M.F. & Dorrer, E. (2007). A New Multilingual Glossary on Planetary Cartography. Proceedings 23rd International Cartographic Conference, 4-10 August 2007, Moscow, CD.

Shingareva, K.B., Zimbelman, J., Buchroithner, M.F. & Hargitai, H.I. (2007). The Realization of ICA Commission Projects on Planetary Cartography. Cartographica, 40, 4, 105-114.

Shingareva, K.B., Krasnopevtseva, B.V. & Buchroithner, M.F. (2001). Venus Map (The Series of Multilingual Maps for Terrestrial Planets and their Moons). Proceedings 20th International Cartographic Conference, 6-10 August 2001, Beijing, 5, 3279-3284.

Sidla, O. & Buchroithner, M.F. (1991). Study of the METEOSAT Sampling Process. Final Report ESA Contract Nr. 8957/90/D/CN. DIBAG Reports, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 54, 94 pp.

Staub, G. & Buchroithner, M.F. (2011). Permanent Space-Borne Monitoring of Temporal Sea-Ice Changes in Marguerite Bay. Abstracts AGU Fall Meeting 2011, 5-9 December 2011, San Francisco, California, C44B-06

Strobl, D., Raggam, J. & Buchroithner, M.F. (1990). Terrain Correction Geocoding of a Multi-Sensor Image Data Set. Proceedings 10th EARSeL Symposium, Toulouse, 98-107.

Sulieman, H.M. & Buchroithner, M.F. (2006). Assessment of Natural Vegetation Clearing and Re-Growth in Southern Gadarif (Sudan) Using Change Vector Analysis Based on Remote Sensing and Field. Proceedings ISPRS Commission VII Mid-term Symposium, 8-11 May 2006, Enschede, 586-591.

Sulieman, H.M. & Buchroithner, M.F. (2007). Multi-Temporal Classification of Abandoned Agricultural Land in Gadarif Region, Sudan, Using Original Bands, Indices and Feature Components of Spaceborne Imagery. IEEE Proceedings Fourth International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images, 18-20 July 2007, Leuven, DOI: 10.1109/MULTITEMP.2007.4293032

Sulieman, H.M., Buchroithner, M.F. (2007). Assessment of the Restoration Potential of the Abandoned Agricultural Land in Doka Area, Eastern Sudan Using Remote Sensing Imagery and GIS. IEEE Proceedings for International Workshop for Sustainable Development, 14-16 November 2005, Rabat, 1-4244-0846-6/07

Sulieman, H.M. & Buchroithner, M.F. (2008). Degradation and Abandoment of Mechanised Rain-fed Agricultural Land in the Southern Gadarif Region, Sudan. The Local farmers' Perception. Land Degradation & Development, 19, 1-11. http.//www3.inter-science.wiley.com/journal/89012758/issue

Triebnig, G. & Buchroithner, M.F. (1986). Radargrammetrische Aspekte der Auswertung von Radarbilddaten. Proceedings ASSA Symposium Fernerkundung, Wien 1985, Mitteilungen Bundesforstliche Versuchsanstalt, Wien, 157, 203-208.

Tsilibaris, X. & Buchroithner, M.F. (1990). Spatial Frequency Analysis of Spaceborne SAR Imagery. Proceedings 9th EARSeL Symposium, Espoo, Helsinki: Commission of the European Communities Publ., EUR 12827 EN, 360-365.

Uffmann, J. & Buchroithner, M.F. (2010). Konzept für die Nachführung des Nepal-Kartenwerkes der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung. Abstracts Gemeinsame Tagung der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung (ARGE) und des AK Hochgebirge, 3.-6. Juni 2010, Bayreuth, 14.

Ulm, M. & Buchroithner, M.F. (1992). Impact of Various Interpolation Techniques on METEOSAT Image Data Quality. Final Report ESA/ITF Contract, Institute of Digital Image Processing, Joanneum Research, Graz, 82 pp.

Van Westen, K., Soeters, R. & Buchroithner, M.F. (1996). Potential and Limitations of Satellite Remote Sensing for Geo-Disaster Reduction. International Archives Photogrammetry Remote Sensing, XXI, B6, 39-44.

