



Universität Potsdam



Fachgruppe Geoinformatik des Instituts für Geographie
der Universität Potsdam (Hrsg.)

Geoinformation & Visualisierung

Pionier und Wegbereiter eines neuen Verständnisses
von Kartographie und Geoinformatik

Festschrift anlässlich der Emeritierung von
Herrn Prof. Dr. Hartmut Asche im März 2017

GEOINFORMATION &
VISUALISIERUNG:
PIONIER UND WEGBEREITER EINES
NEUEN VERSTÄNDNISSES VON
KARTOGRAPHIE UND
GEOINFORMATIK

Festschrift anlässlich der Emeritierung von
Herrn Prof. Dr. Hartmut Asche im März 2017,
herausgegeben von der Fachgruppe Geoinformatik
des Institutes für Geographie der Universität Potsdam

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.de/> abrufbar.

Universitätsverlag Potsdam 2017

<http://info.ub.uni-potsdam.de/verlag.htm>

Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam
Tel.: +49 (0)331 977 2533 / Fax: -2292
E-Mail: verlag@uni-potsdam.de

Die Schriftenreihe *Potsdamer Geographische Praxis* wird herausgegeben vom Institut für Geographie der Universität Potsdam.

ISSN (print) 2194–1599
ISSN (online) 2194–1602

Das Manuskript ist urheberrechtlich geschützt.
Gestaltung: André Kadanik, Berlin
Satz: Ute Dolezal
Titelgrafik: Fachgruppe Geoinformatik

Druck: docupoint GmbH Magdeburg
ISBN 978-3-86956-389-3

Zugleich online veröffentlicht auf dem Publikationsserver der Universität Potsdam:
URN [urn:nbn:de:kobv:517-opus4-100787](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-100787)
<http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-100787>

INHALTSVERZEICHNIS

LAUDATIO // MITARBEITERINNEN UND MITARBEITER DER FACHGRUPPE GEOINFORMATIK ..	7
GRUNDSÄTZE FÜR DIE VERWENDUNG VON GEOGRAPHISCHEN NAMEN IN ATLANTEN // PETER JORDAN	13
TREIBENDE KRAFT STETS AM PULS DER WIRTSCHAFT // FRANZ PIETRUSKA	31
USING STATISTICS CANADA DATA TO MAP CANADA'S POPULATION // JULIA SIEMER	35
PREDICTIVE POLICING: BEOBACHTUNGEN UND REFLEXIONEN ZUR EINFÜHRUNG UND ETABLIERUNG EINER VORHERSAGENDEN POLIZEIARBEIT // MANFRED ROLFES	51
LAND-WATER MASKS: BASIS FOR AUTOMATED PRE- AND THEMATIC PROCESSING OF REMOTE SENSING DATA // ERIK BORG, BERND FICHTELMANN	77
VERMESSUNG IM SONNENSYSTEM: KARTOGRAFIE VON PLANETEN, MONDEN UND KLEINEN KÖRPERN // RALF JAUMANN, ANDREA NASS, MARLENE BAMBERG	101

LAUDATIO

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der
Fachgruppe Geoinformatik

Mit dem vorliegenden Band ist es uns, den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Fachgruppe Geoinformatik ein Anliegen, die jahrelangen Dienste Herrn Asches für das Feld der Geoinformatik zu würdigen. Wir bedanken uns bei den Autoren für ihre Beiträge.

Hartmut Asche prägte in seiner langjährigen akademischen Tätigkeit nachhaltig die Entwicklung der Forschungsfelder der Geoinformatik und der Kartographie, insbesondere in ihrer Synthese, und wurde damit zu einem der Wegbereiter hin zu einem neuen Feld der geovisuellen Analyse. Seine wissenschaftliche Karriere umfasst zahlreiche Meilensteine und gerade der nicht-geradlinige Verlauf, immer am Puls der Zeit, prägte seine herausragende wissenschaftliche Persönlichkeit. In der Laudatio schildern wir als Mitarbeiter/Innen der Fachgruppe Geoinformatik der Universität Potsdam, was aus unserer Sicht die herausragendsten und prägendsten Eckpunkte seiner Karriere sind. In vielen Gesprächen, meist bei einer guten Tasse Kaffee, ließ uns Herr Asche des Öfteren an Stationen seiner an Höhepunkten reichen Karriere teilhaben. Manche Anekdote wird uns für immer unvergesslich bleiben. Nachfolgend versuchen wir den Karriereweg von Herrn Asche nachzuzeichnen.

Nach seinem Studium der Geographie, Anglistik und Pädagogik (1970 bis 1975, Göttingen) war er von 1976 bis 1980 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geographischen Institut der Universität Göttingen in einem Forschungsprojekt in Südostasien tätig, das die Analyse des nomadischen Lebensraums in den Golfstaaten Kuwait, Vereinigte Arabische Emirate und Oman zum Ziel hatte. In dieser Zeit lernte Herr Asche die beduinische Lebensweise, Kultur und arabische Sprache kennen. Seine ganze Karriere über und noch immer bestehen intensive wissenschaftliche Verbindungen mit dem Orient, was sich in vor kurzem durchgeführten Reisen in diese Weltregion, geplanten Forschungsprojekten und in der Betreuung von Doktorarbeiten ausdrückt. Mutmaßlich entstand in diesem Karriereabschnitt Herrn Asches Vorliebe für das Kaffeetrinken.

1981 wechselte Herr Asche in die Wirtschaft, wo er bis 1982 als Kartenredakteur der Kartographischen Anstalt des Georg Westermann Verlages Braunschweig tätig war. Im Rahmen dieser Tätigkeit übernahm er erstmals eine Vorreiterrolle in der die Karriere durchziehenden Disziplinen-Synthese und entwickelte und bearbeitete die erste Auflage des immer noch, mittlerweile in der 11. Auflage, aufgelegten „Diercke Weltraumbild-Atlas“. Besonders prägend war für Herrn Asche in dieser Zeit sein Chef, Herr Prof. Ferdinand Mayer – ein österreichischer Kartograph, bei dem Herr Asche viele aus der Industriesicht relevante Grundlagen seiner Arbeit erlernte. Diese Industrieerfahrung floss und fließt immer noch in seine wissenschaftlichen Arbeiten und Projekte mit ein. Während seiner Tätigkeit bei Westermann gewann Herr Asche seine große Expertise im Bereich Atlas-Kartographie. 1982 erfolgte Herrn Asches Promotion zum Dr. phil. am Fachbereich Historisch-Philologische Wissenschaften der Universität Göttingen zum Thema:

„Mobile Lebensformgruppen Südost-Arabiens im Wandel: die Küstenprovinz Al Bāṭinah im erdölfördernden Sultanat Oman“.

Nach seiner Promotion war Herr Asche wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Kartographie der Fachgruppe Geographie/Geowissenschaften an der Universität Trier und Universitätsassistent am Ordinariat für Geographie und Kartographie des Instituts für Geographie der Universität Wien. Gerade seine Wiener Zeit war prägend für Herrn Asches wissenschaftliche Sichtweise auf die Kartographie und Geoinformatik. Er kam erstmals in Kontakt mit dem neuen Feld der Computerkartographie und den ersten Anfängen der Geoinformatik. Herr Asche erweiterte seine Expertise um diese neuen Möglichkeiten einer neuen computergestützten Geodatenverarbeitung und prägte somit als einer der ersten Vorreiter die Entwicklung der Geoinformatik im Deutschsprachigen Raum – wobei er nie seine Wurzeln in der Kartographie vergaß. In seiner Wiener Zeit wurde seine Vorliebe für einen guten Kaffee durch die zahlreichen Kaffeehäuser weiter ausgebaut. Von dieser Vorliebe profitierten viele seiner zukünftigen Mitarbeiter/Innen, denn einen Kaffee mit Hartmut zu trinken gehört in der Arbeit mit ihm einfach dazu!

1986 bekam Herr Asche einen Ruf als Professor für Kartographie an den Fachbereich Vermessungswesen und Kartographie der Hochschule für Technik Karlsruhe. Diesen Lehrstuhl hatte er bis 1988 inne.

Es folgte ein Ruf nach Berlin an die Beuth Hochschule, wo er die Professur für Kartographie am Fachbereich Vermessungs- und Kartenwesen annahm. In dieser Zeit (1988 bis 1995) leitete er das Labor für Geovisualisierung und Geoinformation der Beuth Hochschule. 1995 kam der Ruf, als Universitätsprofessor für Geoinformatik, Fernerkundung und Kartographie an das Institut für Geographie der Universität Potsdam zu wechseln, an den Lehrstuhl, den Herr Asche bis zu seiner Emeritierung innehatte. In diesen Karriereabschnitt fallen zahlreiche große Erfolge seiner wissenschaftlichen Karriere, darunter über 40 referierte wissenschaftliche Artikel in den Feldern Kartographie, Geoinformation und Fernerkundung. Einer der Meilensteine aus Herrn Asches Potsdamer Zeit ist der Aufbau des Masterstudiengangs Geoinformation und Visualisierung. In diesem forschungsbasierten Studiengang gelang es Herrn Asche, die von ihm gelebte Synthese aus Kartographie und Geoinformatik in ein Mastercurriculum einfließen zu lassen, das eine deutschlandweite Alleinstellung besitzt. Der Masterstudiengang basiert auf einem Curriculum der klassischen GI-Science, eingebettet in die Visualisierungspipeline, ein Ansatz der bis dato so nicht in der deutschsprachigen Geoinformationswelt zu finden war. Der Master mit natur- und ingenieurwissenschaftlicher Ausrichtung vereinte Lehranteile aus Geoinformatik und Computergrafik auf einem Fundament aus Informatik und Erdwissenschaften.

Neben diesem Meilenstein in der Lehre sind drei große Meilensteine in der Forschung zu nennen:

Das ist erstens der von 2001–2003 entstandene bevölkerungsgeographische Atlas von Albanien. Dessen neuartige kartographische Produktion mittels Vektorgrafikprogrammen und GIS-Softwaresystemen war weit vor seiner Zeit.

Zweitens das Forschungsprojekt 3D-Geoinformation von 2001–2006. In Kooperation mit dem Hasso-Plattner-Institut (HPI) der Universität Potsdam wurden in Herrn Asches Arbeitsgruppe Verfahren und Konzepte für die semantisch und ontologisch fundierte Modellbildung aus 3D-Geoinformationen, ihrer automatisierten Prozessierung und Veredlung sowie ihrer Integration in bestehende Konzepte entwickelt. Im Rahmen des Verbundprojektes entstanden zahlreiche hoch gerankte Paper und mehrere der Projektmitarbeiter/Innen promovierten im Rahmen des Verbundprojektes.

Drittens ist die rezentere Forschungstätigkeit von Herrn Asche im Bereich der Fußgängernavigation zu nennen, die aktuell von ihm weiterbetrieben und fortgeführt wird; hierbei gelang es Herrn Asche wissenschaftlich wichtige Beiträge zur Untersuchung von Fußgängernavigation mit einem Fokus auf der systematischen und wirtschaftlichen Erfassung und Aufbereitung fußgängerspezifischer Geodaten zu leisten.

Neben diesen drei Meilensteinen sind unbedingt noch Herrn Asches sehr hervorragende Kooperationen mit den Planetologen aus dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt zu nennen. Aus dieser Kooperation entstanden Forschungs- und Promotionsprojekte.

Darüber hinaus war Herr Asche einer der Initiatoren des Graduiertenkollegs „Sichtbarkeit und Sichtbarmachung“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DfG), in Kooperation mit der Universität Potsdam, der Freien Universität Berlin (FU), dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und der Fachhochschule Potsdam.

Herr Asche ist des Weiteren seit mehreren Jahren im Programmkomitee der „International Conference on Computational Science and Its Applications“ (ICCSA), einer der meist angesehensten Konferenzserien in der Informatik, die die renommierte informatische Schriftenreihe „Lecture notes on computational science“ (LNCS) herausgibt.

Neben dieser Gremientätigkeit ist Herr Asche Vorsitzender der Gesellschaft für Erdkunde (GfE) und ist Leiter der Kommission Atlaskartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK).

Seine intensive Forschung fand und findet ihren Niederschlag in der Lehre und Nachwuchsförderung. In der Zeit von 1995 bis 2016 führte Herr Asche zahlreiche Doktoranden als Doktorvater zur Promotion. Viele seiner Schüler führen den von Herrn Asche geprägten Stil der Wissenschaft in ihrer Tätigkeit, unter anderem bei ESRI, Oracle, Immobilienscout24, University of Regina, weiter.

In seiner Zeit in Potsdam verfolgten wir Mitarbeiter/Innen einen bemerkenswerten Wandel von Herrn Asche von einem konsequenten Vertreter der Gruppe „No sports“ hin zu einem begeisterten, sehr aktiven Hobbyläufer. Wöchent-

lich läuft er mit dem Berliner Verein „die Laufpartner“ und seine Karriere als Hobbysportler weist einige Erfolge in seiner Altersklasse auf.

Herr Asche hatte seine Bürotür für alle seine Mitarbeiter/Innen, Doktoranden, Studenten und Freunde immer offen. Seine Ratschläge und seine Expertise sind in vielen, nicht nur wissenschaftlichen Bereichen Gold wert! Wir, die Mitarbeiter/Innen freuten uns auf den täglichen Espresso, verbunden mit guten Gesprächen und Diskussionen, in der Kaffeeküche der Fachgruppe Geoinformatik und hoffen nach der Emeritierung weiter die eine oder andere Gelegenheit der Fortführung dieser Gepflogenheit zu finden.

Mögen seine Schaffenskraft und Engagement noch lange erhalten bleiben – zum Wohle der Wissenschaft.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Fachgruppe Geoinformatik:

Marion Simon

Christian Kuntzsch

Harald Schernthanner

Mirko Seifert

Andreas Fricke

Lucia Tyrallová

Nico Bellack

Erik Lohmann

Patrick Voland

GRUNDSÄTZE FÜR DIE VERWENDUNG VON GEOGRAPHISCHEN NAMEN IN ATLANTEN¹

Peter Jordan (Wien)

¹ Dieser Beitrag ist die wesentlich modifizierte und ergänzte deutsche Fassung eines Artikels, der bereits in englischer Sprache erschienen ist: JORDAN, P. (2016): Principles of Place-Name Rendering in the Various Kinds of Atlases. In: Moser, J. (Hg.): Joint Commission Seminar on Historical Maps, Atlases and Toponymy (= Forum IfL, 30). Leipzig, Selbstverlag des Leibniz-Instituts für Länderkunde, S. 15–24.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verwendung geographischer Namen in Karten und Atlanten ist ein in der kartographischen Methodenlehre vernachlässigter Bereich, der aber Aufmerksamkeit verdient, weil geographische Namen dort wichtige Funktionen erfüllen. Sie identifizieren zwar nicht ein geographisches Objekt, erleichtern aber das Kartenlesen, ermöglichen die Suche nach geographischen Objekten, weisen auf Merkmale geographischer Objekte hin und lassen die kulturelle Einbettung eines Ortes erkennen. Für Leser, denen der Name und der durch ihn bezeichnete Ort bekannt sind, haben sie die zusätzliche Funktion von Etiketten und die Eigenschaft, emotionale Bindungen zum Ort zu unterstützen. Es werden zudem sechs allgemeine Grundsätze für die Verwendung von geographischen Namen in Atlanten genannt, ferner spezielle Grundsätze für die beiden Haupttypen von Atlanten, nämlich wissenschaftliche Atlanten, die sich an ein internationales Publikum wenden, und populäre Atlanten, die v. a. ein heimisches Publikum ansprechen wollen.

SUMMARY

The use of geographical names on maps and in atlases is a neglected field in cartographic methodology, but deserves attention because geographical names have important functions there. They do not identify a geographical feature, but facilitate map reading, allow the search for geographical features, point to their characteristics and let the cultural embedding of a place seen. For readers, where the name and the place designated by him are known, they have the additional function of labels and the ability to support emotional ties to the place. There are also six general principles for the use of geographical names in atlases highlighted, further specific principles for the two main types of atlases, namely scientific atlases that call for an international audience and popular atlases that want to reach a domestic audience.

1 EINLEITUNG

Geographische Namen sind nicht nur dekorative Kartenelemente, sondern erfüllen in Karten und Atlanten wesentliche Aufgaben und Funktionen. Hartmut Asche, dem sich der Autor nach langjähriger Bekanntschaft, durch gemeinsame Interessen und nach vielen erfolgreichen Kooperationen eng verbunden fühlt, weiß das. Der größeren Gemeinschaft der Kartographen verdient diese Tatsache aber doch gelegentlich in Erinnerung gerufen zu werden.

Dieser Beitrag wird also die Bedeutung einer überlegten und methodisch korrekten Verwendung geographischer Namen in Karten und Atlanten hervorheben und sich im Einzelnen mit den folgenden Fragen befassen: Welche sind die grundlegenden Funktionen von geographischen Namen in Karten und speziell in Atlanten? Wie sollen geographische Namen in Atlanten verwendet werden? Worin unterscheiden sich diesbezüglich die einzelnen Atlastypeen?

2 GRUNDLEGENDE FUNKTIONEN VON GEOGRAPHISCHEN NAMEN IN KARTEN

2.1 Geographische Namen erklären geographische Objekte, identifizieren sie aber nicht

Ist es wirklich erst der geographische Name, der ein geographisches Objekt in einer Karte identifiziert? – eine Annahme, die in der kartographischen Literatur nicht selten zu finden ist (z. B. Kretschmer et al. 2008: 126).

Signaturen – ob punkthaft, linienhaft oder flächig – bezeichnen, wenn sie in der Karte stehen, nicht nur einen Begriff, sondern auch ein bestimmtes geographisches Objekt. Während der von der Signatur bezeichnete Begriff in der Legende erklärt wird, kann das geographische Objekt, für das die Signatur steht, durch die Signatur in der Karte erkannt werden.

Eine Kreissignatur z. B. kann allgemein für Siedlungen stehen und so in der Legende erklärt sein. In der Karte steht sie aber wegen ihrer georeferenzierten Position und weil sie in ein Gefüge von Signaturen eingebettet ist für eine bestimmte Siedlung. Ein mit der Topographie des dargestellten Gebietes vertrauter Kartenleser wird die konkrete Bedeutung dieser Signatur erkennen können, auch wenn beim Kreis kein Name steht.

Dasselbe gilt für Liniensignaturen mit der allgemeinen Bedeutung von Flüssen oder Grenzen. Während sie in der Legende in ihrer allgemeinen Bedeutung (Fluss, Grenze) erklärt werden, nehmen sie in der Karte eine bestimmte Form an und befinden sich an einem bestimmten Platz, wodurch sie ein konkretes geographisches Objekt identifizieren.

Geographische Namen erleichtern also das Kartenlesen und erklären manchmal geographische Objekte, indem sie deren Merkmale beschreiben, sie sind aber nicht notwendig, um geographische Objekte zu identifizieren. Das wird schon durch die Signatur selbst erledigt, wenn sie eine bestimmte Position in der Karte einnimmt.

Das gilt auch, wenn Signaturen wegen großer Inhaltsdichte und um die Lesbarkeit der Karte zu verbessern im Verhältnis zu ihrer richtigen geometrischen Position leicht verschoben werden – wie das besonders in thematischen Karten oft geschieht. Signaturen verlieren dadurch ihre genaue Georeferenz. Aber sie ändern deshalb nicht entscheidend ihre Lagebeziehung zu anderen Signaturen in ihrer Umgebung. Aus dem Beziehungsgefüge ist auch dann noch (so soll es jedenfalls sein) eindeutig, für welches geographische Objekt sie stehen.

Wenn es also nicht geographischer Namen bedarf, um geographische Objekte in Karten zu identifizieren, welche Funktionen haben sie dann? Diese sind immer

noch zahlreich und wichtig genug, wie aus den folgenden Abschnitten zu erkennen sein wird. Sie werden getrennt nach Funktionen für Leser, die einen bestimmten Namen (und das von ihm bezeichnete Objekt) nicht kennen, und nach teils nur zusätzlichen Funktionen für Leser, die ihn/es kennen, dargestellt.

2.2 Funktionen für Leser, die den dargestellten Namen (und das von ihm bezeichnete Objekt) nicht kennen

GEOGRAPHISCHE NAMEN ERLEICHTERN DAS KARTENLESEN

Wenn dem Leser der in der Karte vorgefundene Name und das von diesem bezeichnete geographische Objekt nicht bekannt sind, erleichtert der geographische Name das Kartenlesen. Die Identifizierung einer Signatur wird wesentlich leichter, wenn bei ihr ein geographischer Name steht. Wird die Signatur nicht durch einen Namen erläutert, muss die gerade verwendete Karte mit anderen Karten oder kartographischen Quellen verglichen werden, die den Namen doch zeigen, oder man muss die geographischen Koordinaten des fraglichen Objekts mit anderen Quellen vergleichen. Kartenlesen würde so zu einer komplizierten und mühsamen Aufgabe.