Vassena, G., Buchroithner, M.F., Lanzi, C., Gelmini, M., Bolch, T., Löffler, J. & Wundram, D. (2007). A 3D Mixed Laser-Scanner and Photogrammetry Survey Approach for High-Altitude Glacier Monitoring. Proceedings IUGG XXIV General Assembly, 2-13 July 2007, Perugia, http://www.iugg2007perugia.it/webbook

Vaughan, R. & Buchroithner, M.F. (1996). Fusion of Earth Data – Merging Point Measurements, Raster Maps and Remotely Sensed Images. EARSeL Newsletter, 25, 27-28.

Wälder O. & Buchroithner, M.F. (2003). Figure-to-Ground Phenomenon and Fuzzy-Theory. Proceedings 21st International Cartographic Conference, 10-16 August 2003, Durban, 1968-1975.

Wälder, O. & Buchroithner, M.F. (2003). Eine Anwendung von Spline-Verfahren zur DGM-Ausdünnung. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 2, 99-104.

Wälder, O. & Buchroithner, M.F. (2003). 3D-Visualisierung von Geodaten – Gegenwart und Zukunft. In G. Chesi & Th. Weinhold (Hrsg.), 12. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2003, Heidelberg: Herbert Wichmann, 197-200.

Wälder, O. & Buchroithner, M.F. (2004). A Method for Sequential Thinning of Digital Raster Terrain Models. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 3, 215-220.

Wälder, O. & Buchroithner, M.F. (2004). On Geometric Optimisation of True-3D Presentations Using Lenticular Foils. Geodesy, Cartography, Cadastre in the Service of Russia, Jubilee International Scientific and Technical Conference devoted to the 225th Anniversary of MIIGAiK, 24-26 May 2004, Moscow, 407-409.

Wälder, O. & Buchroithner, M.F. (2005). On the figure-to-ground phenomenon. a test and its analysis. Proceedings 22nd International Cartographic Conference, 9-16 July 2005, A Coruña, CD.

Wälder, O. & Buchroithner, M.F. (2006). Statistical Relief Modelling of Geo-Relief with Locally Adaptive Sequential Wavelet-Splines. Cartographica, 41, 3, 267-274.

Wälder, O. & Buchroithner, M.F. (2007). Stereo Viewing of Lenticular Foil Displays. A Geometric Analysis. Proceedings 23rd International Cartographic Conference, 4-10 August 2007, Moscow, CD.

Weiß, G. & Buchroithner, M.F. (2010). How True is True-3D? Geometry between Single Image Stereogrammes and Lenticular Foils. In M.F. Buchroithner (Ed.), True-3D in Cartography – Autostereoscopic and Solid Visualisation of Geodata, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin Heidelberg: Springer, 23-41.

Youssef, A.M., Pradhan, B., Gaber, A.F.D. & Buchroithner, M.F. (2009). Geomorphological hazard analysis along the Egyptian Red Sea coast between Safaga and Quseir. National Hazards and Earth Systems Sciences, 9, 751-766.

Ziesing, A., Buchroithner, M.F. & Wodtke, P. (1997). Ergänzung des ATKIS-DLM 25/1 durch Daten der ALK und deren kartographische Darstellung in den Maßstäben 1:10 000 und 1:5 000. Geo-Informationssysteme, Heidelberg, 1, 2 S.

Zimmermann, G., Buchroithner, M.F. & Koch, W.G. (2007). The "Map Forum Saxony". An Optimal Commented Library of Historical Maps. Proceedings 23rd International Cartographic Conference, 4-10 August 2007, Moscow, CD.

KARTOGRAPHISCHE BAUSTEINE (KB)

Veröffentlichungen des Instituts für Kartographie der TU Dresden
(grau unterlegte Bände vergriffen)

KB 1 Wissenschaftliches Kolloquium "25 Jahre Hochschulausbildung in der Fachrichtung Kartographie". 80 S., 1982.