Die Konsequenz für die Kartographie muss daher lauten, möglichst viele Signaturen mit Namen zu versehen. Wenn es aus graphischen Gründen unmöglich ist, jede Signatur mit einem Namen zu beschriften, sollten zumindest größere oder wichtigere Objekte sowie auffallende Objekte mit besonderen Merkmalen (das gilt besonders für thematische Karten) mit Namen versehen werden. Es soll möglich sein, über alle signifikanten Aussagen und Inhalte einer Karte unter Nennung ihrer Namen zu sprechen.

GEOGRAPHISCHE NAMEN ERMÖGLICHEN DIE SUCHE NACH OBJEKTEN

Ortsnamenregister ergänzen üblicherweise gedruckte Atlanten, Straßenkarten oder Stadtpläne. Bei interaktiven elektronischen Kartenwerken erfüllen diese Aufgabe Suchfunktionen. Über den geographischen Namen im Register oder nach Eingabe des Namens in die Suchfunktion lässt sich das Objekt in der Karte finden. Ohne geographische Namen wäre das nicht möglich.

GEOGRAPHISCHE NAMEN VERMITTELN ZUSÄTZLICHE INFORMATIONEN ÜBER DARGESTELLTE OBJEKTE

Während die Signatur selbst nur Objektkategorien wie Berg, Pass, See, Gletscher, Fluss, Wald, Siedlung etc. kennzeichnet, geben (manche) geographische Namen über spezifischere Objektmerkmale Auskunft. Diese zusätzliche Information kann durch den generischen Bestandteil (das Gattungswort) eines zusammengesetzten geographischen Namens vermittelt werden, wenn die Bedeutung dieses generischen Bestandteils transparent ist.²

Zusammengesetzte geographische Namen mit einem generischen Bestandteil kommen am häufigsten bei Namen von Naturobjekten vor, z. B. im Namen *Nordkette*, in welchem der generische Bestandteil *-kette* das Objekt innerhalb des weiteren Begriffs *Berg* (der schon durch die Signatur gekennzeichnet wurde) näher charakterisiert oder im Namen *Alterbach*, in welchem der generische Bestandteil *-bach* das Objekt innerhalb des weiteren Begriffs Fließgewässer (der schon durch die Signatur gekennzeichnet wurde) näher beschreibt.

Wohl liefert der generische Bestandteil eines Bergnamens in Bezug auf Höhe (*-hügel*, *-bühel*, *-berg*) oder Größe (*-berg*, *-gebirge*) keine Information, die nicht auch aus der Signatur in einer großmaßstäbigeren topographischen Karte ableitbar wäre, in Bezug auf die Gestalt des Berges (*-plateau*, *-kette*, *-spitze*, *-horn*, *-nock*, *-kofel*, *Zinne*) aber wohl doch. Auch die Funktion eines Gebirges (wie z. B. durch den englischen Ausdruck *divide*) kann er näher beschreiben.

Aber auch viele Namen anthropogener Objekte haben sprechende und transparente generische Bestandteile. Dies trifft z. B. auf *Salzburg* oder *Friedrichshafen* zu, wo die generischen Bestandteile *-burg* und *-hafen* zumindest etwas über die historische Funktion dieser Städte aussagen, wobei auch historische Funktionen für die heutige Identität von Orten wichtig sein können. Das generische Element in Namen von Siedlungen kann deren Rechtsstellung (*-stadt*, *-markt*, *-dorf*) näher beschreiben, deren aktuelle oder historische Funktion (z. B. *-hafen* in *Friedrichshafen*, *-bruck* in *Innsbruck*, *-furt* in *Frankfurt*, *-burg* in *Salzburg*).

Neben dem generischen Bestandteil eines Namens kann aber auch der spezifische Bestandteil (oder das proprialement) Aussagen über die Merkmale eines Objekts liefern – auch wenn diese sich wieder zumeist auf historische Merkmale beziehen. Dies gilt z. B. für transparente Adjektive wie *Neu-/Alt-*, *Groß-/Klein-*, *Ober-/Unter-* bei Siedlungsnamen oder *warm/kalt*, *schwarz/weiß* in Namen von Fließgewässern³, auch für Adjektive, die Himmelsrichtungen anzeigen (*Nord-/Süd-*), sowie für Adjektive, die abgeleitet sind von

² Es kommt aber auch vor, dass die Bedeutung des Gattungsworts nicht (leicht) erkennbar, dass es opak ist. Das ist häufig dann der Fall, wenn das Gattungswort einer älteren Schicht derselben Sprache angehört oder aus einer anderen Sprache übernommen wurde.

³ *Schwarz* in Namen von Fließgewässern bezeichnet zumeist das größere, langsamer fließende, *weiß* ist die Metapher für das kleinere, schneller fließende und dadurch oft schäumende Gewässer.

- » Ländernamen (*Uherské Hradiště, Uherské = ‚Ungarisch‘*),
- » Gebietsnamen (*Böhmerwald, Thüringer Wald, Câmpulung Moldovenesc, Moldovenesc = ‚Moldauisch‘*),
- » Ethnonymen (*Frankfurt am Main = ‚Furt der Franken‘; Kroatisch Minihof; Valašské Meziříčí, Valašské = ‚Walachisch‘*)
- » Anthroponymen (*Port Elizabeth, Sankt Petersburg*).

In großmaßstäbigen topographischen Karten können solche Informationen auch für die Orientierung an Ort und Stelle bedeutsam werden – nicht zuletzt in militärischen Zusammenhängen und für Rettungseinsätze. In Karten für militärische Zwecke werden daher generische Bestandteile von Namen in anderen Sprachen sehr oft übersetzt.

GEOGRAPHISCHE NAMEN INFORMIEREN ÜBER DIE KULTURELLE EINBETTUNG EINES ORTES

Diese Funktion steht mit der vorhin genannten in enger Verbindung, doch unterscheidet sie sich von ihr insofern als sie sich nicht nur auf transparente Elemente eines Namens bezieht. Sie ergibt sich aus der Tatsache, dass ein geographischer Name – mit Ausnahme von jüngeren Um- und Neubenennungen – in der Regel eine lange Tradition hat und so die Geschichte sowie die Kulturschichten eines Ortes widerspiegelt. Petar Ilievski drückt diese Eigenschaft geographischer Namen sehr treffend aus, wenn er sagt: „What fossils are to biology, and sediments to geology, toponyms are to cultural history of a country because they reflect the various ethnic, economic, political and other changes in the past of the country.“ (zitiert nach Jačeva-Ulčar 2009: 169).

Geographische Namen gehören lexikalisch einer aktuell gesprochenen Sprache an, viele entstammen aber einer anderen Sprache, die früher am selben Ort gesprochen wurde, und sind in die heutige Sprache nur übernommen worden – durch morphologische oder phonetische Anpassung. Das gilt besonders für Namen geographischer Objekte, die schon früh große Bedeutung hatten, wie für große Flüsse oder alte Städte.

Gerade wenn die Bedeutung dieser Namen für uns Heutige nicht transparent ist, bilden sie ein fruchtbares Feld linguistischer und kulturhistorischer Forschung. Sie bieten gute Anhaltspunkte zur Erforschung der Besiedlungs- und Kulturgeschichte und sind z. B. sehr verlässliche Anzeiger der zeitlichen Abfolge von Siedlungsschichten, können also sehr gut die Frage beantworten, wer (welche sprachliche Gruppe) früher an einem bestimmten Ort war. Darüber hinaus werfen

sie ein Licht auf kulturelle Merkmale, die wirtschaftliche Disposition und religiöse Zuordnungen früherer Bevölkerungen. Sie sind gewissermaßen verdichtete Erzählungen über historische Bevölkerungsgruppen.

Wohl spricht diese Funktion geographischer Namen in erster Linie Forscher und viel weniger andere Kartenleser an. Es erfährt aber doch jeder Kartenleser durch den geographischen Namen in der Karte, welche Sprache(n) an einem bestimmten Ort gesprochen wird/werden. Und je nachdem, wie versiert er/sie in sprachlichen und kulturellen Belangen ist, kann von dieser Information ein mehr oder weniger komplexes Bild der kulturellen Situation an einem Ort abgeleitet werden.

Diese Funktion beschränkt sich auch auf Endonyme im Sinne von Namen, die von der lokalen Gemeinschaft verwendet werden, und ist nicht wirksam bei Exonymen im Sinne von Namen, die andere Gemeinschaften für dasselbe Objekt verwenden.

2.3 (Zusätzliche) Funktionen für Leser, die den dargestellten Namen kennen

GEOGRAPHISCHE NAMEN FUNGIEREN ALS ETIKETTEN

Für Leser, die einen bestimmten geographischen Namen (nicht notwendigerweise das durch ihn bezeichnete Objekt) kennen, wird die Etiketten-Funktion geographischer Namen wirksam. In dieser Funktion steht ein geographischer Name symbolhaft für einen raumbezogenen Begriff. Wenn jemand, der den Namen kennt, den Namen liest, füllt sich der vom Namen bezeichnete Begriff mit Inhalt. Man erinnert sich daran, was man über dieses Objekt weiß und gehört hat.

Wenn man das Objekt an sich nicht kennt, sondern nur seinen Namen, aber über diesen einen „Begriff“ eine Vorstellung von diesem Objekt hat, wird durch das Lesen des Namens dieser Begriff aktiviert, der durch Wissenserwerb, oft auch durch Image Building und Branding entstanden ist.

Diese Funktion geographischer Namen ähnelt der von Fahnen, Wappen und Logos.

GEOGRAPHISCHE NAMEN UNTERSTÜTZEN EMOTIONALE BINDUNGEN AN ORTE

Leser, die nicht nur den geographischen Namen kennen, sondern auch mit dem durch ihn bezeichneten Objekt/Ort vertraut sind, also in erster Linie Bewohner, Menschen die dort aufgewachsen sind oder in ihrem späteren Leben eine engere Beziehung zu diesem Ort entwickelt haben (z. B. immer wiederkehrende Urlaue-

ber) empfinden etwas, wenn sie den Namen in der Karte lesen. Es wird nicht nur ein durch Wissenserwerb und Werbung generierter Begriff aktiviert (wie bei der vorhin genannten Funktion), es tritt auch das visuelle Erscheinungsbild des Ortes vor ihre Augen, sie erinnern sich an Personen und Ereignisse, ja auch an Gerüche und Laute, die sie mit dem Ort verbinden. Das Lesen des Namens erweckt ihr Gefühl für diesen Ort, ihr „feel of a place“ wie Yi-Fu Tuan das ausdrückt (Tuan 1977: 183 f.).

Es ist aber wohl auch so, dass auch mit dem Objekt/Ort selbst nicht Vertraute etwas empfinden können, wenn sie einen Namen hören, lesen oder memorieren. *Paris* und *Auschwitz* [Oświęcim] bilden vielleicht die gegensätzlichen Pole in der Spannweite solcher Empfindungen.



Abb. 1: Ankündigung der nächsten Station im „Narita-Express“ vom Flughafen Tokio nach Tokio. Die örtliche Zeichenschrift ist nach dem Modified Hepburn System in die Lateinschrift konvertiert, das die gesprochenen japanischen Namen im Wesentlichen englisch-phonetisch wiedergibt (Foto P. Jordan 2013).



Abb. 2: Verkehrshinweistafel in Peking. Die örtliche Zeichenschrift ist nach dem Pinyin-System in die Lateinschrift konvertiert, das die gesprochenen chinesischen Namen im Wesentlichen englisch-phonetisch wiedergibt (Foto P. Jordan 2013).

3 GRUNDSÄTZE DER VERWENDUNG GEOGRAPHISCHER NAMEN IN ATLANTEN

Bevor auf solche Grundsätze eingegangen wird, ist es notwendig, vier in diesem Zusammenhang wichtige Begriffe zu klären: *Endonym* und *Exonym* sowie *Transliteration* und *Transkription*.

Die Unterscheidung zwischen **Endonym** und **Exonym** ergibt sich, wenn geographische Namen unter dem Aspekt der räumlichen Beziehung zwischen der Gemeinschaft, die den Namen verwendet, und dem geographischen Objekt, das der Name bezeichnet, betrachtet werden. Wenn der Name von der örtlichen Gemeinschaft verwendet wird, hat er den Status eines Endonyms. Wenn der Name von anderen Gemeinschaften verwendet wird, hat er den Status eines Exonyms. Das sind allumfassende Definitionen dieser Begriffe, d. h. Definitionen, die alle möglichen Fälle einschließen. Sie sind allerdings für den praktischen Zweck der Standardisierung nicht leicht verwendbar, sodass die Expertengruppe der Vereinten Nationen für geographische Namen (United Nations Group of Experts on Geographical Names, UNGEGN) nach ausführlicher Diskussion bei anderen Definitionen geblieben ist.⁴

Es ist auch anzumerken, dass – während sich ein geographischer Name als solcher immer auf das ganze geographische Objekt bezieht – der Status dieses Namens (ob Endonym oder Exonym) je nach räumlicher Beziehung zwischen der Gemeinschaft, die diesen Namen verwendet, und dem Objekt in Bezug auf Teile dieses Objekts wechseln kann. So hat der deutsche Name *Donau* von den Quellen der Donau bis zur slowakischen Grenze Endonym-Status, weil ihn dort die örtliche Gemeinschaft verwendet. Östlich davon nimmt er hingegen Exonym-Status an, weil die örtlichen Gemeinschaften entlang dieser Abschnitte des Flusses andere Namen (slowak. *Dunaj*, ungar. *Duna*, serb./kroat./bulg. *Dunav*, rum. *Dunărea*, ukr. *Dunaj*) verwenden. Diese sind dort jeweils die Endonyme.

Man spricht von **Transliteration**, wenn jeder einzelne Buchstabe eines Ausgangsalphabets in einen einzelnen Buchstaben eines Zielalphabets in anderer Schrift übertragen wird (wenn nötig auch unter Verwendung von Diakritika und

⁴ **Endonym** – name of a geographical feature in an official or well-established language occurring in that area where the feature is located. **Exonym** – name used in a specific language for a geographical feature situated outside the area where that language is widely spoken, and differing in its form from the respective endonym(s) in the area where the geographical feature is situated. Examples: *Warsaw* is the English exonym for *Warszawa* (Polish); *Mailand* is German for *Milano*; *Londres* is French for *London*; *Kālūniyā* is Arabic for *Köln*. The officially romanized endonym *Moskva* for *Москва* is not an exonym, nor is the Pinyin form *Beijing*, while *Peking* is an exonym. The United Nations recommends minimizing the use of exonyms in international usage. (UNEGN 2007: 10).

Sonderbuchstaben) und das Zielalphabet sprachneutral ist (z. B. der Moskauer Flughafen *Шереметьево* > *Šeremet'evo*).

Bei **phonetischer Transkription** hingegen entspricht das Zielalphabet dem Alphabet einer bestimmten Sprache, ist also nicht sprachneutral (z. B. *Шереметьево* > *Scheremetjewo* in deutsch-phonetischer Transkription, *Sheremetyevo* in englisch-phonetischer Transkription).

Transliteration führt zu einer in hohem Maße rückübertragbaren Schreibweise, die aber nur Fachleute richtig aussprechen können, während phonetische Transkription in eine nicht (leicht oder sicher) rückübertragbare Schreibung mündet, die aber Sprechern der Zielsprache eine leichte und gute Näherung an die Aussprache der Ausgangssprache ermöglicht.

Im Folgenden seien nun zuerst allgemeine Grundsätze für alle Atlanten vorgestellt, sodann spezifische Grundsätze für einzelne Atlastypen. Sie entstammen verschiedenen Quellen und der persönlichen Erfahrung des Autors als Kartograph und Atlasredakteur.

3.1 Allgemeine Grundsätze der Verwendung geographischer Namen in Atlanten

Grundsatz 1: Ein einmal gewähltes System der Namensschreibung (z. B. nur Endonyme oder Endonyme in Kombination mit Exonymen; Transliteration oder phonetische Transkription) ist innerhalb eines gedruckten Atlases, d. h. in allen seinen Karten, konsequent anzuwenden. Eine Mixtur würde den Leser verwirren.

Grundsatz 2: In elektronischen interaktiven Atlanten, die das Wechseln der Sprache (von Kartentiteln, Legenden und Texten) und von Namen erlauben, sind die geographischen Namen jener Sprache anzupassen, die für Kartentitel, Legenden und Texte gewählt wurde. Eine Bildschirmansicht sollte auch sprachlich ein in sich konsistentes Erscheinungsbild bieten.

Grundsatz 3: Die Schreibweise standardisierter Endonyme soll verlässlichen Quellen entnommen werden. Besonders Siedlungsnamen und Namen von Verwaltungseinheiten haben zumeist standardisierte und amtlich festgelegte Schreibungen, die auch im Detail beachtet werden müssen. So dürfen amtliche Zusätze zu Namen wie *Klagenfurt am Wörthersee* oder *Niagara-on-the-Lake* nicht entfallen. Abkürzungen wie *S.* für *San*, *Saint* sollte man vermeiden, denn sie sind Sprechern anderer Sprachen nicht immer verständlich. Auch Endonyme von Objekten anderer Kategorien wie von Gewässern oder Bergen sollen entsprechend ihrer

standardisierten Form geschrieben werden, auch wenn sie oft nicht im vollen Sinn amtliche Namen sind.

Verlässliche Quellen für Siedlungsnamen und Namen von Verwaltungseinheiten sind amtliche Ortsnamenverzeichnisse und Namendatenbanken, für Namen anderer Objektkategorien amtliche topographische Karten.

Grundsatz 4: Wenn die Originalsprache von Namen in der Schrift des Atlases geschrieben wird, sollen Endonyme alle Sonderbuchstaben und Diakritika des Ausgangsalphabets enthalten. Ein deutscher Atlas soll z. B. alle Diakritika des Polnischen oder Tschechischen zeigen, wenn er Endonyme in diesen Sprachen wie *Łódź* oder *České Budějovice* ausweist. Es ist zu bedenken, dass z. B. in den slawischen Sprachen Diakritika bedeutungsunterscheidend sein können. So bedeutet etwa im Kroatischen *sto* ‚hundert‘ und *što* ‚was‘.

Grundsatz 5: Geographische Namen, die aus Sprachen mit anderer Schrift als der des Atlases stammen, sollen in die Schrift des Atlases konvertiert werden – möglichst nach anerkannten Umschriftsystemen und nach Umschriftsystemen, die auch vom Herkunftsland der Namen verwendet werden. Dieser Grundsatz beruht auf der Annahme, dass nur wenige Leser anderer Schriften mächtig sind. Eine sehr hilfreiche Quelle dafür ist die Website der UNGEGN Working Group on Romanization Systems (UNGEKN-WGRS 2016), die alle von den Vereinten Nationen empfohlenen Umschriftsysteme sowie Links zu anderen Umschriftsystemen enthält.

Grundsatz 6: Standardisierte Namen in amtlichen Minderheitensprachen sollen wiedergegeben werden, wenn immer es der Kartenmaßstab erlaubt und genug Platz im Kartenfeld ist. Die prinzipielle amtliche Gleichrangigkeit von Namen in der Mehrheits- und in Minderheitensprachen kann am besten durch einen Schrägstrich zwischen den in gleichem Schrifttyp und gleicher Schriftgröße geschriebenen Namen zum Ausdruck gebracht werden (z. B. *Bautzen/Budyšin*).

3.2 Spezifische Grundsätze nach Haupttypen von Atlanten

Es ist hier nicht notwendig zwischen allen verschiedenen Atlantypen (Nationalatlanten, Regionalatlanten, Stadtatlanten, thematische Atlanten, Schulatlanten usw.) zu unterscheiden. Es genügt die Unterscheidung nach den beiden Haupttypen, nämlich wissenschaftlichen Atlanten, die zumeist ein internationales, mehrsprachiges Publikum ansprechen, und populären Atlanten, die sich vor allem an ein heimisches Publikum wenden, das als sprachlich homogen angenommen werden kann.

WISSENSCHAFTLICHE ATLANTEN, DIE EIN INTERNATIONALES, MEHRSPRACHIGES PUBLIKUM ANSPRECHEN

Diese Atlanten haben eine wissenschaftliche Aussageabsicht und verwenden zwei und mehr Sprachen (für Titel, Legenden und Texte) oder eine globale Verkehrssprache, um ein vielsprachiges Publikum zu erreichen.

Grundsatz 1: Für alle Arten geographischer Objekte, die nur auf einem Staatsgebiet liegen, sollen standardisierte Endonyme oder englische Exonyme (als Ersatz für Exonyme in einer Vielzahl von Sprachen) verwendet werden. Es wäre aus graphischen Gründen unmöglich, die vielen Exonyme zu zeigen, die es für manche Objekte gibt.

Grundsatz 2: Für geographische Objekte an Land, die auf mehreren Staatsgebieten liegen (z. B. grenzüberschreitende Flüsse, Gebirge, Landschaften) gibt es drei Möglichkeiten der Namensschreibung: (1) alle Endonyme der örtlichen Gemeinschaften zu zeigen und sie jeweils in das betreffende Sprachgebiet zu stellen – z. B. für die Donau *Donau, Dunaj, Duna, Dunav, Dunărea, Dunav, Dunaj* in dieser Reihenfolge; (2) alle Namen in den Herausgebersprachen zu zeigen – z. B. *Danube* und *Donau*, wenn Englisch und Deutsch die Sprachen von Kartentiteln, Legenden und Texten sind; (3) die Namen in der wichtigsten Herausgebersprache zu zeigen – z. B. *Danube*, wenn Englisch die Sprache von Kartentiteln, Legenden und Texten ist. Die erste Möglichkeit hat den Nachteil, dass dem Objekt kein gemeinsamer, zusammenfassender Name zugewiesen wird. Der Leser weiß vielleicht nicht, wie er das Objekt ansprechen soll, welchem der vielen Endonyme er den Vorzug geben soll. Die zweite und dritte Methode zeigen diesen gemeinsamen Namen, geben aber die örtlich verwendeten Namen (Endonyme) nicht an. In größeren Kartenmaßstäben kann dieser Mangel aber durch den Zusatz der Endonyme in Klammern ausgeglichen werden,

Grundsatz 3: Für maritime Objekte, die nicht allein einer staatlichen Souveränität unterliegen (wie Ozeane und Meere) stehen im Prinzip ebenfalls drei Methoden zur Verfügung: (1) alle Namen zu zeigen, die von Anrainerstaaten verwendet werden, zumindest von denen, die innerhalb des Kartenfelds liegen; (2) alle Namen in den Herausgebersprachen zu zeigen; (3) den Namen in der wichtigsten Herausgebersprache zu zeigen. Methode (1) ist aber nur praktikabel, wenn innerhalb des Kartenfeldes nur wenige Anrainerstaaten vorkommen (maximal vier). Schon bei der Ostsee oder dem Schwarzen Meer wird diese Methode problematisch – nicht zu reden vom Mittelmeer oder den Ozeanen.

Grundsatz 4: Namen, die im Original in anderer Schrift geschrieben werden, sollen in die Schrift des Atlases transliteriert, nicht phonetisch transkribiert

werden. Das dient erstens dem Zweck, den Lesern verschiedener Sprache eine „neutrale“, nicht zielsprachenspezifische Umschrift anzubieten; zweitens sichere Rückübertragung zu gewährleisten, die für Wissenschaftler und Bibliothekare oft wichtig ist.

Die Vereinten Nationen empfehlen Transliterationssysteme für viele Nicht-Latein-Alphabete (siehe UNGEGN-WGRS 2016). Sprachen mit ideographischen Schriften (wie Kanji, die gemeinsame Schrift der Sinosphäre für Chinesisch, Koreanisch und Japanisch) bieten aber für die schriftliche Form der gesprochenen Namen und zur internationalen Verwendung englisch-phonetische Transkriptionen an – das Japanische das sogenannte Modified Hepburn System, das Chinesische das Pinyin-System. Es ist sinnvoll, auf diese Angebote einzugehen, denn sie werden in den betreffenden Ländern selbst im öffentlichen Raum häufig verwendet, um auswärtigen Besuchern die Orientierung zu erleichtern (siehe Abb. 1 und 2). Auch die Vereinten Nationen empfehlen diese Systeme zur internationalen Verwendung (siehe UNGEGN-WGRS 2016).

Mit Rücksicht darauf haben die Vereinten Nationen auch ihr zuvor streng beachtetes Prinzip, nur Transliterationen zu empfehlen, aufgegeben. Im Jahr 2012 z. B. haben sie englisch-phonetische Umschriften der bulgarischen und ukrainischen kyrillischen Alphabete akzeptiert und zur internationalen Verwendung empfohlen. Das Englische spielt also auch bei Umschriftsystemen zunehmend die Rolle der mit Abstand wichtigsten Verkehrssprache.

POPULÄRE ATLANTEN, DIE SICH VOR ALLEM AN EIN HEIMISCHES PUBLIKUM WENDEN

Diese Atlanten verfolgen eine populäre Aussageabsicht und verwenden zumeist nur eine, die heimische Sprache, manchmal auch eine zweite – die aber zweitrangig (z. B. in kleinerer Schrift) oder nur für einige Inhaltselemente (z. B. nur für Kartentitel, nicht auch für Legenden und Texte). Typische Beispiele für diese Kategorie sind Schulatlanten und Welt- und Handatlanten für ein gebildetes Publikum (nicht aber für Wissenschaftler).

Grundsatz 1: Weithin gebräuchliche Exonyme in der (Haupt-)Sprache des Atlases wären für wichtigere geographische Objekte zu verwenden – sicher als Namen für Länder, wohl auch für Hauptstädte, andere wichtige Städte, für große physisch-geographische Objekte, besonders wenn sie Staatsgrenzen überschreiten sowie für historische Objekte (in einem Geschichtsatlas oder in einer Geschichtskarte), denen kein aktuelles Objekt entspricht – die also auch kein Endonym haben (z. B. *Österreichisch-Ungarische Monarchie, Byzantinisches Reich, Taurien*).

Für diese Methode spricht, dass Exonyme der heimischen Sprache leicht ausgesprochen und erlernt werden können, dass es auch einfach ist sie zu deklinieren

und in ein Adjektiv umzuwandeln und dass sie Teil des kulturellen Erbes und des Bildungsguts einer Sprache und Gesellschaft sind – eng mit historischem Wissen und anderen Bildungsbereichen verknüpft. Allerdings birgt diese Methode auch die Gefahr in sich, für politische Zwecke missbraucht zu werden, z. B. um historische politische Situationen hervorzuheben. Es ist immer zu bedenken, dass der Gebrauch von Exonymen politisch sensibel ist, weil die Verwendung von Exonymen nicht selten als Ausdruck politischer Ansprüche oder zumindest politischer Nostalgie verstanden wird (siehe dazu mehr bei JORDAN 2000).

Im Falle von internationalen Gewässern, Orten auf Antarktika oder historischen Objekten ohne aktuelle Entsprechung und ohne aktuelles Endonym, hat der Atlasredakteur aber keine andere Wahl als das Exonym zu verwenden. Für Geschichtskarten eignen sich sicher jene Namen am besten, die für die jeweilige historische Periode in der historischen Literatur der Herausgebersprache gebräuchlich sind (z. B. lateinische Namen für Karten des Römischen Reichs).

Grundsatz 2: Zumindest in Karten größerer Maßstäbe sollen Siedlungen in Klammern zusätzlich zu Exonymen mit ihren Endonymen beschriftet werden. Auch Schüler sollen erfahren, dass es auch einen anderen, örtlich gebrauchten Namen gibt, mit dem sie konfrontiert sind, wenn sie an den Ort reisen oder in den Medien auf ihn stoßen.

Grundsatz 3: Bei der Verwendung von Endonymen gelten alle genannten allgemeinen Grundsätze ohne Einschränkung.

Grundsatz 4: Endonyme, die aus einer Sprache in einer anderen Schrift stammen, sollen vorzugsweise phonetisch in die Atlassprache transkribiert werden. Dadurch ist gewährleistet, dass der heimische Leser sich in seiner Aussprache des Namens jener in der Herkunftssprache nähert, wohingegen man kaum erwarten kann, dass Laien Diakritika und Sonderzeichen immer richtig zu deuten wissen.

4 SCHLUSS

Der Beitrag versuchte zu zeigen, dass geographische Namen in Karten wichtige Funktionen haben, obwohl nicht sie es sind, die ein geographisches Objekt identifizieren. Sie erleichtern das Kartenlesen, ermöglichen die Suche nach geographischen Objekten, weisen auf Merkmale geographischer Objekte hin und lassen die kulturelle Einbettung eines Ortes erkennen. Für Leser, denen der Name und der durch ihn bezeichnete Ort bekannt sind, haben sie die zusätzliche Funktion von Etiketten und die Eigenschaft, emotionale Bindungen zum Ort zu unterstützen.

Für die Verwendung von geographischen Namen in Atlanten wurden sechs allgemeine Grundsätze genannt, die für alle Atlastypen gelten: (1) Konsequente Anwendung einer Methode innerhalb eines gedruckten Atlases und auf der Bildschirmansicht eines elektronischen Atlases; (2) Verwendung verlässlicher Quellen bei Endonymen; (3) bei Endonymen konsequenter Nachvollzug der Diakritika und Sonderzeichen des Alphabets einer lateinschriftigen Herkunftssprache; (4) Verwendung anerkannter Umschriftsysteme; (5) Umschriftung von Endonymen aus Herkunftssprachen mit anderer Schrift; (6) Ausweis von Namen in amtlichen Minderheitensprachen.

Zusätzlich gelten spezielle Grundsätze für die beiden Haupttypen von Atlanten, nämlich für wissenschaftliche Atlanten, die sich an ein internationales Publikum wenden, und für populäre Atlanten, die v. a. ein heimisches Publikum ansprechen wollen. Ersteren wird die vorzugsweise Verwendung von Endonymen und Transliterationssystemen empfohlen, letzteren die von weithin gebräuchlichen Exonymen und phonetischen Transkriptionen.

QUELLEN UND LITERATUR

BACK, O. (1991): Übersetzbare Eigennamen. Eine synchronische Untersuchung von interlingualer Allonymie und Exonymie (= Österreichische Namenforschung, Sonderreihe, 5). Klagenfurt, Praesens.

JACĚVA-ULČAR, E. (2009): Geographical names of FYRO Macedonia as part of its cultural heritage. In: Jordan, P. et al. (Hg.): Geographical Names as a Part of the Cultural Heritage (= Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, 18). Wien: Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien, S. 169–172.

JORDAN, P. (2000): The Importance of Using Exonyms – Pleading for a Moderate and Politically Sensitive Use. In: Sievers, J. (Hg.): Second International Symposium on Geographical Names GeoNames 2000, Frankfurt am Main, 28.–30. March 2000 (= Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, 19). Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, S. 87–92.

JORDAN, P. (2016): Principles of Place-Name Rendering in the Various Kinds of Atlases. In: Moser, J. (Hg.): Joint Commission Seminar on Historical Maps, Atlases and Toponymy (= Forum IfL, 30). Leipzig: Selbstverlag des Leibniz-Instituts für Länderkunde, S. 15–24.

JORDAN, P.; OROŽEN ADAMIČ, M.; WOODMAN, P. (Hg.) (2007): Exonyms and the International Standardisation of Geographical Names. Approaches towards the Resolution of an Apparent Contradiction (= Wiener Osteuropastudien, 24). Wien, Berlin: LIT Verlag.

KADMON, N. (2000): Toponymy. The Lore, Laws and Languages of Geographical Names. 2. Aufl. New York: Vantage Press.

KRETSCHMER, I.; STANI-FERTL, R. (2008): Geographisches Namengut und seine Verwendung. In: Kartographische Nachrichten, 58, 3, S. 122–129.

TUAN, Y.-F. (1977): Space and place: The perspective of experience. Minneapolis: University of Minnesota Press.

UNITED NATIONS GROUP OF EXPERTS ON GEOGRAPHICAL NAMES (UNGEGN) (Hg.) (2007): Glossary of Terms for the Standardization of Geographical Names, ST/ESA/STAT/SER.M/85/Add.1. New York: United Nations: http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/UNGEGN/docs/pdf/Glossary_of_terms_revised.pdf

UNITED NATIONS GROUP OF EXPERTS ON GEOGRAPHICAL NAMES, WORKING GROUP ON ROMANIZATION SYSTEMS (UNGEGN-WGRS) (2016) <http://www.eki.ee/wgrs/>

Zum Autor:

HR Prof. h.c. Univ.-Doz. Dr. Peter Jordan, geb. 1949, seit 1977 am Österreichischen Ost- und Südosteuropa-Institut in Wien, 2001–2005 dessen Direktor, bis 2014 Herausgeber und Chefredakteur der thematischen Kartenserie „Atlas Ost- und Südosteuropa“ am Institut für Stadt- und Regionalforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, weiterhin Dozent für Geographie an den Universitäten Wien, Klagenfurt und Klausenburg [Cluj-Napoca], Rumänien, Schriftleiter der „Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft“, Vorsitzender des österreichischen Expertengremiums für geographische Namen (Arbeitsgemeinschaft für Kartographische Ortsnamenkunde, AKO), stellvertretender Vorsitzender und ständiges Mitglied des entsprechenden Koordinationsgremiums für den deutschen Sprachraum (Ständiger Ausschuss für geographische Namen, StAGN), Leiter der Arbeitsgruppe für Exonyme der Expertengruppe der Vereinten Nationen für geographische Namen (United Nations Group of Experts on Geographical Names, UNGEGN), gemeinsamer Stellvertretender Vorsitzender der Kommission für Toponomastik der Internationalen Kartographischen Vereinigung (IKV) und der Internationalen Geographischen Union (IGU); Mitglied der Herausgeberkomitees zahlreicher internationaler Fachzeitschriften; mehr als 350 wissenschaftliche Publikationen in den Bereichen Tourismusgeographie, Verkehrsgeographie, Regionale Geographie, Politische und Kulturgeographie, Toponomastik, Kartographie und Semiotik mit einem regionalen Fokus auf dem südöstlichen Europa.

TREIBENDE KRAFT STETS AM PULS DER WIRTSCHAFT

Franz Pietruska

Geschäftsführer des Pietruska Verlages und der GEO-Datenbanken GmbH

Herr Prof. Dr. Hartmut Asche betrat unser Verlagshaus in Rülzheim im Herbst 1993 das erste Mal. Er kam mit einer Diplomandin, Frau Annett Rauner, aus Potsdam angereist.

Frau Rauner (später Professorin an der Fachhochschule in Karlsruhe, † am 29.8.2011) stellte dem Pietruska-Team ihre Diplomarbeit, eine GIS-Lösung für Kleinmachnow, vor.

Seinerzeit war das Thema hochinnovativ und richtungsweisend für die nachfolgende Entwicklung in unserem Unternehmen.

Von da an kreuzten sich die Wege von Hartmut Asche und dem Pietruska Verlag immer öfter.

Bereits wenige Wochen danach hatte Hartmut Asche eine seiner Diplomandinnen, Frau Marzena Mierkiewicz aus Berlin, dahingehend beraten, dass diese eine Bewerbung nach Rülzheim absandte. Aus dieser Bewerbung resultierte eine Zusammenarbeit, die zu einer Erfolgsstory wurde. Bereits ein Jahr später, 1994, gründeten Franz Pietruska und Marzena Mierkiewicz in Poznan (Polen) einen Kartografischen Verlag, den Sie gemeinsam 17 Jahre erfolgreich führten. Hartmut Asche hatte das neue Unternehmen von Anfang an beratend begleitet.

Es folgten in den Jahren danach mehrere Austausche von Praktikanten und Diplomanden, zwischen der Universität Potsdam, dem Pietruska Verlag und dem polnischen Pietruska & Mierkiewicz Verlag. Das waren Jahre voller aktiver Zusammenarbeit. Wir konnten damals alle voneinander etwas lernen und uns damit auch gegenseitig unterstützen.

Hartmut Asche war auch als Gutachter in einem sehr hart geführten Prozess (1998–2009) vor dem Berliner Landgericht tätig. Das Urteil ist unter dem Begriff „Kartografie-Grundsubstanz“ in den einschlägigen juristischen Verzeichnissen zu finden. Es wurde vor dem Bundesgerichtshof und danach nochmals vor dem Kammergericht Berlin ausgefochten.

Hartmut Asche war bei jeder Verhandlung im Gerichtssaal mit anwesend. Er stand jederzeit dem Pietruska Verlag mit gutem Rat und guten Argumenten zur Seite. Unterstützend war Hartmut auch bei den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) mit einem umfangreichen Gutachten tätig. Er analysierte seinerzeit (2003) die damals auf dem Markt teilnehmenden Kartografie-Substanzen von Berlin. Dieses Gutachten sorgte dafür, dass die BVG weitere fünf Jahre mit dem Pietruska Verlag die Zusammenarbeit fortsetzte. Hartmut Asche war auch derjenige, der mich und unsere Mitarbeiter davon überzeugte in Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit einzusteigen. Er, mit seinen zukunftsweisenden Visionen, machte uns klar, dass wir dadurch den einen oder anderen eingefahrenen Pfad, was die Arbeitsweise und die Abläufe angeht, verlassen können. Was dann auch tatsächlich so gekommen ist. Durch die Zusammenarbeit der Wirtschaft und Wissenschaft haben wir einen anderen Blick für Entwicklungsprozesse erhalten. Uns wurde dabei geholfen, diese zu formulieren. Weiterhin konnten wir recht schnell innovativere Arbeitsprozesse einführen und einen innovativen Online-Kartendienst

(geodressing.de) anbieten. Diese waren und sind es bis heute noch: Garant für die Existenz des Pietruska Verlages.

Nach den sehr konzentriert und zielorientiert geführten Arbeitssitzungen, zwischen den Mitarbeitern von Prof. Dr. Hartmut Asche und den im ZIM-Forschungsprojekt eingebundenen Mitarbeitern des Pietruska Verlages, hatten wir stets die Zeit gefunden, angemessen und ausgelassen zu feiern. Das war Teambuilding vom Feinsten. Es machte Hartmut und mir jedes Mal aufs neue Freude, zuzuschauen, wie sich unsere Mitarbeiter freundschaftlich begegneten.

Fazit:

Die Zusammenarbeit und Freundschaft mit Hartmut Asche war stets von gegenseitig hohem Respekt geprägt. Hartmuts Charaktermerkmale, Zuverlässigkeit, Beharrlichkeit, Zielstrebigkeit, Gründlichkeit und Treue, waren über 20 Jahre Grundlage und Triebfeder für immer wieder neu gestartete Projekte. Er schätzt die Arbeitsweise und Effektivität der Unternehmen. Er ist immer dann glücklich und zufrieden, wenn seine Absolventen später in der freien Wirtschaft gute und interessante Jobs erhalten. Das war dann auch sein Erfolg. Er gönnte und freute sich, wenn nach einer Zusammenarbeit mit ihm und seinem Team die Unternehmen erfolgreicher waren als zuvor. Wir wünschen Prof. Dr. Hartmut Asche einen entspannten und zugleich spannenden Ruhestand.

Franz Pietruska und das Team des Pietruska Verlag & Geo-Datenbanken GmbH
Rülzheim, den 28. August 2016.



USING STATISTICS CANADA DATA TO MAP CANADA'S POPULATION

Julia Siemer, University of Regina, Saskatchewan, Canada

ABSTRACT

Statistics Canada, Canada's national statistics agency, offers a suite of spatial files for mapping and analysis of its various population data products. The following article showcases possibilities and shortfalls of the existing spatial files for mapping population data, and provides an overview of the structure of the available boundary files from the regional to the dissemination block level. Due to Canada's highly dispersed population, mapping its distribution and density can be challenging. Common mapping techniques such as the choropleth method are suitable only for mapping spatially high resolution data such as data at the dissemination area level. To allow for mapping of population data at less detailed levels such as census divisions or provinces, Statistics Canada has created a so-called ecumene boundary file which outlines the inhabited area of Canada and can be used to more accurately visualize Canada's population distribution and density.

ZUSAMMENFASSUNG

Statistics Canada, Kanadas nationale Statistikbehörde, bietet eine Reihe räumlicher Basisdaten zur Kartenerstellung und räumlichen Analyse ihrer Bevölkerungsdaten an. Der folgende Bericht zeigt die Möglichkeiten und Einschränkung der angebotenen räumlichen Daten für die Bevölkerungskartographie auf und stellt die vorhandenen Verwaltungsgrenzdateien bis zur kleinsten Einheit, dem so genannten ‚dissemination block‘, in ihrer Struktur vor. Die räumlich sehr ungleiche Verteilung der Bevölkerung Kanadas stellt eine besondere Herausforderung bei der kartographischen Visualisierung dar. Üblicherweise angewendete Methoden wie die Choroplethen-Methode sind im Falle Kanadas streng genommen nur zur Visualisierung kleinräumiger Bevölkerungsdichte geeignet. Um die Darstellung der Bevölkerungsdichte und -verteilung auch für größere Raumeinheiten, z. B. den so genannten ‚census divisions‘ oder die Provinzen, zu ermöglichen, veröffentlicht Statistics Canada einen Datensatz, der die Abgrenzung der Ökumene, also der bewohnten Fläche, des Landes veranschaulicht. Diese Datei ermöglicht es dem Nutzer die Bevölkerungsdichte und -verteilung des Landes angemessen und detailliert zu visualisieren.

1 INTRODUCTION

For the last few years, Statistics Canada, Canada's national statistical agency, has been offering many of their thematic data sets and other geographic products online, free of charge. This approach, adopted by the government in 2006 (Statistics Canada 2006) allows researchers (and the general public alike) relatively easy, unbureaucratic and user-friendly access to selected census data and digital boundary files for mapping and analysis.

The collection of statistical data is a federal responsibility in Canada and Statistics Canada produces statistics on the federal level as well as for the provinces and territories. The agency conducts a nation-wide census every 5 years¹ and receives (due to a legal requirement to participate in the survey) typically high response rates from its citizens. For the most recent census, held in May 2016, the overall national response rate was 98.4%, whereas the response rate for the 25% of the population who received the long-form of the census survey, was 97.8% (Statistics Canada 2016)². These rates were particularly high compared to the previous census in 2011 due to the re-introduction of the so-called long-form survey in 2016. In the 2011 census, the voluntary National Household Survey (NHS) replaced the previously mandatory long-form questionnaire of the survey and received a relatively low response rate of 69%. The overall response rate for the mandatory short-form of the 2011 census was at a considerably higher rate of 97% (Statistics Canada 2011a).