KB 2 Stams, W. (1982). Bibliographische Zusammenstellungen 1957 bis 1981. 47 S., 2,80 EUR

KB 3 Ogrissek, R. (1982). Erkenntnistheoretische Grundlagen und Erkenntnisgewinnung in der Kartographie. 78 S.

KB 4 Hoffmann, F. (1982). Fortschritte der Kartographie 1969 – 1982. Sammelband ausgewählter Referate von Veröffentlichungen und Buchrezensionen. 159 S.

KB 5 Probleme der thematischen Kartographie und der Automatisierung der Kartenherstellung. Vortragsband, 96 S., 1983, 2,80 EUR.

KB 6 Dresdener Kartographische Beiträge "E. Lehmann und K. A. Sališcev zum 80. Geburtstag". Teil I und Teil II, 145 S., 1985, 2,80 EUR.

KB 7 Kartographiestudium an der TU Dresden. Dissertationen und Diplomarbeiten 1960-1991, 44 S., 1991, 2,80 EUR.

KB 8 Ehren-Kolloquium Friedrich Töpfer. 231 S., 1992, 2,80 EUR.

KB 9 Die Elbe im Kartenbild. Vermessung und Kartierung eines Stromes. Vortragsband, 154 S., 1994.

KB 10 Schwarzbach, F. (1995). Untersuchungen zur rechnergestützten Linienglättung. Dissertation, 103 S., 10 Anlagen, 8,00 EUR.

KB 11 Deutsche in Amerika - Die Einwanderung im Kartenbild. Kolloquiumsbeiträge und Texte zur Ausstellung (in Zusammenarbeit mit der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden). 112 S., 8,00 EUR.

KB 12 High Mountain Remote Sensing Cartography. Proceedings of the International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, 26-28 September 1990, Schladming (Austria). 150 S., 1996, 10,00 EUR.

KB 13 Veröffentlichungen der Mitarbeiter und Lehrbeauftragten des Studienganges Kartographie an der TU Dresden 1982-1996. (Hrsg.) anlässlich des Festkolloquiums "40 Jahre Kartographieausbildung an der TU Dresden", 5./6. Okt. 1997, 33 S., 1997, 5,50 EUR.

KB 14 40 Jahre Kartographieausbildung an der Technischen Universität Dresden 1957-1997. 1998, 13,00 EUR.

KB 15 Böhm, R. (1998). Kartographische Reliefdarstellung mittels digitaler Bildfilterverfahren. Dissertation, 128 S., 13,00 EUR.

KB 16 Orthaber, H. (1999). Bilddatenorientierte atmosphärische Korrektur und Auswertung von Satellitenbildern zur Kartierung vegetationsdominierter Gebiete. Dissertation, 182 S., 13,00 EUR.

KB 17 Schaab, G. (2000). Modellierung und Visualisierung der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Einstrahlungsstärke mittels eines Geo-Informationssystems. Dissertation, 160 S., 16,00 EUR.

KB 18 Buchroithner, M. F. (Hrsg.) (2000). High Mountain Cartography. Proceedings of the Second Symposium of the Commission on Mountain Cartography of the International Cartographic Association held at the Alpine Centre Rudolfshütte, Austria from 29 March to 2 April 2000. 269 S., 20,00 EUR. *ISBN 3-86005-265-9*

KB 19 Koch, W. G. (Hrsg.) (2001). Theorie 2000. Vorträge des kartographischen Symposiums am 17./18. November 2000 an der TU Dresden, 130 S., 14 Anhänge, 12,00 EUR.