Population census data, in addition to other survey data collected by Statistics Canada (e.g., Agricultural Census, Labour Market Survey) and various indices (e.g., economic and health indicators) are considered the only source of reliable and detailed nationwide thematic data for planning purposes in Canada.

¹ The United Nations recommends that a census be held at least every ten years.

² Over the years, most census surveys have consisted of a short-form questionnaire, with six to ten basic demographic questions, which has been distributed to about 70% to 75% of the population and a long-form questionnaire, which has varied in length and has typically been distributed to 25% to 30% of the population. The 2016 long-form questionnaire included 70 questions, and was distributed to 30% of the population.

2 CANADA'S STANDARD GEOGRAPHICAL CLASSIFICATION (SGC)

All Statistics Canada data are based on the official Standard Geographical Classification (SGC) for geographic and statistical units and their names. Established in the early 1960s, the SGC has been updated over the years to accommodate changes in the population distribution at each census.

The SGC is based on a spatial classification of a set of discrete units that are mutually exclusive and, in total, cover the entire country. The SGC defines four levels of geographical units:

- » *Geographical region of Canada*
- » *Province or territory*
- » *Census division*
- » *Census subdivision*

Table 1 and 2 show the spatial and code structure of these units.

Region	Code (single digit)	Province or Territory	SGC Code (two digits)	Alpha Code (two digits)	Abbreviations
Atlantic	1	Newfoundland and Labrador	10	NL	N.L.
		Prince Edward Island	11	PE	P.E.I.
		Nova Scotia	12	NS	N.S.
		New Brunswick	13	NB	N.B.
Quebec	2	Quebec	24	QC	Que.
Ontario	3	Ontario	35	ON	Ont.
Prairies	4	Manitoba	46	MB	Man.
		Saskatchewan	47	SK	Sask.
		Alberta	48	AB	Alta.
British Columbia	5	British Columbia	59	BC	B.C.
Territories	6	Yukon	60	YT	Y.T.
		Northwest Territories	61	NT	N.W.T.
		Nunavut	62	NU	Nvt.

Table 1: Codes for geographic regions, and provinces and territories

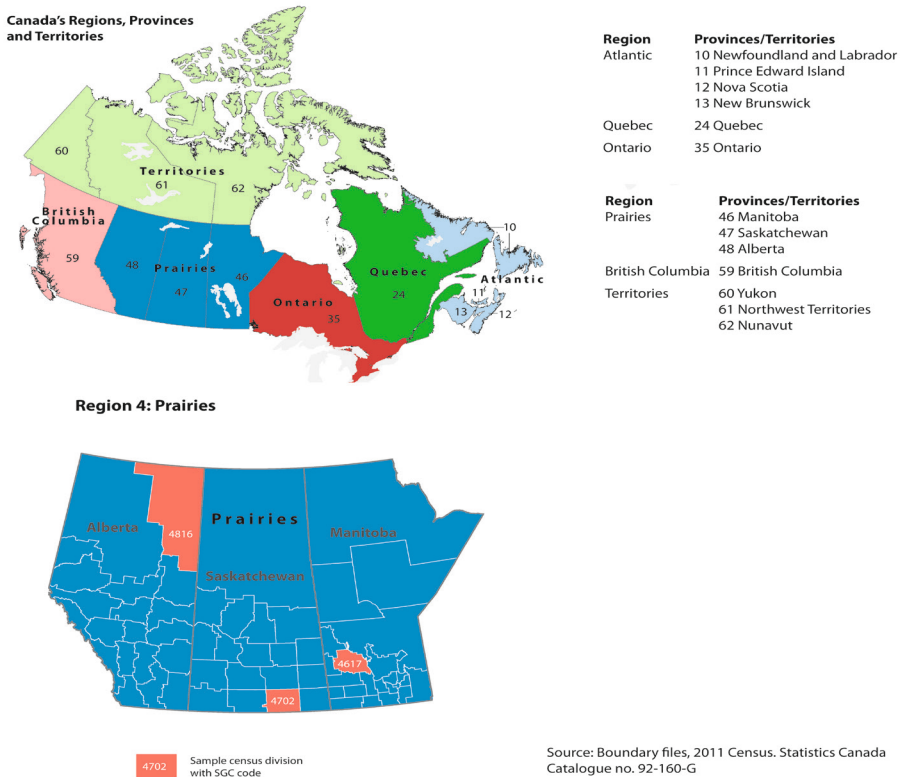
SGC Code (four digits)	Census Division (CD)	SGC Code (ten digits)	Census Subdivision (CSD)
10 01–62 08	Generic name (e.g., Division No. 1) or local geographic name	10 01 101 999–62 08 047 000	Local geographic names

Table 2: Sample codes for census divisions (CD) and census subdivisions (CSD)

In addition to these four geographic units, the SGC identifies several other geographic and statistical units, which follow the same general coding system. These units are: census metropolitan areas, census agglomerations and census influenced zones; consolidated census subdivisions, economic regions, agricultural regions, and smaller statistical areas such as census tracts, dissemination areas and dissemination blocks.

Map 1 illustrates the geographic distribution of the regions, provinces and territories of Canada and the next lower level of statistical areas (census divisions) of the Prairie region.

Based on the nature of the classification, each defined area is assigned a unique identifier (e.g., 47006: Census Division 6 in Saskatchewan). The design of the classification allows for any future changes of spatial units to be accommodated. The system supports the amalgamation of two or more areal units as well as possible splits of areas into two or more newly defined areas.



Map 1: Canada's statistical regions, provinces/territories, and Region 4: Prairies with census divisions 4617, 4702 and 4816 highlighted

3 GEOGRAPHIC BOUNDARY FILES

Statistics Canada makes a selection of boundary files available on their website (www.statcan.gc.ca). These files can be used with geographic information systems (GIS) and other mapping software. All files are available in the two official languages of Canada (English/French) and in three different file formats (ArcGIS (.shp), Geographic Markup Language (.gml), and MapInfo (.tab)). Boundary files are updated for each census, typically necessary due to changes in enumeration areas or the creation of new spatial units. In addition, updated spatial files for intercensal years are made available if necessary. For the 2016 census a first edition of boundary and other spatial files will be released in November 2016. Statistics Canada offers two types of spatial files of its areal units: cartographic boundary files, which are optimized for cartographic visualization (i.e., geometrically generalized) and digital boundary files, which describe the legal definition of the areal units. Particularly for coastal areas, the latter file type has special relevance as it includes areas beyond the Canadian landmass.

In addition to standard boundary files, Statistics Canada also creates files delineating the country's population and agricultural ecumene (i.e., the inhabited areas of the country). Ecumene boundary files can be used to map Canada's population distribution more accurately rather than generalizing distribution and density over entire statistical units. This is particularly useful as Canada exhibits a very uneven distribution of its population.

The ecumene files support both dot distribution and choropleth mapping techniques. Dot distribution mapping can be utilized when raw totals of a specific phenomenon (e.g., population counts) are collected for enumeration units and the cartographer wishes to show that the underlying phenomenon's nature is not uniform throughout the spatial unit (Slocum et al. 2009). Dot distribution maps rely on ancillary data which support the decision of placement of dots in locations where that particular phenomenon is most likely to occur. For dot distribution maps of population, created semi-automatically by GIS software from Statistic Canada data, the ecumene boundary file functions as a simple mask that restricts the placement of dots to populated areas and prohibits the placement of dots in unpopulated areas of the country.

Choropleth maps on the other hand visualize relative or standardized phenomena, such as population density for statistical or administrative areas assuming an even distribution throughout the area. Due to the availability of statistical data, the choropleth technique is probably the most commonly used thematic mapping technique. This technique is particularly appropriate when characteristics of a phenomenon change abruptly at boundaries and are uniform throughout the area.

(See MacEachren 1992, 1994 and Slocum et al. 2009 for more information on the relationship of the nature of phenomena and suitable mapping techniques.) Choropleth maps can also be an appropriate choice to display ‘typical’ values for areal units, even when the phenomenon does not change abruptly at the boundaries (Slocum et al. 2009). For population maps the choropleth technique is appropriate only if the average ratio (i. e., population density) can be considered a representative value for the entire area. Due to the dispersed distribution of Canada’s population, average density values for statistical units can only be considered typical for smaller units such as dissemination blocks or areas. Population density of larger areas such as census divisions or consolidated census subdivisions is not represented well by this technique. However, the Canadian population ecumene boundary file can be used to minimize this shortcoming by visualizing population density only for those parts of a statistical unit that have been defined as populated. Ideally, this results in a more accurate representation of the spatial distribution of population and its density.

Due to the nature of Canada’s population ecumene, which follows natural boundaries rather than administrative or statistical boundaries, it does not conform with SGC codes. The 2011 population ecumene boundary file defines the population ecumene as an area with a population density of 0.4 or more persons per square kilometre (see Map 2). For the purpose of creating the ecumene boundary file, population density was calculated per dissemination block. Each block then was classified as either being part of the ecumene (i. e., 0.4 persons/km² or higher) or being a non-ecumene block (i. e., less than 0.4 persons/km²) (Statistics Canada, 2012b).

As a result of the recommended use of this file for small scale mapping (1: 20,000,000 to 1: 25,000,000), the file displays a higher degree of geometric generalization than other boundary files and is not necessarily consistent with the positional accuracy of more detailed spatial files by Statistics Canada.

4 POPULATION DATA

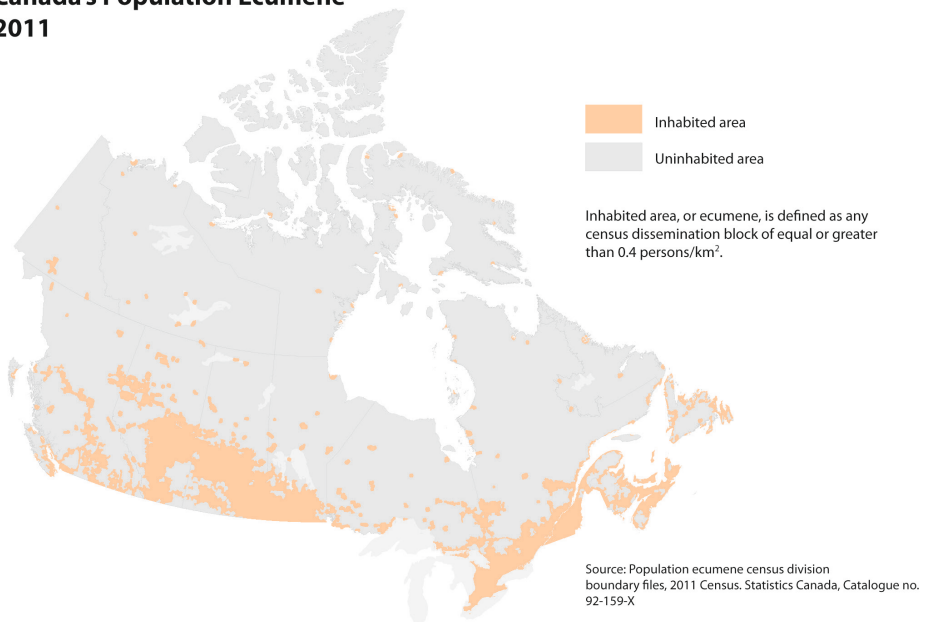
A first release of census data typically takes place in late Fall of a census year, followed by the release of more thematic data throughout the subsequent year. For the 2016 Census a first release of data (population and dwelling count) is announced for November 2016. In May 2017 a second data set (age and sex of the population, and the type of dwelling) will be released. The remaining data sets will be released until November 2017.

Summarized tables and analyses regarding the different characteristics and parameters of the Canadian population will be published on Statistics Canada's website. Complete data sets of basic demographic data, from national level down to dissemination areas (DA) are available through 'GeoSuite', a tool to query, save and download tabular census data. For the population maps of this study, census data from 2011 was used to illustrate mapping options and limitations of the Statistics Canada files. All maps are based on absolute population counts or population densities (persons/km²) per statistical unit. Other population characteristics, ratios or densities are possible to map in a similar fashion using the same general approach.

5 MAPPING THE POPULATION OF THE CANADIAN PRAIRIES

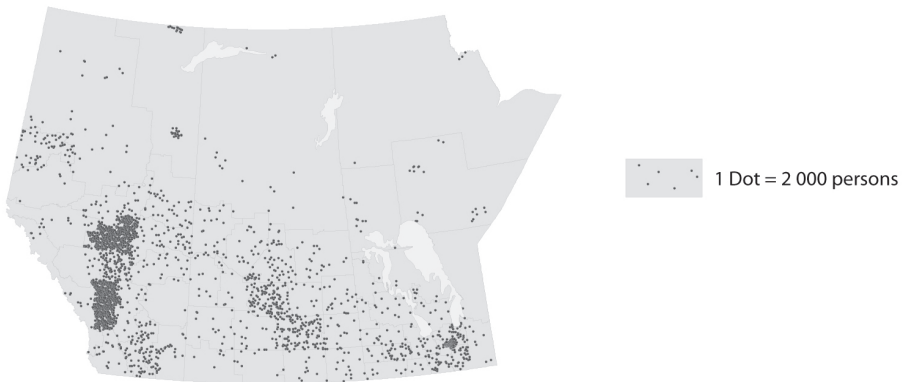
The following maps demonstrate the use of Statistics Canada spatial file for mapping population distribution and density. Map 3 (*Prairies: Population Distribution 2011*) illustrates how the population ecumene file is used as ancillary data or a mask to place dots – each dot represents 2000 persons – inside the inhabited areas of Canada. When deciding the placement of dots not only the location inside or outside certain areas is critical but also the dot value (i.e., how many people are represented per dot), the pattern of placement (e.g., uniform, random, or geographically weighted) and dot size (diameter of a single dot) are important parameters that affect the quality of the dot map (see Slocum et al. 2009 for more information of dot mapping). For this population dot map of the Prairie region, default settings for random placement in ESRI’s ArcMap were applied.

Canada’s Population Ecumene 2011



Map 2: Canada’s population ecumene in 2011

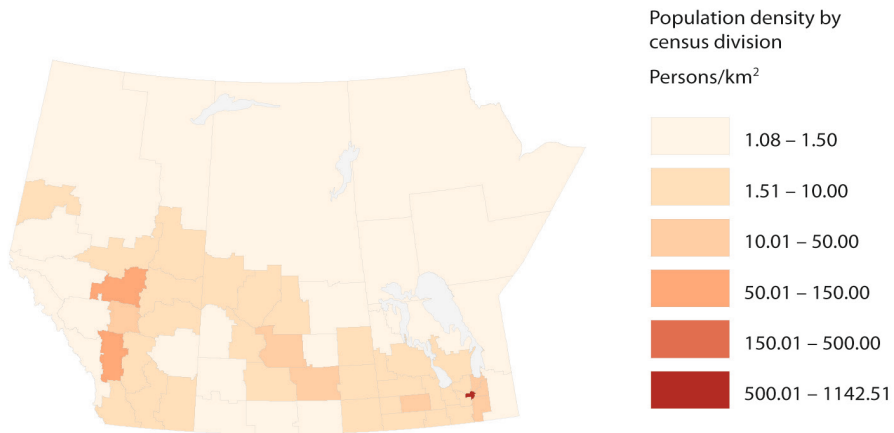
Prairies: Population Distribution 2011



Source: Population ecumene census division boundary files, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-159-X; GeoSuite, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-150-X.

Map 3: Dot distribution map of the population of the Prairies in 2011

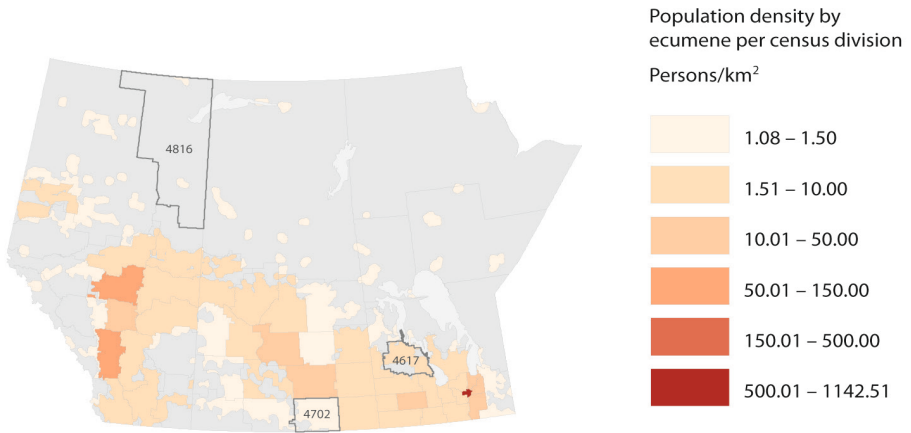
Prairies: Population Density 2011



Source: Population ecumene census division boundary files, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-159-X; GeoSuite, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-150-X.

Map 4: Choropleth map of the Prairie's population density in 2011

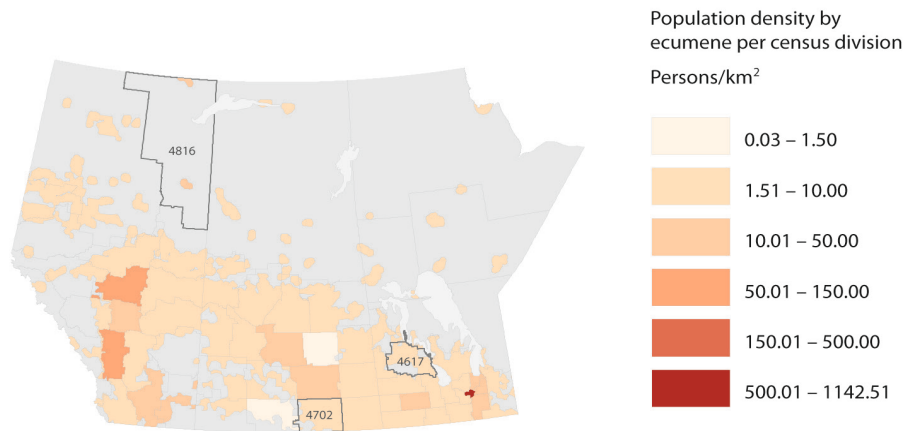
Prairies: Population Density of the Ecumene 2011



Source: Population ecumene census division boundary files, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-159-X; GeoSuite, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-150-X.

Map 5: Incorrect choropleth map with ecumene mask of the Prairie's population density in 2011

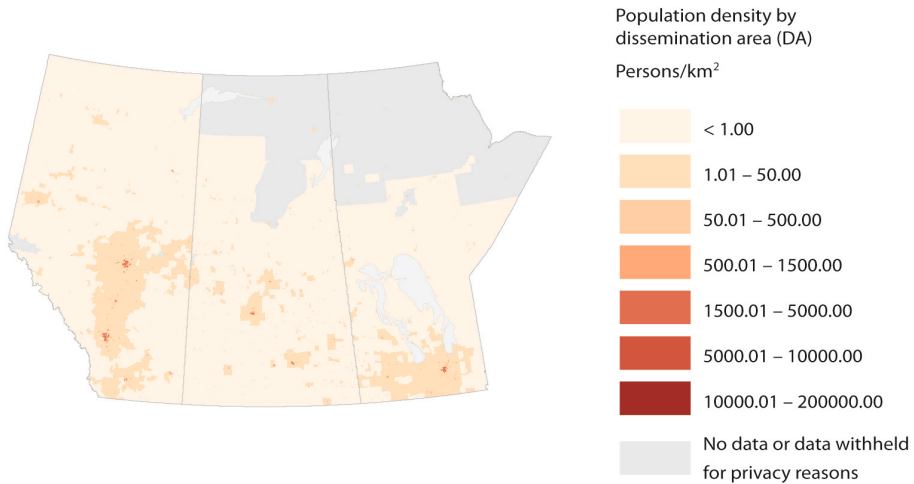
Prairies: Population Density of the Ecumene 2011



Source: Population ecumene census division boundary files, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-159-X; GeoSuite, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-150-X.

Map 6: Correct choropleth map with ecumene mask of the Prairie's population density in 2011

Prairies: Population Density by DA 2011



Source: Population ecumene census division boundary files, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-159-X; GeoSuite, 2011 Census. Statistics Canada, Catalogue no. 92-150-X.

Map 7: Choropleth map of the population density of the Prairies by dissemination block in 2011

Maps 4 to 7 apply the choropleth method to visualize population density. Using this method reveals the limitations of the ecumene boundary file. Map 4 displays highly generalized population density (persons/km²) for the census division level of the Prairie region. Any internal variation of population distribution inside a census division is lost in this map. In an attempt to limit the display of population density to the ecumene of the Prairies (similar to the dot distribution mapping approach of map 3) the boundary mask exposes the restrictions of the file. By simply overlaying the choropleth map with the boundary mask an incorrect map is created with misleading average population density values (map 5). Naturally, populated areas of a spatial unit (e.g., census divisions) are smaller in size than the overall unit and need to be considered using their correct size (km²) when density is calculated. While this can be ignored in many cases due to minimal discrepancies, it particularly affects the population densities for the northern census divisions (e.g., Division 16 in Alberta, which includes the population centre Fort McMurray with a considerably higher population density than the surrounding area). Table 3 illustrates the differences in population density, sizes of census divisions and their populated areas for three selected divisions in the Prairie region.

Census Division	CD Code	Area (km ²)	Population	Population Density (persons/km ²)	Ecumene (km ²)	Population Density of Ecumene (persons/km ²)
Division 16	4816	104,990.43	67,516	0.64	1,974.78	34.19
Division 2	4702	17,309.07	22,266	1.29	14,470.60	1.54
Division 17	4617	14,499.98	22,208	1.53	10,012.69	2.22

Table 3: Population density 2011 for several Census Divisions of the Prairie region

Rather than simply masking unpopulated areas of census divisions with the ecumene boundary file, densities for populated areas require recalculation of population density. Map 6 shows a correct application of the ecumene boundary file in combination with population density, calculated using actual inhabited area sizes.

While the level of generalization of the ecumene boundary file does not match the level of detail of other boundary files (e.g., census tracts) differences in area sizes have only minimal impact on density rates for these smaller areal units. The use of the ecumene file as a mask over an existing population density map at the census tract level is acceptable but creates visually unpleasant maps.

To illustrate the actual population distribution of Canada more realistically, a smaller areal unit (e.g., the lowest level of publically available boundary and population data at the dissemination area (DA) level) should be used to map population distribution if the use of an ecumene boundary file is considered to be misleading. A sample of such a map is shown in map 7. However, due to the number of records in the data set (10,357 DAs for the Prairie region alone) processing and creating of such a map can be challenging and time consuming. Furthermore, calculated densities can be unrealistically high due to the very small size of some dissemination areas. Compared to other mapping techniques such as dasymetric mapping (a more demanding method which relies on additional ancillary data sets and often uses remotely sensed data) these additional steps can be considered as minimal. (See Slocum et al. 2009 for more information on dasymetric mapping.)

6 CONCLUSION

The maps created for this study demonstrate the value Statistics Canada's boundary files have for mapping and analysis of population data, particularly for dot distribution mapping. However, the study also reveals a serious shortfall of the ecumene boundary file which can lead to incorrect data visualization of choropleth maps at lower spatial resolution. This shortfall can be corrected by manually reassessing population density based on updated area calculations. This boundary file, on the other hand, allows for excellent visualization of Canada's dispersed population and can create a memorable impression of the phenomenon for the reader. Relatively few adjustments of the existing file structure are required to enable proper use of the boundary file which, in return, results in more accurate population density maps.

REFERENCES

- MACEACHREN, A. M. (1992): Visualizing Uncertain Information. In: Cartographic Perspectives. No. 13/Fall 1992, pp. 10–19.
- MACEACHREN, A. M. (1994): Some Truth with Maps. A Primer on Design and Symbolization. Washington, DC.
- SLOCUM, T. A.; McMaster, R. B.; Kessler, F. C.; Howard, H. H. (2009): Thematic Cartography and Geovisualization. 3rd Edition. Upper Saddle River: Pearson-Prentice Hall.
- STATISTICS CANADA (2006): Access to census information (abrufbar unter URL: <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2006/ref/acc-info-eng.cfm#dli>, Stand: 26.10.2016).
- STATISTICS CANADA (2011a): RDC proposals requesting Census or National Household Survey (NHS) (abrufbar unter URL: <http://www.statcan.gc.ca/eng/rdc/cennhs>, Stand: 26.10.2016).
- STATISTICS CANADA (2011b): Standard Geographical Classification (SGC) 2011. Volume 1. The Classification. Catalogue No. 12–571-X. Ottawa.
- STATISTICS CANADA (2011c): GeoSuite, Reference Guide, 2011 Census. Catalogue No. 92–150-G. Ottawa.
- STATISTICS CANADA (2012a): Boundary Files, Reference Guide, Second edition, 2011 Census. Catalogue No. 92–160-G. Ottawa.
- STATISTICS CANADA (2012b): Population Ecumene Census Division Cartographic Boundary File, Reference Guide, 2011 Census. Catalogue No. 92–159-G. Ottawa.
- STATISTICS CANADA (2016): 2016 Census of Population response rates (abrufbar unter URL: <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/ref/response-rates-eng.cfm>, Stand: 26.10.2016).

PREDICTIVE POLICING: BEOBACHTUNGEN UND REFLEXIONEN ZUR EINFÜHRUNG UND ETABLIERUNG EINER VORHERSAGENDEN POLIZEIARBEIT

Manfred Rolfes

ZUR EINFÜHRUNG

Das in den USA bereits weit verbreitete Predictive Policing, die vorhersagende Polizeiarbeit, entwickelt sich seit zwei bis drei Jahren auch auf dem deutschen Sicherheitsmarkt sehr dynamisch. Unter Nutzung und Weiterentwicklung von Geographischen Informationssystemen sowie raumbasierter Algorithmen und Modellierungen werden für beliebige Orte die Auftrittswahrscheinlichkeiten von Straftaten ermittelt. In der Praxis erhält damit die Polizei ortsbezogene Hinweise für die strategische Planung ihrer Einsätze. Für die Humangeographie und die Geoinformatik ist Predictive Policing also ein äußerst interessantes Beobachtungs- und Betätigungsfeld, das in diesem Beitrag unter die Lupe genommen werden soll. Dabei wird es weniger um die GIS-technischen und mathematisch-statistischen Hintergründe des Predictive Policing gehen. Vielmehr sollen einige Gedanken geäußert werden, weshalb sich dieses Instrument auf dem Sicherheitsmarkt etablieren konnte und über welche Potenziale und Grenzen des Predictive Policing von Vertreter(inne)n aus Politik, Polizei, Kriminalsoziologie und Geographie diskutiert wird.

1 PREDICTIVE POLICING IM SICHERHEITSPOLITISCHEN DISKURS

+ + + „Zahl der Wohnungseinbrüche steigt auf Rekordniveau. Wohnungseinbrüche nehmen deutlich zu – im vorigen Jahr um fast zehn Prozent. Durchschnittlich erfolgt alle drei Minuten ein Einbruch“
(Berliner Morgenpost, 30. März 2016).

+ + + „Zahl der Wohnungseinbrüche nimmt stark zu. Die Polizei hat 2015 rund 15.000 Delikte mehr registriert als im Vorjahr. Täter seien häufig ‚reisende Banden‘“
(ZEIT online, 21. Mai 2016).

+ + + „Zahl der Wohnungseinbrüche steigt um zehn Prozent. Politik und Polizei bekommen das Problem der Einbruchskriminalität nicht in den Griff“
(Die WELT, 30. März 2016).

Die Liste der Schlagzeilen und Medienberichte zur gestiegenen Zahl von Wohnungseinbrüchen im Jahr 2015 in der Bundesrepublik Deutschland ließe sich beliebig fortsetzen. Regelmäßig folgt auf die Veröffentlichung der bundesweiten Zahlen der Polizeilichen Kriminalstatistik ein gewaltiges mediales Echo, das im Jahr 2016 insbesondere die (erneut) gestiegenen Wohnungseinbrüche thematisierte. Und ebenso regelmäßig setzt diese massenmediale Kommunikation über Kriminalität, und im vorliegenden Fall über steigenden Wohnungseinbrüche, die Sicherheits- und Kriminalpolitik unter erheblichen Zugzwang. Insbesondere das Zitat aus Die WELT, wonach Politik und Polizei die Einbruchskriminalität scheinbar nicht in den Griff bekommen, markiert deutlich, von wem Lösungen für dieses „Problem“ erwartet werden. Denn das Lösen von gesellschaftlichen Problemen gehört zu den zentralen Funktionen von Politik. Die Öffentlichkeit und die Medien beobachten und bewerten Politik in der Regel unter der Prämisse, wie gut ihnen dieses Problemlösen gelingt. Und im Jahr 2016, aber auch schon in den Jahren zuvor (seit etwa 2009), war eine bundesweit beständig steigende Anzahl von Wohnungseinbrüchen berichtet worden. Von Seiten der Politik und ihrer ausführenden Organe, in diesem Fall der Polizei, werden nun Entscheidungen erwartet, wie Sicherheit produziert werden kann – oder konkret, wie die Wohnungseinbrüche effektiv reduziert werden können – besser noch, wie die Bevölkerung vor Wohnungseinbrüchen bewahrt werden kann. Politik und Polizei

müssen dazu beitragen, das Risiko von Wohnungseinbrüchen sowie die daraus resultierenden potenziellen Schäden zu minimieren.

Doch wie kann eine solche Sicherheitsproduktion und Schadensreduktion glaubhaft gelingen? Innovative Lösungen sind gefragt, und diesbezüglich scheint eine in den USA bereits weit verbreitete Methode der Prävention von Kriminalität und Wohnungseinbrüchen Erfolg versprechend zu sein: das Predictive Policing, zu deutsch die vorhersagende Polizeiarbeit. Die Aussichten erscheinen faszinierend! Mithilfe von Computerprogrammen, die mustererkennende Algorithmen verwenden, lassen sich für Orte (oder für mathematische Planquadrate von der Größe von etwa 3 Fußballfeldern) die Auftrittswahrscheinlichkeiten von Straftaten vorhersagen (vgl. Abb. 1). Wenn die Polizei dann ihre Einsätze an diesen Prognosen orientiert und Streifenfahrten in diese „Risikogebiete“ unternimmt, können idealerweise Täter vertrieben, an der Ausübung von Straftaten gehindert oder sogar vor Ort auf frischer Tat ertappt werden. „[E]in Frühwarnsystem [kann] aufgebaut werden, das der Einsatzleitung der Polizei im Tagesbetrieb, Informationen über potentiell auftretende Nachfolgetaten gibt.“¹ So heißt es auf der Homepage des Instituts für musterbasierte Prognosetechnik in Oberhausen, der Herstellerfirma von precobs; diese Firma entwickelt für den deutschsprachigen Markt entsprechende Softwarelösungen. Besonders die Auftrittswahrscheinlichkeiten von (Tages-)Einbrüchen, Straßenraub, bewaffneten Überfällen und Diebstahl aus Kraftfahrzeugen sollen sich mit dieser Computeranwendung ortsgenau vorhersagen lassen. Ähnlich klingt es auf der Homepage des US-Unternehmens PredPol, welches solche Softwarepakete für die US-amerikanische Polizei programmiert und dort erfolgreich vertreibt.²

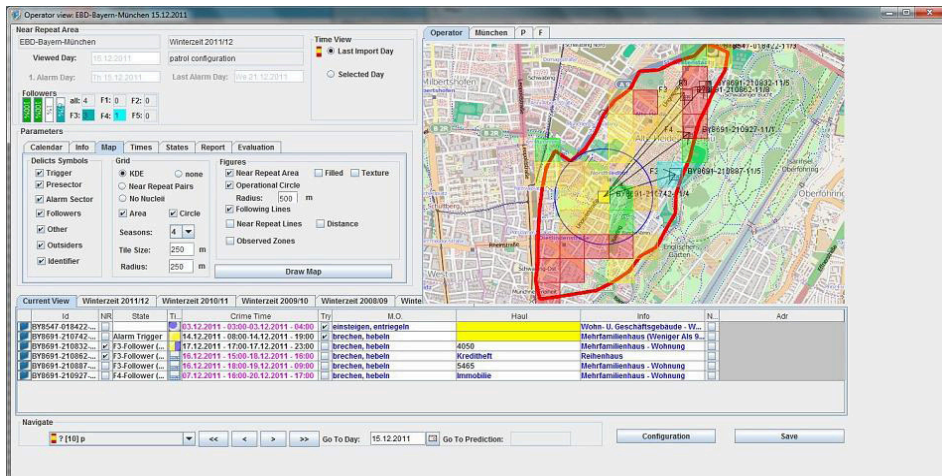


Abb. 1: Screenshot des Programms precobs (Foto: Landeskriminalamt Bayern)³

1 <http://www.ifmpt.de/near-repeats/> (letzter Zugriff am 20. Sept. 2016).
 2 Vgl. <http://www.predpol.com/> (letzter Zugriff am 7. Okt. 2016).
 3 Aus dem Artikel „So will die Polizei Einbrüche in NRW voraussagen“ vom 18. Juli 2016 auf RP online: <http://www.rp-online.de/nrw/panorama/predictive-policing-so-sagt-die-polizei-einbrueche-in-nrw-voraus-aid-1.6097807> (letzter Zugriff am 20. Sept. 2016).

Mit dem Predictive Policing zeichnen sich somit für Politik und Polizei erweiterte Möglichkeiten der Verbrechensbekämpfung und Prävention ab. Es verwundert also nicht, dass Bundesinnenminister de Mazière am 4. April 2015 in einem Interview in der Bild-Zeitung fordert: „Wir müssen auf neue Polizeimethoden, wie das sogenannte ‚predictive policing‘, also die Vorhersage von Tatmustern auf der Grundlage der Auswertung von Massendaten, setzen.“³ Auch von Seiten der deutschen Polizei wird im Predictive Policing offenbar ein erhebliches Potenzial zur Risikominimierung bei Einbrüchen gesehen, denn z. B. in Zürich, Bayern, Berlin, Hamburg und Nordrhein-Westfalen werden entsprechende Programme bereits erprobt (vgl. Merz 2016: 5), und die Verantwortlichen der jeweiligen bundesdeutschen Landeskriminalämter gehen davon aus, dass sich Einbrüche mit genug Daten und guten Algorithmen gut vorhersagen lassen (Okon, Sept. 2014⁴), dass mit den Analyseergebnissen die Ermittler besser nach Zeit und Raum platziert werden können (Schürmann, Nov. 2015⁵) und die Aktionsmuster von Intensivtätern erkannt werden können (Kandt, Aug. 2016⁶). Im sicherheitspolitischen Diskurs werden damit von Politik und Polizei neue und innovative Instrumente in Stellung gebracht, um der (Medien-)Öffentlichkeit entsprechende Lösungen für das kommunizierte Sicherheitsproblem zu offerieren. Die Medien berichten über diese präsentierten Lösungen in der Mehrheit durchaus kritisch und mehrperspektivisch (übrigens auch in den USA) und berücksichtigen bei ihrer Berichterstattung immer auch Wissensfragmente aus dem wissenschaftlichen Diskurs um das Predictive Policing (vgl. Kap. 3).

3 Veröffentlicht auf der Homepage des Bundesinnenministeriums: <http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Interviews/DE/2015/04/interview-bild.html> (letzter Zugriff am 21. Sept. 2016).

4 Günter Okon (Landeskriminalamt München) in einem Beitrag in Süddeutsche Zeitung vom 12. September 2014: <http://www.sueddeutsche.de/digital/polizei-software-zur-vorhersage-von-verbrechen-gesucht-einbrecher-der-zukunft-1.2115086> (letzter Zugriff am 16. Sept. 2016).

5 Dieter Schürmann (Landeskriminaldirektor in Nordrhein-Westfalen) in einem Radiointerview auf WDR5 am 4. November 2015: <http://www1.wdr.de/radio/wdr5/interview-schuermann-100.html> (letzter Zugriff am 16. Sept. 2016).

6 Klaus Kandt (Polizeipräsident von Berlin) auf einer gemeinsamen Pressekonferenz mit dem damaligen Innensenator Frank Henkel am 18. August 2016: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Kriminalitaetsprognose-Berliner-Polizei-setzt-auf-Predictive-Policing-3291880.html> (letzter Zugriff am 20. Sept. 2016).

2 PREDICTIVE POLICING IM KRITISCHEN BLICK

Von Wissenschaftler(inne)n wird bereits seit längerer Zeit kontrovers über die Potenziale und Grenzen des Einsatzes von Predictive Policing in den USA und anderen englischsprachigen Ländern diskutiert (vgl. u. a. Perry et al. 2013: 115; Hunt et al. 2014: 7 ff.; Nix 2015: 275 ff.; Benbouzid 2015: 53 ff.; Aradau/Blanke 2016: 3 ff.; Polansky/Fradella 2016: 40 ff.; Ferguson 2012: 261 ff. und 2016: 30 ff.; Chan/Bennett-Moses 2016: 26 ff.). Vertreter(innen) aus Politik-, Rechts- und Polizeiwissenschaften, Kriminologie, (Kriminal-)Soziologie oder auch Geographie liefern Beiträge zu diesem Diskurs. In der Bundesrepublik ist demgegenüber die wissenschaftliche Debatte noch recht übersichtlich (vgl. Gluba 2014 und 2016; Hedelt 2016: 166 ff.; Merz 2016; Belina 2016). Zahlreiche der von wissenschaftlicher Seite diskutierten Argumente finden sich auch in der sicherheitspolitischen Debatte wieder, werden aber vorwiegend von Vertreter(inne)n der Polizei oder polizeinaher Einrichtungen (z. B. der Landeskriminalämter) geäußert, kaum von Politikvertreter(inne)n.

2.1 Methodisch-technische Potenziale und Grenzen

Die Methoden, die unter dem Schlagwort „Predictive Policing“ zusammengefasst werden, ermöglichen eine mathematisch-statistisch optimierte Nutzung von geocodierten und raumbezogenen Sozial- und Kriminaldaten, die dann die polizeiliche Präventions- und Ermittlungsarbeit substanziell unterstützen können. Zahlreiche elaborierte und erprobte Mess- und Vorhersagemethoden existieren (vgl. Perry et al. 2013: 17 ff., Hedelt 2016: 168 ff.) und sind bereits im Einsatz. Mit ihnen wird eine raumzeitliche Mustererkennung von Straftaten unter Zuhilfenahme statistischer Modellierungen und mathematischer Algorithmen möglich und liefert der Polizei rasche, zeitnahe Auskünfte und raumbasierte Informationen. Die in der Regel GIS-basierten Computerprogramme errechnen in Echtzeit Orte, Planquadrate oder Zonen, in denen innerhalb der nächsten 24 oder 48 Stunden mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit mit dem Auftreten von Straftaten (z. B. Einbruch, Straßenkriminalität, Autodiebstahl) zu rechnen ist. Es hat sich nämlich beispielsweise bei Wohnungseinbrüchen gezeigt, „dass bei einer Straftat in einem Gebiet die Wahrscheinlichkeit [für Folgestraftaten] in diesem Gebiet [...] steigt. [D]as Risiko einer Viktimisierung [...] ist 48 Stunden nach der ersten Tat

am höchsten.“ (Gluba 2014: 3). Die Systeme nutzen dazu spezifische Algorithmen (z. B. die Near-Repeat-Methode, die Risk Terrain oder Hotspot-Analyse oder die Routine-Activity-Theorie, vgl. Perry et al. 2013: 17 ff.; Gluba 2014: 3 ff.), deren Funktionsweisen im Detail von den Unternehmen jedoch nicht offengelegt werden. Es wird allerdings so viel mitgeteilt, dass die Softwareprogramme wie precobs, PredPol oder HunchLab die geocodiert vorliegenden Angaben aus der Polizeilichen Kriminalstatistik z. B. zu Wohnungseinbrüchen analysieren und darauf basierend die raumbezogenen Wahrscheinlichkeitsaussagen treffen. Diese mathematisch ermittelten Risikoräume werden mitunter als eine statistische Fundierung des Bauchgefühls und des Erfahrungswissens von Polizist(inn)en und Ermittler(inne)n verstanden (vgl. Borchers 2014).