KB 20 Buchroithner, M. F. (Hrsg.): Ramsau mit Dachstein-Tauern-Region – Ein geographisch-kartographischer Führer. *ISBN 3-86005-276-6*

KB 21 Prechtel, N. (Hrsg.) (2003). Geoinformationssysteme – Theorie, Anwendungen und Problemlösungen. Vorträge der 7. Dresdner Sommerschule am 26./27. September 2002 an der TU Dresden, 128 S., 11 Farbtafeln, 12,00 EUR. *ISBN 3-86005-355-8*

KB 22 Damoiseaux, Th. (2003). Untersuchungen zum Einsatz von Flugzeug-InSAR in der Gebirgskartographie. Dissertation, 181 S., 205 farbige Abbildungen auf CD-Rom, 16,00 EUR. *ISBN 3-86005-377-9*

KB 23 Wilfert, I. (Hrsg.) (2003). Scalable Vector Graphics (SVG) zur Internetpräsentation von Karten. Fünf Beiträge zu SVG mit drei lauffähigen Anwendungen auf CD-Rom. 172 S., 63 Abbildungen, 12,00 EUR. *ISBN 3-86005-359-0*

KB 24 Das Forstliche GeoInformationssystem von Sachsen. Beiträge zur Weiterentwicklung und Nutzung. 246 S., 2006, 15,00 EUR. *ISBN 3-86005-382-5*

KB 25: Lucht, A.: (2003). Farbmanagement für kartographische Druckerzeugnisse. 159 S., 20 Anlagen, mit CD-Rom, 12,00 EUR. *ISBN 3-86005-383-3*

KB 26 Koch, W. G. (Hrsg.) (2004). Theorie 2003. Vorträge der 8. Dresdner Sommerschule für Kartographie am 25./26. September 2003 an der TU Dresden. 195 S., mit CD-ROM, 18,00 EUR. *ISBN 3-86005-410-4*

KB 27 Faby, H. (2004). Untersuchung von kartographischen Medien und Nutzerbedürfnissen als Basis für zielgruppenorientierte touristische Internet-Anwendungen. Dissertation, 277 S., mit CD-ROM, 14,00 EUR. *ISBN 3-86005-411-2*

KB 28 Buchroithner, M. F. (Hrsg.) (2004). Proceedings of the 7th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, 15-26 July 2002, Bishkek (Kyrgyzstan). 224 S., mit CD-ROM, 16,00 EUR. *ISBN 3-86005-435-X*

KB 29 Wild, H. (2004). Die topographischen Karten (Ausgabe für die Volkswirtschaft) der DDR und ihre Nutzung als Grundlagenkarten. 120 S., 15,00 EUR. *ISBN 3-86005-444-9*

KB 30 Proceedings of the International Symposium on Cartographic Cutting-Edge Technology for Natural Hazard Management, 20-22 October 2004, Dresden (Germany). 190 S., mit CD-ROM, 2005, 15,00 EUR. *ISBN 3-86005-475-9*

KB 31 Reder, J. (2006). Entwicklung eines halbautomatisierten Verfahrens zur Detektion neuer Siedlungsflächen durch vergleichende Untersuchungen hochauflösender Satelliten- und Luftbilddaten. Dissertation, 152 S., 56 Abbildungen, mit CD-ROM, 15,00 EUR. *ISBN 3-86005-506-2*

KB 32 Butwilowski, W. (2007). Einführung in die theoretische Geomorphologie – eine Alternativdarstellung. 170 S., 13,00 EUR. *ISBN 3-86005-552-6*

KB 33 Fasching, G.L. (Red.) (2005). Vom Militärischen zum Sicherheitsgeowesen. Prof. Dr. sc. techn. Hans-Ludwig Ewert zum 75. Geburtstag. 66 S., 7,00 EUR. *ISBN 978-3-86780-082-2*

KB 34* Heinz, M., Koch, W.G. (Hrsg.): 13. Kartographiehistorisches Colloquium und 9. Dresdner Sommerschule für Kartographie, 20.-23. September 2006 in Dresden, Vorträge und Berichte. Kirschbaum-Verlag Bonn, 2012, 279 S. *ISBN 978-3-7812-1868-0*

KB 35 El Nabbout, K. (2007). Geo-Visualization Tools for Participatory Urban Planning The Case of Tripoli, Lebanon. Dissertation, 201 S., mit CD-ROM, 15,00 EUR. *ISBN 978-3-86780-010-5*

KB 36 Kelgenbaeva, K. (2008). Agronomic Suitability Studies in the Russian Altai Using Remote Sensing and GIS. Dissertation, 256 S., mit CD-ROM, 15,00 EUR. *ISBN 978-3-86780-067-9*