Die Möglichkeiten der Analyse und Vorhersage raumzeitlicher Muster von Kriminalität lassen sich schließlich dadurch erweitern, dass weitere Daten und Informationen aus geeigneten Datenpools oder auch den Sozialen Medien in die Systeme integriert werden oder fallweise auch Big Data Knowledge hinzugezogen wird. Gerade von diesem Data Mining versprechen sich die Hersteller und Anwender solcher Systeme erhebliche Erkenntnisgewinne bei der Prävention und Bekämpfung von Kriminalität⁷ (vgl. Polansky/Fradella 2016: 15; vgl. Schürmann 2015: 4). Zukünftige methodisch-technische Erweiterungen des Predictive Policing lassen sich erahnen, wenn man die jüngsten Entwicklungen im Bereich der computerbasierten Künstlichen Intelligenz, lernender Computersysteme sowie des Cognitive Computing betrachtet. Bislang gibt es dazu aber noch keine recherchiert- und belastbaren Informationen oder Erfahrungen, welche Möglichkeiten der Kriminalprävention oder Strafverfolgung solche Innovationen bieten. Insbesondere diese Entwicklungslinie der vorhersagenden Polizeiarbeit wird vielfach sehr kritisch beobachtet. Denn darin lässt sich eine Wegbereitung für die stärkere Etablierung und den Einsatz individuell-sensibler Modellierungsansätze bei der Kriminalitätsbekämpfung erkennen, die z. B. personenbezogene Modellierungen und Profilbildungen ermöglichen. In den USA existieren mittlerweile Vorhersagesysteme, die potenzielle Straftäter „errechnen“ und sogenannte *hot people* identifizieren oder *heat lists* erstellen (vgl. Ferguson 2016: 26 f.; Merz 2016: 5). Neben individualstatistischen Daten werden dabei auch Informationen aus sozialen und digitalen Netzwerken bei der Ermittlung individueller Wahrscheinlichkeiten für eine Begehung von Straftaten herangezogen. Ferguson (2016: 24 ff.) bezeichnet diese personenbezogenen Vorhersagen kriminellen Verhaltens als Predictive Policing 3.0. Besonders kritisch werden diese Analyse- und Ermittlungsmethoden betrachtet, weil dabei tiefgreifender Eingriffe in die Bürger- und Persönlichkeitsrechte möglich zu werden scheinen sowie ungerechtfertigte Verdächtigungen wahrscheinlicher werden (vgl. Merz 2016: 6). Staatliche Kontrollen bei der Anwendung dieser Formen von individualisierenden Algorithmen und Data Mining seien daher zu fordern,

⁷ Vgl. die Aussagen von US-amerikanischen Vorhersagesystems PredPol auf der Homepage: <http://www.predpol.com/data-mining-crime-predictions/> (letzter Zugriff am 22. Sept. 2016).

um einem Missbrauch vorzubeugen (vgl. Martini 2014: 1489). Auch wenn von Seiten der deutschen Sicherheitspolitik und Polizei wiederholt versichert wird, es bestehe kein Interesse daran, personenbezogene Daten auszuwerten und individuelle Täterprofile zu modellieren (vgl. Schürmann 2015: 3, Borchers 2015: 2) und dem Schutz der Privatsphäre und informationeller Selbstbestimmung auch in den USA ein sehr hoher Stellenwert attestiert wird (vgl. Polansky/Fradella 2016: 41 ff.), so werden doch Vermutungen geäußert, dass sich die Polizeiarbeit zukünftig sehr viel stärker dieser neuen (Ermittlungs-)Methoden bedienen wird (vgl. Merz 2016: 6 f.). Angesichts dieser Entwicklung scheint Vorsicht geboten:

„Die nahezu unbegrenzten technischen Möglichkeiten werden aber zwangsläufig Begehrlichkeiten auf Seiten der Ermittlungsbehörden wecken. Deshalb ist in Zukunft tunlichst darauf zu achten, dass nach einer ‚Eingewöhnungsphase‘ und einer sich daran anschließende Desensibilisierung der Bevölkerung, die datenschutzrechtlichen Grenzen nicht Stück für Stück aufgeweicht und ausgeweitet werden“ (Meinicke 2015: 384).

Durchgängig sind beim Predictive Policing an alle für die Kriminalitätsvorhersagen genutzten Geo- und Sachdaten sehr hohe Qualitätsansprüche zu stellen, und zwar vor allem in Bezug auf die Vollständigkeit, Korrektheit, Verlässlichkeit, Genauigkeit und Aktualität der verarbeiteten Informationen (vgl. Ferguson 2016: 36 ff.). Dies ist insbesondere deshalb von Bedeutung, weil Datenfehler unweigerlich Fehlinterpretationen nach sich ziehen. Solche Fehlinterpretationen werden mitunter nicht einmal bemerkt, weil sich auch falsche oder missverständliche Informationen der Vorhersagesoftware (z. B. beim Vorliegen von Scheinkorrelationen oder fehlender Signifikanz von Wahrscheinlichkeitsaussagen) in der polizeilichen Praxis plausibilisieren lassen und zwar insbesondere dann, wenn sie stigmatisierenden oder herkömmlichen Denkmustern entsprechen. Deshalb erfordert die Nutzung und Interpretation raumzeitlicher Vorhersagen im Polizeialltag immer auch ein entsprechend geschultes, methodisch-technisches Reflexionsniveau der Anwender(innen) (vgl. Ferguson 2016: 37). Dies gilt besonders angesichts des Umstandes, dass die den Vorhersagen zugrundeliegenden mathematischen Algorithmen für Laien kaum verständlich und daher weder nachvollziehbar noch nachprüfbar sind.

Predictive Policing Systeme versuchen, die Wahrscheinlichkeit des räumlichen Auftretens von Kriminalität und Unsicherheit zu bestimmen oder mit statistischen Methoden zu modellieren. Das bedeutet, es wird ein abhängiges Raummerkmal bzw. eine zu erklärende (räumliche) Variable (z. B. die Wahrscheinlichkeit von Wohnungseinbrüchen in einer Raumeinheit oder das Risiko von Gewalttaten oder Straßenkriminalität in einer Straße/Zone) unter Nutzung ausgewählter erklärender Variablen in diesen Raumeinheiten (z. B. Straftatenaufkommen in den letzten Tagen, Grad der sozialen Desorganisation, Anteil junger männlicher Bewohner, Anzahl von eingegangenen Notrufe) vorhergesagt. Dies geschieht bei-

spielsweise unter Einsatz multipler oder logistischer Regressionen (vgl. Perry et al. 2013: 29 ff.; Mansel 2008). Dazu werden soziale Phänomene in Form von (räumlichen) Indikatoren operationalisiert, vorwiegend unter Nutzung räumlicher und georeferenzierter Daten der Strafverfolgungsbehörden oder von Kommunen. Diese Daten werden einem statistisch-mathematischen Analyseverfahren oder einem modellierenden Algorithmus unterzogen. Das Ergebnis sind schließlich Wahrscheinlichkeitsaussagen zum Auftritt eines spezifischen Ereignisses in den betrachteten Räumen, beispielsweise von Wohnungseinbrüchen in einem statistischen Bezirk oder Planquadrat. Hervorzuheben ist, dass bei diesen raumbezogenen Vorhersagen von Kriminalität und den statistischen Modellierungen keine sozial- oder gesellschaftstheoretischen Erklärungskonzepte oder Hypothesen untergelegt sind (vgl. auch Kap. 2.3 und 2.4). Es mögen zwar mathematische Zusammenhänge ermittelt werden können (z. B. zwischen der Wahrscheinlichkeit von Wohnungseinbrüchen und dem Anteil bestimmter Personengruppen in unterschiedlichen Raumeinheiten), dies impliziert aber keine Kausalitäten. Gleichwohl legen statistische Modellierungen häufig einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang nahe. Teilweise sind diese Implikationen bereits mit der Programmierung angelegt. Denn „[i]n jedem Algorithmus ist immer auch Kultur eingebaut. Und da ist immer auch eine gewisse Einseitigkeit vorhanden. Es ist Vorsicht geboten, was da an Vorurteilen und Stereotypen integriert ist.“ (Kreissl 2016⁸) Beim Predictive Policing besteht also die Möglichkeit, eine Kausalität zu unterstellen, die zwar empirisch beobachtet und plausibilisiert werden kann, sich aber in der sozialen Realität so nicht niederschlagen muss. Der räumliche Blick verleitet mitunter dazu, räumlich nahe beieinander liegendes auch kausal zu verknüpfen. Die sozial konstruierte Logik oder die Theoriefestigkeit der vermuteten oder implizierten Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge ist daher hinreichend zu reflektieren. Auch das erfordert bei den Anwender(inne)n von Polizei und Ermittlungsbehörden eine fundierte Auseinandersetzung mit diesen neuen Techniken (vgl. Casady 2011: 1) und demzufolge eine anspruchsvolle qualifizierte Schulung.

2.2 Einsatz in der polizeipraktischen und der präventiven Arbeit

Trotz dieser methodisch-technischen Erwägungen liegen die Vorteile und Potenziale dieses neuen Instruments für die praktische Polizei- und Präventionsarbeit scheinbar auf der Hand. Die zeit- und ortsgenauen Informationen stellen wichtige Entscheidungshilfen bei der Planung von Streifenfahrten und Einsätzen aber auch bei der Ermittlungsarbeit dar. Grundsätzlich besitzt damit das Predictive Policing ein kriminalpräventives Potenzial. Denn durch eine erhöhte und zudem

⁸ In einem Interview auf detektor.fm, abrufbar unter: <https://detektor.fm/gesellschaft/polizeiarbeit-predictive-policing> (letzter Zugriff am 16. Sept. 2016).

orts-/zeitgenaue Polizeipräsenz können die Gelegenheitsstrukturen für Straftaten reduziert werden (sekundäre Prävention) und durch einen unmittelbaren polizeilichen Zugriff eine Straftat im Entstehen verhindert werden (tertiäre Prävention). Grundsätzlich eröffnet sich also durch den Einsatz und die Berücksichtigung von Vorhersagesystemen die Möglichkeit, in einer bestimmten Raumeinheit die Anzahl von Straftaten (insbes. von Wohnungseinbrüchen) zu reduzieren. Nach einer Beobachtung von Perry et al. in ausgewählten US-amerikanischen Städten hat dort der Einsatz von Vorhersagesystemen dazu geführt, dass die Polizeiarbeit stärker proaktive Einsätze und Interventionen durchführt, bei denen sie die Informationen aus den Vorhersageinstrumenten genutzt hat und diese mit traditioneller polizeilicher Ermittlungsarbeit konstruktiv verknüpfte (vgl. Perry et al. 2013: 80). Damit wird gleichzeitig eine nicht näher spezifizierte Wirksamkeit des Predictive Policing implizit unterstellt.

Doch genau in diesem Punkt stößt man auf Unsicherheiten. Denn Evaluationen und Pilotprojekte in den USA und in Deutschland haben gezeigt, dass sich die gewünschten kriminalitätsreduzierenden Effekte des Einsatzes von Predictive Policing nicht so einfach nachweisen lassen. Einerseits existieren nur wenige Evaluationen oder Wirkungsanalysen (vgl. Perry et al. 2013: 123 f.; Gluba 2016: 2), andererseits weisen diese wenigen Evaluationen mitunter keine oder allenfalls uneinheitliche Wirkungen im Bezug auf eine Reduktion der Kriminalität nach (vgl. Hunt et al. 2014: 49 ff.). Diese fehlenden Wirkungsnachweise zeichnen sich auch in Bezug auf die prognostizierten *hot peoples* und *heat lists* ab (Saunders et al. 2016: 366; Perry et al. 2013: 123 f.). Dies liegt zweifellos auch in der Tatsache begründet, dass wissenschaftliche Wirkungsevaluationen, die *Veränderungen in Räumen oder Stadtquartieren* messen sollen, methodisch sehr komplex und anspruchsvoll sind. In Raumeinheiten finden gleichzeitig zahlreiche Entwicklungs- und Veränderungsprozesse statt, die hochkomplexen und wechselseitigen Kausalbeziehungen unterliegen. Dabei zu isolieren, welche Effekte auf einzelne Interventionen zurückgehen, ist eine große methodische Herausforderung. Die vielfältigen Ursache-Wirkungs-Beziehungen können bei einer Wirkungsevaluation nicht alle abgeschätzt und kontrolliert werden (vgl. Rolfes/Wilhelm 2014: 26 f.). Das Auf und Ab des Straftatenaufkommens in einem Raum bestimmt sich aus lokalen, regionalen, sozioökonomischen, politischen, demographischen und vielen weiteren Faktoren. Daher erweisen sich Evaluationsansätze, die räumliche oder zeitliche Vergleichsmessungen vornehmen, als nur eingeschränkt zuverlässig. In vielen Veröffentlichungen und Mitteilungen, die den praktischen Einsatz dieser Instrumente zum Thema haben, wird gleichwohl die Evidenz einer positiven (Aus-) Wirkung auf die Polizeiarbeit behauptet und mitgeführt. Der vermeintliche Erfolg des Einsatzes von Predictive Policing gründet sich nach Gluba überwiegend auf Berichte in den Massenmedien, belastbare Evaluationen oder polizeiliche Erfahrungsberichte seien nicht auffindbar (vgl. Gluba 2016: 55). Damit wird aber auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis bei einer Implementierung von Vorhersagesystemen

schwer einschätzbar. Denn schließlich muss nicht nur die oft kostspielige Software beschafft, installiert und gewartet werden. Darüber hinaus fallen ein erhöhter Aufwand und Kosten auch dadurch an, dass erstens bei der Polizei ein erhöhter Qualifizierungsbedarf zur sachgerechten Nutzung und Interpretation der verfügbar gemachten Informationen anfällt und finanziert/organisiert werden muss; und zweitens besteht die Herausforderung und der Aufwand, die Informationen aus der Software in die alltäglichen Handlungsabläufe und Routinen der Polizei einzubinden (vgl. Ferguson 2016: 57 ff.). Bei der Einrichtung und Nutzung von Crime Mapping wurden sowohl in den USA als auch in Deutschland festgestellt, dass diese Anforderungen den Einsatz solcher Systeme im Polizeialltag erschweren (vgl. Rolfes 2015: 81).

Zweifel an einer dauerhaft präventiven Wirkung kommen zudem auf, weil damit zu rechnen ist, dass sich auch potenzielle Straftäter(innen) relativ rasch auf diese neue Polizeistrategie einstellen werden und somit eine räumliche Verdrängung oder Verlagerung von Straftaten wahrscheinlich wird (ähnlich wie bei Videoüberwachungen). Da die Softwarepakete zudem keine oder nur unbestimmbare Hinweise auf die Motive der Täter und die (sozialen) Ursachen von Straftaten geben können, steht eher eine Symptombehandlung im Vordergrund. Die Verdrängung oder Ergreifung von Straftäter(inne)n durch Predictive Policing, so die Befürchtung, könnte mitunter also nur kurzfristige und vordergründige Erfolge aufweisen. Die Hintergründe von z. B. Wohnungseinbrüchen vermögen solche Instrumente nicht oder nur begrenzt zu erschließen. Bei einer Etablierung von Predictive Policing im Polizeialltag wird sich schließlich auch die Frage stellen, wie hoch die juristische oder dienstliche Verbindlichkeit sein soll oder sein wird, in den von einer Vorhersagesoftware modellierten Risikoräumen dann auch tatsächlich mit Polizeikräften vor Ort zu kontrollieren (vgl. Nix 2015: 284). Demzufolge wird es nötig sein, entsprechende rechtliche Rahmenbedingungen oder Durchführungsbestimmungen festzulegen, die dann bei der polizeipraktischen Arbeit zu berücksichtigen sind. Damit könnten Komplexitätssteigerung und Bürokratisierung verbunden sein, die bisher noch nicht restlos absehbar ist (vgl. dazu Kühl 2012: 15 ff.). Denn die aus dem Einsatz von Vorhersageprogrammen resultierenden Handlungserfordernisse können zu unerwünschten Strukturbildungen und Zwangssystemen bei der Polizeiarbeit führen. Beispielsweise könnten tatsächlich Geschädigte (durch einen Wohnungseinbruch) eventuell Schadensersatzansprüche geltend machen oder Untätigkeitsvorwürfe formulieren, falls sich nachweisen lässt, dass zwar aufgrund von Vorhersageprogrammen ihre Wohngegend als Risikogebiete ausgewiesen wurden, die Polizei diese Hinweise aber ignoriert oder versäumt hat.

Die hier angeführten Einschränkungen sollten gleichwohl nicht dazu führen, die Hinweise, die sich bei einer Anwendung von Predictive Policing ergeben, bei der Planung von Streifenfahrten oder bei der polizeilichen Ermittlungsarbeit zu ignorieren. Es scheint aber angezeigt, den gegenwärtigen Hype um das Predictive

Policing unaufgeregt(er) zur Kenntnis zu nehmen und die Leistungsfähigkeit der Programmpakete im Polizeialltag nüchtern und mehrperspektivisch zu betrachten (vgl. Kap. 3). Es zeigt sich dann schnell, dass die räumlichen Vorhersagen in der polizeilichen Praxis zwar als zusätzliche Informationen herangezogen werden können, die zukünftige Polizeiarbeit aber nicht grundsätzlich steuern und nicht revolutionieren werden (vgl. Schürmann 2015: 3; Perry et al. 2013: 115 ff.; Ridgeway 2013: 34 ff.). Die öffentliche Vermarktung der potenziellen Einsatzfelder durch die Unternehmen, die solche Vorhersagesoftware herstellen (precobs, PredPol, IBM, Esri), fällt auf deren Homepages und in Medieninterviews diesbezüglich deutlich euphorischer aus.⁹

2.3 Predictive Policing aus einer geographischen und raumtheoretischen Perspektive

Aus der Sicht der Humangeographie ist die Herangehensweise beim Predictive Policing, kein grundsätzlich neuer Ansatz der Beobachtung, Prävention und Bekämpfung von abweichenden und kriminellen Handlungen. Das Verräumlichen von Kriminalität – in Form der raumbezogenen Beobachtung von Straftaten und Kriminalität, der raumbasierten Analyse der Ursachen von Kriminalität (z. B. im Rahmen von *Crime Mapping*) und auch durch das *Geographical Profiling* – sind bekannte und vielfältig genutzte Ansätze der traditionellen Kriminalgeographie im Umgang mit Kriminalität (vgl. Rolfes 2015: 35 ff.; Belina 2016: 86 ff.). Die traditionelle Kriminalgeographie geht mit ihrer Projizierung von Kriminalität auf räumliche Betrachtungsebenen von einem alltagsweltlichen, physisch-materiellen Raumbegriff aus. Beim Predictive Policing wird dieser Weg des räumlichen Blicks in Form von raumbezogenen Analysen und Interventionen nur konsequent und in modernisierter Weise fortgesetzt. Ein räumlicher Zugang erweist sich für die Polizei auf den ersten Blick durchaus als angemessen und erfolgversprechend. Das Verräumlichen von Kriminalität plausibilisiert und legitimiert die Notwendigkeit von räumlich fixierten Präventions- und Polizeiaktivitäten. Diese operieren nämlich sehr häufig über räumliche Interventionen: die Polizei definiert Einsatzreviere oder -gebiete, um in diesen Räumen Kriminalität zu bekämpfen; oder sie versucht, der Kriminalität durch eine verstärkte Polizeipräsenz oder durch Haus- bzw. Platzordnungen vorzubeugen. Hunold bezeichnet dies als den „territorialen Imperativ der polizeilichen Arbeit“ (Hunold 2015: 23). Predictive Policing folgt dieser räumlichen Handlungslogik. Die ortsgenauen Hinweise von Vorhersagesystemen über Risikoräume machen ebenfalls Kriminalität (z. B. Wohnungseinbrüche) *dort* – an einem bezeichneten Ort – sofort praktisch bearbeitbar, denn die Polizei orientiert ihre Interventionen, ihre Einsatzplanung und

⁹ Vgl. stellvertretend: <https://www.youtube.com/watch?v=imJ9symxCug> (Letzter Zugriff am 7. Okt. 2016).

ihre Streifeneinsätze an den Vorhersagen. Daran wird deutlich, dass Räume ganz offensichtlich gut verständliche, alltagsweltliche Zugangs- und Zugriffspunkte für polizeiliche Maßnahmen darstellen. Sie sind – nicht nur für die Polizei – evident vermittelbare und erfassbare Handlungs- und Monitoringebenen. Zwar lassen sich auf der räumlichen Ebene die sozialen, politischen, psychologischen oder ökonomischen Ursachen abweichender oder krimineller Handlungen nicht dauerhaft bekämpfen. Als ein praktischer Ansatzpunkt zur Kriminalitätsbekämpfung und -prävention ist das Ausweisen von Risikoräumen (z. B. sogenannte Problemviertel oder Angsträume) jedoch alltagstheoretisch höchst plausibel. Dabei basieren die von den Vorhersagesystemen erstellten Risikokarten mit „gefährdeten“ Räumen lediglich auf Abstraktionen von Kriminalität, die durch die Karten zusätzlich verfestigt (reifiziert) werden. Wenn diese Kartierungen dann für die praktische Polizei- und Präventionsarbeit eine maßgebliche Orientierung liefern, erscheint die in den digitalen Vorhersagekarten abstrahierte Kriminalität als „wahr“ und objektiv (vgl. Belina 2009: 192). „Das Perfide ist [...] die vermeintliche Objektivität und entsprechende Unantastbarkeit der positivistisch aufgeladenen digitalen Lagebilder.“ (Töpfer 2008). Neben der Raumlogik verleihen darüber hinaus auch die szientistisch-technischen Semantiken und Aufladungen der Hersteller dieser Softwaresysteme den Vorhersageergebnissen eine wissenschaftlich-basierte Objektivierung (vgl. Kap. 2.4).