KB 37 Krüger, T. (2009). Digitale Geländemodelle im Hochwasserschutz: Detektion, Extraktion und Modellierung von Deichen und vereinfachte GIS-basierte Überflutungssimulationen. Dissertation, 175 S., 15,00 EUR. *ISBN 978-3-86780-137-9*

KB 38 Buchroithner, M.F., Koch, W.G., Stams. W. (Hrsg.) (2012). Karten und Gletscher. Vorträge des wissenschaftlichen Kolloquiums anlässlich des 100. Geburtstages von Prof.Dr. Wolfgang Pillewizer. 114 S., 15,00 EUR. *ISBN 978-3-86780-013-6*

KB 39 Schulz, T. (2014). Der statistische Atlas. Untersuchungen zu klassifikatorischen, inhaltlichen, gestalterischen, technischen und kommunikativen Aspekten. Dissertation, 256 S., *ISBN 978-3-86780-403-5*

*KB 34 ist über den Kirschbaumverlag Bonn zu beziehen, alle anderen Bände über:

Technische Universität Dresden
Institut für Kartographie
01062 Dresden

Tel.: 0351 463 34809
Fax: 0351 463 37028
E-mail: steffi.sharma@tu-dresden.de

Manfred Buchroithner, Geburtsjahr 1950, studierte Geologie und Paläontologie sowie Mineralogie und Petrographie an der Universität Graz, sodann Kartographie und Fernerkundung am International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) in Enschede. Nach einem USA-Aufenthalt war er 1980–1984 Mitarbeiter am Institut für Kartographie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien, zuständig für Satellitenbildkartographie, 1985–1992 Leiter des Instituts für Digitale Bildverarbeitung und Computergrafik am Forschungsinstitut Joanneum, heute Joanneum Research, in Graz. Seit 1992 ist er Professor für Kartographie am gleichnamigen Institut der Technischen Universität Dresden; von 1997–2000 und von 2003–2016 war er Geschäftsführender Direktor des Instituts. An dieser akademischen Ausbildungsstätte wirkte er innovativ in Forschung und Lehre. Forschungsprojekte in Kooperation mit ESA, NASA und weiteren Partnern aus Wissenschaft und Industrie führten ihn in die Ostalpen, nach Hochasien, Südamerika und Ostafrika. Seine Arbeitsschwerpunkte sind u. a. Echt-3D-Kartographie, Gebirgskartographie und Dynamische Kartographie mittels Fernerkundungsdaten. Entstandene Kartenprodukte wurden bei den Kartographieweltkongressen mehrmals mit dem Best Map Award „Excellence in Cartography" ausgezeichnet.

Anlässlich des Festkolloquiums zum 65. Geburtstag von Manfred Buchroithner publiziert das Institut für Kartographie die vorliegende Festschrift. Die wissenschaftlichen Beiträge reflektieren ausgewählte Forschungsthemen zu Grundsatzfragen der raum-zeitlichen kartographischen Visualisierung, Gestaltungsoptionen in digitalen 3D-Landschaftsmodellen, weiteren Problemen der 3D-Kartographie über Analysen und Wertungen der Hochschulausbildung Kartographie in Deutschland, dem Gletschermonitoring in Hochasien, der Höhlenvermessung auf Borneo bis hin zur Modellierung des landwirtschaftlichen Flächenpotentials im Sudan.

Die Beiträge der Festschrift beleuchten nicht nur das weite Spektrum der Interessen und Arbeiten Manfred Buchroithners, sondern zeigen auch an, wie sich die Kartographie in den letzten Jahrzehnten entwickelt und in ihren Theorien, Methoden und ihrer Anwendungsbreite erweitert hat. Zu dieser bemerkenswerten Entwicklung konnte der Jubilar als Forscher und Hochschullehrer wesentliche Ergebnisse beitragen.

Im Anhang des Bandes sind die wissenschaftlichen Veröffentlichungen von Professor Manfred Buchroithner zusammengestellt.

ISBN 978-3-86780-497-4