Diese unreflektierte Raumlogik des Predictive Policing sorgt aus einer geographischen und raumtheoretischen Betrachtungsperspektive für weiteres Kopfzerbrechen. Denn die nur diffuse, alltagssprachliche Erklärungskraft raumbezogener Modellbildungen für das Auftreten von Kriminalität wird selten hinterfragt und trägt unmittelbar zu einer räumlich determinierten Konstruktion von sozialen Kausalitäten bei. Die im Predictive Policing eingesetzten Modellbildungen und Algorithmen sind allenfalls schwach theoretisch abgesichert. Ein Blick aus raumtheoretischer Perspektive macht deutlich, dass zur Erklärung von Kriminalität vorwiegend in sehr allgemeiner Form unterschiedliche Merkmale der „räumlichen Kontexte“ als Auslöser herangezogen werden: So sind es zum Beispiel bei den Near-Repeat-Methoden die raumzeitlichen Distanzen zu vorhergehenden Straftaten (z. B. Wohnungseinbrüchen), bei den Broken Windows-Ansätzen eine nicht nahe bestimmte sozialräumliche Desorganisation oder bei den Risk Terrain Analysen eine Melange aus sozio-ökonomischen und/oder infrastrukturellen Raumdaten. Eine in dieser Art vorgenommene raumbasierte Operationalisierung des Sozialen und von Kriminalität stellt somit eine erhebliche Reduktion gesellschaftlicher Komplexität dar. Um der Komplexität von Gesellschaft und sozialer Systeme gerecht zu werden, basieren deshalb elaborierte (kriminal-)soziologische Theorien zur Erklärung bzw. zum Verstehen von abweichenden Handlungen und Kriminalität vorwiegend auf sozialen, psychologischen oder polit-ökonomischen Ansätzen und nicht auf räumlichen Erklärungskonzepten (vgl. Rolfes 2015: 26). Aus einer sozialwissenschaftlichen und gesellschaftstheoretischen Perspektive stellen räum-

liche oder raumaffine Sichtweisen, so wie sie vom Predictive Policing geliefert werden, in der Regel eine unterkomplexe Beobachtungs- und Beschreibungskategorie für die soziale Welt dar. Die „Blinden Flecke“ des Predictive Policing fasst Belina treffend zusammen: „Abgesehen wird in Theorie und Praxis des Predictive Policing davon, dass als kriminell eingeordnete Handlungen 1) von handelnden Subjekten begangen werden, 2) als Phänomen und als Zuschreibung wesentlich in gesellschaftliche Strukturen eingebettet sind und 3) in Diskursen und Politiken als Mittel einer sozial selektiven Ordnung von Gesellschaft fungieren.“ (Belina 2016: 86). Predictive Policing kann also dazu verleiten, stark vereinfachte Bilder von Gesellschaft und Kriminalität zu zeichnen.

Die Unscheinbarkeiten der Anwendung von Raumbildern und Verräumlichungen von Kriminalität ist mit weiteren Tücken verbunden (vgl. Mohring et al. 2010: 163 ff.; Rolfes 2011: 145 f.). Dazu gehört die bereits thematisierte Vereinfachung der Ursachen oder Entstehungsbedingungen von Straftaten und kriminellen Handlungen durch einen diffusen Faktor „Raum“ oder „Geographie“. Der räumliche Fokus verleitet zu einer Simplifizierung und Homogenisierung komplexer sozialer Problemlagen, in dem einzelne örtlichen Auftrittswahrscheinlichkeiten von Straftaten auf den Gesamttraum projiziert werden. Eine Generalisierung oder Verallgemeinerung solcher räumlichen Vorhersagen kann letztlich in Form von Negativ-Stigmatisierung als „sozialer Brennpunkt“, „Problemviertel“ und „Hot Spot“ um sich greifen. Diese Stigmatisierungen können zur Folge haben, bestehende (Vor-)Urteile der Polizeistreifen über ihr Revier zu verstärken und ein spezifisches handlungspraktisches Auftreten zu legitimieren. In den USA wurden entsprechende Diskriminierungen von Personengruppen in kriminalitätsbelasteten Stadtteilen beobachtet (vgl. Ferguson 2016: 33 ff.). Allerdings würde die Annahme, dass Polizeibeamte ihre räumlichen Einsatzerfahrungen sowie Wahrnehmungen und Vorstellungen über Bewohnerstrukturen ungefiltert in eine Stigmatisierungen bestimmter Personengruppen und Quartiere übersetzen und daran ihre Handlungspraxis orientierten, zu kurz greifen (vgl. Hunold 2015: 204).

Predictive Policing nimmt bislang nur bestimmte Straftaten in den räumlichen Blick (z. B. Diebstähle, Straßenkriminalität, Gewalttaten). Dadurch erscheint Kriminalität räumlich begrenzt. Sie gilt dort als bekämpfbar, wo sie räumlich beobachtbar oder vorhersagbar ist. Einerseits schafft das in gewisser Weise die Illusion von Sicherheit und Kontrollierbarkeit innerhalb der ermittelten Risikoräume. Andererseits neigt dieser räumliche Zugriff dazu, den entterritorialisierten Netzwerk-Charakter von Kriminalität in den Hintergrund zu drängen. Der Fokus der Kriminalitätsbekämpfung ist auf das (räumlich) Sichtbare eingestellt mit dem Risiko der Vernachlässigung „unräumlicher“ oder nicht vorhersagbarer Straftaten. Schließlich ist auch die Vorhersage und Ausweisung von Risikoräumen mit weiteren Risiken verbunden: Für unbescholtene Bürger(innen) kann der Aufenthalt oder das Wohnen in Risikoräumen durchaus mit ernsthaften Sanktionierungen verbunden sein. Wem in einem „anerkannten Risikoraum“ Schäden oder Verletzungen ent-

stehen, hat sich diese in einem gewissen Rahmen selbst zuzuschreiben. Darüber hinaus sind beispielsweise in „anerkannten“ oder wiederholt prognostizierten Risikogebieten höhere Versicherungsprämien bei Hausratversicherungen oder Schuldzuweisungen bei einer mangelnden Einbruchssicherung denkbar. Das Vorhersagen und Benennen von Risikoräumen kann also eine Vielzahl von Wirkungen nach sich ziehen, die nicht auf den ersten Blick offensichtlich sind. Gerade weil die räumliche Denklöge so weit verbreitet ist und vielen als alltagstauglich erscheint, müssen bei der Nutzung von Predictive Policing die in diesem Abschnitt angesprochenen Tücken der Raumlogik bei einer Interpretation der Vorhersagen mitbedacht werden. Die Beschränkungen und Engführungen eines essentialistischen räumlichen Blicks sind in der Geographie mittlerweile hinreichend diskutiert und Bestandteil disziplinären Wissens (vgl. die Raumfalle bei Lippuner/Lossau 2004, 47, das Räumeln oder das Raumphantom bei Hard 2008: 266 und 275). Außerhalb der Geographie und insbesondere in der Theorie und Praxis des Predictive Policing oder des *Crime Mapping* finden sich aber nur vereinzelte Hinweise darauf, dass dieses „Raumproblem“ existiert (vgl. beispielsweise Tita/Greenbaum 2009: 146). Daher ist es um so wichtiger, darauf hinzuweisen.

2.4 Sicherheits- und gesellschaftspolitische Anmerkungen zum Predictive Policing

Die Debatte über die Potenziale und Grenzen des Predictive Policing wäre nur unzureichend abgebildet, wenn nicht ein Blick auf die sicherheits- und gesellschaftspolitischen Kontexte und Implikationen bei der Etablierung dieser neuen Technologien in Deutschland geworfen würde. Denn die Notwendigkeit einer forcierten Bekämpfung von Kriminalität und der Produktion von Sicherheit sind in den vergangenen Jahren zu einem öffentlichen und medialen Schwerpunktthema geworden. Dynamisiert durch die Terroranschläge der vergangenen Jahre, die kontrovers geführte Zuwanderungs- und Integrationsdebatte oder das Erstarken rechtspopulistischer Positionen und Parteien lässt sich in der Bundesrepublik in der (Medien-)Öffentlichkeit eine erhöhte Sensibilisierung für und eine Thematisierung von Fragen der Sicherheit und Kriminalität feststellen. Stellvertretend für andere (mediale) Kommunikationen sei hier auf ein Statement des Deutschen Städte- und Gemeindebundes zur Sicherheit in Kommunen verwiesen. Dieses Statement beginnt mit den Worten: „Sicherheitsgefühl der Bürger schwindet, Ängste nehmen zu. Die Bürgerinnen und Bürger sind vor dem Hintergrund der aktuellen Gewalttaten in mehreren Städten und der erhöhten Terrorgefahr verunsichert. Auch die hohe Zahl von Wohnungs- und Geschäftseinbrüchen erzeugt Angst. Die Menschen beginnen zu zweifeln, ob der Staat ihre Sicherheit noch ausreichend gewährleisten kann.“ (DStGB 2016: 1). In dem Beitrag werden dann Ergebnisse

von Bevölkerungsbefragungen aus DER SPIEGEL und der BILD-Zeitung zitiert, die eine gestiegene Kriminalitätsfurcht der Bevölkerung vor Terror, Radikalisierung und Wohnungseinbrüchen dokumentieren sowie zugleich ein schwindendes Vertrauen in die Leistungsfähigkeit der Polizei andeuten. Das Statement endet schließlich in einer Forderung nach mehr Polizeibeamt(inn)en, einer erhöhten Polizeipräsenz und einer effektiveren Kriminalitätsbekämpfung, u. a. durch die Einführung von Predictive Policing (vgl. DStGB 2016: 1 ff.). Sicherheitspolitik und Polizei stehen damit in der Kritik der Öffentlichkeit, die von ihnen schnelle und angemessene Reaktionen auf die wachsende Unsicherheit und Kriminalitätsfurcht in der Bevölkerung erwartet. Wenn dann zeitgleich von Seiten der stark wachsenden Sicherheitsbranche und ihrer Lobbyverbände einschlägige Softwareprodukte zur Verbrechensverhütung und -bekämpfung offensiv vermarktet werden, müssen Politik und Polizei diese Angebote zur Kenntnis nehmen und deren Potenziale ausloten (z. B. auf Messen, Tagungen oder durch Pilotprojekte).

Macht man sich die Tatsache bewusst, dass Sicherheitspolitik und Sicherheitsbehörden unter einer zeitweise intensiven gesellschaftlichen Beobachtung stehen, so scheint das Predictive Policing ein sehr gut geeignetes Instrument zu sein, um die Polizei- und Präventionsarbeit wirkungsvoll nach Außen darzustellen. Erstens findet durch den offensichtlich expliziten und geplanten Einsatz digitaler Technologien bei der Verbrechensbekämpfung und Strafverfolgung eine symbolische Modernisierung der Polizei- und Präventionsarbeit statt. So fehlt es denn bei der massenmedialen Berichterstattung über den Einsatz dieser Computersysteme auch nicht an Assoziationen zu Science Fiction (insbes. Minority-Report) oder technikaffinen US-amerikanischen Krimiserien wie CSI oder NCIS (vgl. Hamann 2016; Murdock 2016; Borchers 2014; Kelly 2014). Die Polizei setzt – „neuerdings“ und „endlich“, so der unwidersprochene Eindruck – mit Predictive Policing auf technisch-innovative und fortschrittliche Problemlösungen. Zweitens versprechen die computerbasierten Vorhersagesysteme schon deshalb eine bessere Performance der Polizeiarbeit, weil sich die (vermeintlichen) Erfolge in Form von Zahlen, Karten und Entwicklungsverläufen sehr gut visualisieren und quantifizieren lassen. Dies ermöglicht eine bessere Darstellbarkeit von Erfolgen und Misserfolgen der Polizeiarbeit im politischen und (medien-)öffentlichen Diskurs. Drittens lässt sich auf der Grundlage solcher Innovationen eine optimierte Ausgangssituation schaffen, um für die Strafverfolgung und Verbrechensbekämpfung zusätzliche personelle oder finanzielle Ressourcen zu sichern oder zu aktivieren; denn es wird schließlich in Aussicht gestellt, dass diese technische Modernisierung zu einer gesteigerten Leistungsfähigkeit der Polizei beiträgt. Viertens stellen Pilotprojekte zum Predictive Policing oder der probeweise Einsatz dieser Methodik für Bundesländer, Städte, Landeskriminalämter oder Polizeidirektionen eine gute Möglichkeit dar, sich (sicherheits-)politisch zu profilieren und/oder eine positive mediale Aufmerksamkeit zu erzeugen, z. B. für New York (vgl. Black 2016), Berlin (vgl. Krempel 2016); Zürich (vgl. Lobe 2014); Nordrhein-Westfalen oder

Bayern (vgl. Hamann 2016, Brühl/Fuchs 2014). Gerade in Zeiten einer kritischen öffentlichen Wahrnehmung der Sicherheitslage und einer negativ konnotierten medialen Berichterstattung zur Inneren Sicherheit ermöglichen fortschrittlich anmutende Vorhersagesysteme zumindest punktuell positive Akzente zu setzen. Gleichzeitig ist diese politische Instrumentalisierbarkeit und Instrumentalisierung des Predictive Policing sowie seine vermutete Wirkung aber auch mit Risiken verbunden. Auf drei Risikokomplexe soll hier abschließend eingegangen werden: 1) auf Risiken, die aus einer an Quantifizierungen orientierten Effizienzlogik der Kriminal- und Sicherheitspolitik resultieren, 2) auf Risiken, die auf einen Rückbau wohlfahrtsstaatlich-resozialisierender Interventionen zugunsten strafender Politiken im Bereich der Kriminalitätsprävention und -bekämpfung abgeleitet werden können und 3) schließlich auf Risiken, nach denen der Abwehr kaum präzisierbarer Gefahren und der Aufrechterhaltung eines diffusen Sicherheitsgefühls die bürgerlichen Freiheitsrechte sowie Datenschutzbelange geopfert oder sie eingeschränkt werden.

1) Die Risikokalkulationen und Wahrscheinlichkeitswerte, die Predictive Policing Systeme liefern, versprechen ein hohes Maß an Rationalität und Objektivität. Dies erleichtert seine Durchsetzung im politischen System, denn „die politische Sphäre ist seit Beginn der Statistik zunehmend durch zahlenbasierte Praktiken der Analyse, Entscheidungen und vor allem der Legitimation von Entscheidungen geprägt. Kalkulative Praktiken stellen ebenso eine politisch umkämpfte Entscheidungsgrundlage jeder modernen Politik dar, wie sie dazu dienen, politische Entscheidungen als sachlich alternativlos oder wissenschaftlich angemessen zu legitimieren“ (Vormbusch 2012: 31). Vor diesem Hintergrund wundert es kaum, dass die Polizeiliche Kriminalstatistik, trotz der ihr offiziell attestierten Schwächen, sowohl für die Politik als auch die (Medien-)Öffentlichkeit ein wichtiger Gradmesser für die Entwicklung der Kriminalität ist. Das Predictive Policing bedient mit seinem statistisch-mathematischen Operationsmodus dieser kalkulativen Denkmuster. Zahlen und Quantifizierungen sind machtvolle Elemente im politischen Diskurs. Sie symbolisieren Objektivität und wissenschaftliche Exaktheit, stellen Glaubwürdigkeit her. Inwieweit die zur Verfügung gestellten Zahlen über die Kriminalität und die Kriminalitätsentwicklung sich letztlich als „wahr“ durchsetzen lassen, ist zwar nicht sicher. Dies schmälert aber nicht die hegemoniale Macht von Quantifizierungen und Zahlen bei der Beobachtung gesellschaftlicher Prozesse und der Begründung politischer Entscheidungen. Es mag zwar sein, dass z. B. bei der Beobachtung der Kriminalitätsentwicklung unterschiedliche Kalkulationen vorgenommen werden können, die mitunter auch zu widersprüchlichen Ergebnissen kommen, oder dass die Ergebnisse der jeweiligen Berechnungsvarianten mathematisch-statistischer Wahrscheinlichkeiten von Wohnungseinbrüchen in einem Planquadrat stark voneinander abweichen. Dass bei der Beobachtung von Kriminalität und Wohnungseinbrüchen aber nahezu

ausschließlich Zahlen, Quantifizierungen und Kalkulationen die Situation objektiv, richtig und „wahr“ abbilden können, ist dennoch gesellschaftlich unbestritten. Die Abstraktion in Form von Zahlen wird nicht hinterfragt. „Kalkulation wird heute vor diesem Hintergrund als ein allgegenwärtiger *fact of life* akzeptiert, der so tief in Alltagspraktiken, Organisation und der institutionellen Infrastruktur unserer Gesellschaft verwurzelt ist, dass er sich einer kritischen Reflexion bislang weitgehend entziehen konnte.“ (Vormbusch 2012: 32). Im Falle des Predictive Policing können sogar zukünftige Risiken statistisch abgeschätzt werden. Anhand von Kennziffern, Indikatoren und Maßzahlen lassen sich zudem die Effizienz und Effektivität von Maßnahmen und Interventionen vermeintlich glaubwürdig und nachvollziehbar beobachten und messen (vgl. Porter 1995: 81 f.). Das politische Interesse an schnell messbaren und sichtbaren Erfolgen dürfte dem Predictive Policing gerade aufgrund seiner szientistisch-quantifizierenden Vorgehensweise erheblichen Rückenwind verleihen. Daher ist zu erwarten, dass sich u. a. aufgrund dieser kalkulativen-statistischen Effizienzlogik das Predictive Policing weiter durchsetzen wird. Damit ist bei der polizeilichen Präventionsarbeit eine Verschiebung des Ressourceneinsatzes in Richtung von Aktivitäten denkbar, die objektiv messbare und beobachtbare Erfolge versprechen, insbesondere wenn sich diese Erfolge kurzfristig (durch einen Rückgang von Einbruchszahlen) belegen lassen. Bei einer gleichbleibenden Mittel- und Personalausstattung für die Präventionsarbeit könnte dies auf Kosten von eher mittel- bis langfristig wirkenden präventiven Interventionen gehen.

2) „Die ‚Allgegenwart von Bedrohungen der Sicherheit‘ führt zu einem Wandel zentraler gesellschaftlicher Institutionen, deren Funktionieren zunehmend in den Sog der öffentlichen und politischen Thematisierung von Kriminalitäts- und Sicherheitsbedrohungen gezogen worden ist und sie dazu bringen kann, ihre präventive Orientierung an dieser Thematisierung auszurichten.“ (Groenemeyer 2010: 12 f.). Unter dieser Prämisse lässt sich Predictive Policing auch als ein weiterer Baustein eines sogenannten *Governing through Crime* auffassen, d. h. einer Sicherheits- und Kriminalpolitik, die explizit Kriminalität, Sicherheitsempfinden oder die Kriminalitätsentwicklung zum Zwecke des politischen Machterwerbs bzw. Machterhalts instrumentalisiert (vgl. Sack 2004: 32). Im Zentrum eines *Governing through Crime* werden neue Strukturen und Elemente sozialer Kontrolle gesehen, die durch kommunizierte Handlungserwartungen sowie kollektiv vermittelte Werte und Normen, Gesetze, Verordnungen spezifische Mechanismen und Strategien der Selbstführung und Selbstdisziplinierung zu etablieren versuchen (vgl. Schmincke 2009: 61 f.). Dieses Regieren durch Kriminalpolitik ist in der Regel gekennzeichnet durch ein Abbau bzw. eine Umdefinition wohlfahrtsstaatlicher Sicherungssysteme, einen Ausbau sicherheits-, kontrollpolitischer sowie präventiver Ressourcen und Einrichtungen (vgl. Sack 2004: 41 ff.) und einem stärkeren Fokus auf Strafverschärfungen (*punitive turn*) statt auf resozialisierende

und integrative (Arbeitsmarkt- und Sozial-)Politiken (vgl. Schreiber 2014: 21). Unter diesem Sicherheitsdispositiv trägt Predictive Policing schließlich explizit zur gesellschaftlichen Sicherheitsproduktion bei, da Kriminalität (insbesondere das Auftreten von Wohnungseinbrüchen) kalkulier- und (räumlich) bearbeitbar gemacht wird. Es kann als Teil eines präventionspolitischen Risikomanagements verstanden werden. Dabei steht nicht immer die Bekämpfung der Ursachen von Straftaten im Mittelpunkt, sondern vor allem die unmittelbare Verhinderung oder Verlagerung von potenziellen Straftaten und die schnelle Bestrafung der Täter(innen). Damit kommt das Predictive Policing aber eher einer Symptombehandlung (im Sinne einer sekundären und tertiären Kriminalprävention) gleich. Zugleich werden die Risiken, Opfer von Straftaten oder Wohnungseinbrüchen zu werden, partiell auf die Bewohner(innen) risikoreicher Orte und Planquadrate übertragen, mithin das Viktimisierungsrisiko ein Stückweit individualisiert (vgl. Kap. 2.3) und die Bürger(innen) stärker in die Eigenverantwortung genommen.

3) Unter den Vorzeichen eines zunehmenden Sicherheits- und Kontrolldispositivs geraten natürlich auch die Potenziale von Big Data und Data Mining für eine zukunftsweisende Kriminalprävention, eine zeitgemäße Bekämpfung von Kriminalität und die Produktion von Sicherheit in den Interessenfokus von Sicherheits- und Kriminalpolitik. Gerade das Predictive Policing verspricht hier ideale Einsatzmöglichkeiten (vgl. Kap. 2.1). Im Hinblick auf mögliche Einschränkungen oder Verletzungen der bürgerlichen Freiheitsrechte sowie datenschutzrechtlicher Belange werden diesbezüglich Bedenken artikuliert, insbesondere da die Arbeitsweisen und Auskunftsmöglichkeiten von Vorhersage- und Überwachungssystemen dicht beieinander liegen (vgl. Martini 2014: 1488). In der deutschen Debatte um die Einführung von Predictive Policing wird jedoch wiederholt darauf verwiesen, dass von Seiten des Datenschutzes keine rechtlichen Bedenken im Hinblick auf einen Einsatz bestehen, da personenbezogene Daten für die Vorhersagen nicht herangezogen werden dürften (vgl. Gluba 2016: 56) und auch personenscharfe Big Data Informationen lediglich in anonymisierter Form in computerbasierten Vorhersagesystemen genutzt werden könnten (vgl. Martini 2014: 1487, Leimbach/Bachlechner 2014: 152 ff.). Gleichwohl wird auf die starke Sogwirkung verwiesen, die von den Möglichkeiten des Nutzens von Big Data und Data Mining für die Sicherheitspolitik und die Polizei ausgeht. Zwar sei eine Nutzung digitaler Datenpools noch gesetzlich beschränkt, aber die Aussichten auf die Integration solcher Daten in Überwachungs-, Analyse- und Vorhersagesysteme dürften großen Enthusiasmus hervorrufen und starke Begehlichkeiten wecken (vgl. Lyon 2014: 6; Meinicke 2015: 384).

3 WIE GEHT'S WEITER MIT PREDICTIVE POLICING?

Die bisherigen Ausführungen zeigen auf den ersten Blick, dass das Predictive Policing durchaus über eine Vielzahl von Stärken und Potenzialen verfügt, die seinen Einsatz rechtfertigen. Zwar sind die in den Massenmedien hergestellten Assoziationen mit dem US-amerikanischen Spielfilm *Minority Report* unangemessen. Trotzdem verweist dieser eher positiv konnotierte Vergleich auf die offensichtliche Attraktivität und Zukunftsorientiertheit des Predictive Policing. Gleichzeitig ist aber auch unübersehbar, dass diesen positiven Merkmalen und Assoziationen merkliche Schwächen und Risiken gegenüberstehen; sie scheinen sogar zu überwiegen. Die Integration dieses neuen digitalen Instruments löst sowohl Skepsis als auch Irritationen aus: Wie soll nun vor dem Hintergrund dieses Stärken-Schwächen-Verhältnisses eine Entscheidung über die Beschaffung, den Einsatz oder die Modalitäten des Einsatzes von Predictive Policing getroffen werden? Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass sich dieses Instrument in anderen Ländern bereits in einem vermeintlich bzw. offensichtlich erfolgreichen Einsatz befindet.

Wie auch immer die Entscheidung über den Einsatz und die Nutzung ausfällt, sie wird erheblich davon beeinflusst sein, wer in welchem Kontext diese Entscheidung zu fällen hat. Dabei müssen sich „systembedingt“ die Bewertungen von Predictive Policing unterscheiden. Die Abwägungen im politischen System werden anders ausfallen als die Einschätzungen der Sicherheitsbehörden oder von Vertreter(inne)n aus Forschung und Wissenschaft. Die jeweiligen politischen Referenzräume oder sozialen Umwelten der verschiedenen Akteursgruppen lassen das eine oder andere Pro- oder Contra-Argument eher stark oder eher schwach erscheinen. Damit ist aber auch klar: Jede Entscheidung über Kauf, Einsatz und Nutzung wird notgedrungen (quasi automatisch) immer auch unerwünschte oder unbeabsichtigte Konsequenzen nach sich ziehen. Jede Entscheidung ist mit Risiken verbunden, die einzukalkulieren sind; übrigens auch, falls ein Bundesland bewusst auf den Einsatz von Predictive Policing verzichtet.

Ist allerdings eine Nutzung dieser Modellierungssoftware vorgesehen, so dürfen die oben aufgeführten Schwächen und Risiken nicht aus den Augen verloren werden. Aus geographischer und raumtheoretischer Perspektive muss dabei insbesondere vor den Tücken des räumlichen Blicks und der sogenannten „Raumfalle“ gewarnt werden. Ein räumlicher Zugang, so sehr er auch den alltagsweltlichen Vorstellungen von der Strukturiertheit der Städte und der Gesellschaft entgegen kommt, ist immer eine vereinfachte, reduzierte und selektierte Beobachtung.

Der räumliche Blick ist eben nicht objektiv, weil die Gesellschaft selbst (und im vorliegenden Fall die Modellierungssoftware) diesen räumlichen Blick tagtäglich und immer anders (re-)produziert.

Die Einführung dieser „Innovation“ sollte begleitet werden von regelmäßigen kritischen Reflexionen, bei denen die Nutzer(innen) und Akteur(innen) von Polizei und anderen Sicherheitsbehörden ebenso einbezogen werden wie beispielsweise Vertreter(innen) unterschiedlicher politischer Entscheidungsebenen oder aus Forschung und Wissenschaft. Explizite Momente und Zeiten des Nachdenkens über die Stärken und Chancen sowie die Schwächen und Risiken sollten fest eingeplant werden. Aus den gewonnenen Erfahrungen muss in erster Linie gelernt werden. Der Begriff der Evaluation sollte eher vermieden werden, weil damit in der Regel eine öffentliche oder staatliche Legitimations- und Kontrollfunktion mitgedacht wird. Stehen nämlich Legitimation und Kontrolle im Mittelpunkt einer kritischen Reflexion zum Predictive Policing, werden die beteiligten Akteur(innen) kaum die Bereitschaft an den Tag legen, transparent, offen und ehrlich über ihre positiven wie negativen Erfahrungen zu berichten und zu diskutieren.

Bei der Debatte um die Einführung neuer Softwaresysteme bei öffentlichen oder staatlichen Sicherheitsbehörden sollte schließlich auch bedacht werden, dass der Sicherheitsmarkt ein stark wachsendes Marktsegment ist, das für Unternehmen sehr ertragreich ist. Und precobs, PredPol, Hunchlab oder Blue Crush von IBM sind in erster Linie attraktive Produkte für diesen Markt, die starkes öffentliches Interesse auf sich ziehen und intensiv beworben werden.

„Zivile Sicherheit ist ein extremes Investitionsfeld, und da gibt es natürlich Interessen von Unternehmen, in diesem Bereich zu investieren. Und ein Bundesinnenminister ist natürlich nicht gefeit gegen solche Verlockungen. Mit allem, was mehr Sicherheit verspricht, kann man immer Politik machen“ (Kreissl 2016¹⁰).

¹⁰ In einem Interview auf detektor.fm, abrufbar unter: <https://detektor.fm/gesellschaft/polizeiarbeit-predictive-policing> (letzter Zugriff am 16. Sept. 2016).

LITERATUR

- ARADAU, C.; BLANKE, T. (2016): Politics of prediction: Security and the time/space of governmentality in the age of big data. In: *European Journal of Social Theory*. S. 1–19.
- BELINA, B. (2009): Kriminalitätskartierung – Produkt und Mittel neoliberalen Regierens, oder: Wenn falsche Abstraktionen durch die Macht der Karte praktisch wahr gemacht werden. In: *Geographische Zeitschrift*. H. 4, S. 192–212.
- BELINA, B. (2016): Predictive Policing. In: *Monatsschrift für Kriminologie und Strafrechtsreform*. H. 2, S. 85–100.
- BENBOUZID, B. (2015): From situational crime prevention to predictive policing. In: *Champ pénal/Penal field*, Vol. XII | 2015 Abrufbar unter: <http://champpenal.revues.org/9066>; DOI:10.4000/champpenal.9066 (letzter Zugriff am 1. Dez. 2016).
- BLACK, D. (2016): Here comes predictive policing. The next wave of crimefighting technology is being tested in New York City. In: *New York Daily News*, 24. Jan. 2016. Abrufbar unter: <http://www.nydailynews.com/opinion/david-black-predictive-policing-article-1.2506580> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- BORCHERS, D. (2014): Rheinischer Minority Report: Polizei NRW will mit Predictive Policing Einbrüche aufklären. In: *heise online*, 1. Juli 2014. Abrufbar unter: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Rheinischer-Minority-Report-Polizei-NRW-will-mit-Predictive-Policing-Einbrueche-aufklaeren-2243936.html> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- BORCHERS, D. (2015): Precrime per Predictive Policing: Das Internet der Dinge im Zeugenstand. In: *heise online*, 26. Feb. 2015. Abrufbar unter: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Precrime-per-Predictive-Policing-Das-Internet-der-Dinge-im-Zeugenstand-2559840.html> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- BRÜHL, J.; FUCHS, F. (2014): Gesucht: Einbrecher der Zukunft. In: *Süddeutsche Zeitung*, 14. Sept. 2014. Abrufbar unter: <http://www.sueddeutsche.de/digital/polizei-software-zur-vorhersage-von-verbrehen-gesucht-einbrecher-der-zukunft-1.2115086> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).

- CASADY, T. (2011): Police Legitimacy and Predictive Policing. In: *Geography and Public Safety*. H. 2/2011. S. 1–2.
- CHAN, J.; BENNETT-MOSES, L. (2016): Is Big Data challenging criminology? In: *Theoretical Criminology*. H. 1, S. 21–39.
- DSTGB / DEUTSCHER STÄDTE- UND GEMEINDEBUND / LANDSBERG, G. (2016): Position – Statement zur Sicherheit in Kommunen: Innere Sicherheit stärken – Radikalisierung nachhaltig bekämpfen. Berlin: Deutscher Städte- und Gemeindebund. 11. August 2016.
- FERGUSON, A. G. (2012): Predictive Policing and Reasonable Suspicion. In: *Emory Law Journal*. S. 259–325.
- FERGUSON, A. G. (2016): Policing Predictive Policing. In: *Washington University Law Review*. H. 5/2016 (im Erscheinen). Vorabdruck abrufbar unter: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2765525 (letzter Zugriff am 30. Sept. 2016)
- GLUBA, A. (2014): Predictive Policing – eine Bestandsaufnahme. Historie, theoretische Grundlagen, Anwendungsgebiete und Wirkung. Hannover: Landeskriminalamt Niedersachsen. Abrufbar unter: https://netzpolitik.org/wp-upload/LKA_NRW_Predictive_Policing.pdf (letzter Zugriff am 30. Sept. 2016).
- GLUBA, A. (2016): Mehr offene Fragen als Antworten. In: *Die Polizei*. H. 2, S. 53–57.
- GRÖNEMEYER, A. (2010): Wege der Sicherheitsgesellschaft. Transformationen der Konstruktion und Regulierung von Unsicherheiten. In: Grönemeyer, A. (Hg.): *Wege der Sicherheitsgesellschaft*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer Fachmedien. S. 7–19.
- HAMANN, S. (2016): So will die Polizei Einbrüche in NRW voraussagen. In: *RP online*, 18. Juli 2016. Abrufbar unter: <http://www.rp-online.de/nrw/panorama/predictive-policing-so-sagt-die-polizei-einbrueche-in-nrw-voraus-aid-1.6097807> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- HARD, G. (2008): Der Spatial Turn, von der Geographie her beobachtet, in: Döring, J.; Thielmann, T. (Hrsg.): *Spatial Turn. Das Raumparadigma in den Kultur- und Geisteswissenschaften*, Bielefeld. S. 263–315.
- HEDELT, P. (2016): Big Data Crime Prevention – ein wissenschaftlich fundiertes Verfahren? In: *Die Polizei*, H. 6/2016, S. 166–170.

- HUNOLD, D. (2015): Polizei im Revier. Polizeiliche Handlungspraxis gegenüber Jugendlichen in der multiethnischen Stadt. Berlin: Duncker & Humblot.
- HUNT, P.; SAUNDERS, J.; HOLLYWOOD, J. S. (2014): Evaluation of the Shreveport Predictive Policing Experiment. Santa Monica u. a.: RAND Corporation.
- KELLY, H. (2014): Police embracing tech that predicts crimes. In: CNN, 26. Mai 2014. Abrufbar unter: <http://edition.cnn.com/2012/07/09/tech/innovation/police-tech/> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- KREMPL, S. (2016): Kriminalitätsprognose: Berliner Polizei setzt auf Predictive Policing. In: heise online, 10. Aug. 2016. Abrufbar unter: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Kriminalitaetsprognose-Berliner-Polizei-setzt-auf-Predictive-Policing-3291880.html> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- KÜHL, S. (2012): Der Sudoku-Effekt. Hochschulen im Teufelskreis der Bürokratie. Eine Streitschrift. Bielefeld: transcript.
- LEIMBACH, T.; BACHLECHNER, D. (2014): Big Data in der Cloud. TA-Vorstudie. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- LIPPUNER, R.; LOSSAU, J. (2004): In der Raumfalle. Eine Kritik des spatial turn in den Sozialwissenschaften. In: Mein, G.; Rieger-Ladich, M. (Hg.): Soziale Räume und kulturelle Praktiken. Über den strategischen Gebrauch von Medien. Bielefeld: transcript. S. 47–63.
- LOBE, A. (2014): „Minority Report“ in Zürich. In: Tages-Anzeiger, 5. Dez. 2016. Abrufbar unter: <http://www.tagesanzeiger.ch/zuerich/stadt/Minority-Report-in-Zuerich/story/12692897> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- LYON, D. (2014): Surveillance, Snowden, and Big Data: Capacities, Consequences, Critique. In: Big Data & Society. 2014, S. 1–13.
- MANSEL, J. (2008): Ausländer unter Tatverdacht. Eine vergleichende Analyse von Einstellung und Anklageerhebung auf der Basis staatsanwaltlicher Ermittlungsakten. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. H. 60/2008. S. 551–578.
- MARTINI, M. (2014): Big Data als Herausforderung für den Persönlichkeitsschutz und das Datenschutzrecht. In: Das Deutsche Verwaltungsblatt. 23/2014. S. 1481–1489.

- MEINICKE, D. (2015): Big Data und Data-Mining: Automatisierte Strafverfolgung als neue Wunderwaffe der Verbrechensbekämpfung? In: Kommunikation und Recht. H. 6/2015. S. 377–384.
- MERZ, C. (2016): Predictive Policing –Polizeiliche Strafverfolgung in Zeiten von Big Data. ABIDA-Dossier | Januar 2016. Karlsruhe. Abrufbar unter: <http://www.abida.de/de/blog-item/predictive-policing-%E2%80%93-polizeiliche-strafverfolgung-zeiten-von-big-data> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- MOHRING, K.; POTT, A.; ROLFES, M. (2010): No-Go-Areas in Ostdeutschland. Zur Konstruktion unsicherer Räume durch die Massenmedien. In: Egner, H.; Pott, A. (Hg.): Geographische Risikoforschung. Zur Konstruktion verräumlichter Risiken und Sicherheiten, Stuttgart: Franz Steiner Verlag. S. 151–167.
- MURDOCK, J. (2016): Fighting crime with computers: Is predictive policing the future of law enforcement? In: International Business Times, 23. Juni 2016. Abrufbar unter: <http://www.ibtimes.co.uk/fighting-crime-computers-predictive-policing-future-law-enforcement-1567122> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- NIX, J. (2015): Predictive Policing. In: Dunham, R. G.; Alpert, G. P. (Hrsg.): Critical Issues in Policing. Long Grove: Waveland Press. S. 275–288.
- PERRY, W. L.; MCINNIS, B.; PRICE, C. C.; SMITH, S. C.; HOLLYWOOD, J. S. (2013): Predictive Policing. The Role of Crime Forecasting in Law Enforcement Operations. Santa Monica u. a.: RAND Corporation.
- POLANSKY, J.; FRADELLA, H. F. (2016): Does ‘Precrime’ Mesh with the Ideals of U.S. Justice? Implications for the Future of Predictive Policing. In: Cardozo Public Law, Policy & Ethics Journal. (im Erscheinen). Vorabdruck abrufbar unter: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2832365 (letzter Zugriff am 30. Sept. 2016).
- PORTER, T. M. (1995): Trust in Numbers: The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life. Princeton (New Jersey): Princeton University Press.
- RIDGEWAY, G. (2013): The Pitfalls of Prediction. In: NIJ Journal. Feb. 2013. S. 34–40.
- ROLFES, M. (2011): Rechtsextremismus und Raum – Über die Potenziale und Tücken eines räumlichen Blicks. In: Kopke, C. (Hg.): Die Grenzen der Toleranz. Rechtsextremes Milieu und demokratische Gesellschaft in Brandenburg. Bilanz und Perspektiven. Potsdam: Universitätsverlag. S. 129–149.

- ROLFES, M. (2015): Kriminalität, Sicherheit und Raum. Humangeographische Perspektiven der Sicherheits- und Kriminalitätsforschung. Stuttgart: Steiner.
- ROLFES, M.; WILHELM, J. L. (2014): Evaluationspraxis und Evaluationsforschung im Kontext der Stadt- und Regionalentwicklung. In: Böttcher, W. et al. (Hrsg.): Evaluation in Deutschland und Österreich. Stand und Entwicklungsperspektiven in den Arbeitsfeldern der DeGEval – Gesellschaft für Evaluation. Waxmann. Münster. S. 21–35.
- SACK, F. (2004): Wie die Kriminalpolitik dem Staat aufhilft. Governing through Crime als neue politische Strategie. In: Lautmann, R.; Klimke, D.; Sack, F. (Hrsg.): Punitivität, 8. Beiheft zum Kriminologischen Journal, Weinheim: Juventa. S. 30–50.
- SAUNDERS, J.; HUNT, P.; HOLLYWOOD, J. S. (2016): Predictions Put into Practice: A Quasi-experimental Evaluation of Chicago's Predictive Policing Pilot. In: Journal of Experimental Criminology. H. 12, S. 347–371.
- SCHMINCKE, I. (2009): Gefährliche Körper an gefährlichen Orten. Eine Studie zum Verhältnis von Körper, Raum und Marginalisierung. Bielefeld: Transcript. (Materialitäten, 9).
- SCHREIBER, V. (2014): Kriminalprävention: Neue Sicherheitsstrategien in der Stadt. In: Geographische Rundschau. H. 9, S. 16–23.
- SCHÜRSMANN, D. (2015): SKALA. Predictive Policing als praxisorientiertes Projekt der Polizei NRW. Präsentation zum Vortrag auf dem KI-Forum des Bundeskriminalamts am 24. Juni 2015. Abrufbar unter: <https://www.bka.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/ForumKI/ForumKI2015/kiforum2015SchuermannPositionspapier.html> (letzter Zugriff am 30. Sept. 2016).
- TITA, G. E.; GREENBAUM, R. T. (2009): Crime, Neighborhoods, and Units of Analysis: Putting Space in Its Place. In: Weisburd, D.; Bernasco, W.; Bruinsma, G. J. N. (Hrsg.): Putting Crime in its Place. Units of Analysis in Geographic Criminology. New York: Springer. S. 145–170.
- TÖPFER, E. (2008): Daten, Karten, Lagebilder. Mit dem „spatial turn“ in der Polizeiarbeit schreitet auch ihre Geoinformatisierung voran. In: Telepolis. Magazin der Netzkultur, 23.04.2008. <http://www.heise.de/tp/artikel/27/27741/1.html> (letzter Zugriff am 28. Sept. 2016).
- VORMBUSCH, U. (2012): Die Herrschaft der Zahlen. Zur Kalkulation des Sozialen in der kapitalistischen Moderne. Frankfurt/New York: Campus Verlag.

LAND-WATER MASKS: BASIS FOR AUTOMATED PRE- AND THEMATIC PROCESSING OF REMOTE SENSING DATA

Erik Borg, Bernd Fichtelmann

ABSTRACT

Earth observation data have become an outstanding basis for analyzing environmental aspects. The increasing availability of remote sensing data is accompanied by an increasing user demand. Within the scope of the COOPERNICUS-initiative, the automatic processing of remote sensing data is important for supplying value-added-information products. The use of additional data like land-water-masks in the context of deriving value-added information products can stabilize and improve the product quality of information products.

The authors of this contribution would like to discuss different automated processing algorithms which are based on land-water masks for value-added data interpretation. These developments were supported or accompanied by Prof. Hartmut Asche.

1 INTRODUCTION

Started in 2003 the Global Monitoring for Environment and Security (GMES) program is a political initiative to secure Europe with an autonomous and operational information production system in support to environment and security policies co-lead by the European Commission (EC) and the European Space Agency (ESA) (http://www.eurogeographics.org/sites/default/files/imported-files/documents/GMES_Newsletter_1.pdf). This initiative is aimed at the development and provision of substantial, accurate and stable geo-information services based on remote sensing data products and ancillary spatial data, e.g. in-situ-information. For that purpose, a range of current remote sensing technologies, including radar and multi-satellite systems, have been employed to establish a geographical database on environmental information. Many of the environmental parameters required can be detected by optical remote sensing systems only. In 2014, The European Parliament (EP) adopted the European Earth Observation program COPERNICUS to establish an European geo-information market for different environmental, economic, and safety-relevant aspects. In addition innovative information products and services using satellite-based remote sensing data are to be developed.

To supply stable and continuous services, satellite systems as well as ground segments (e.g. receiving stations), the near-real- and real-time processing of remote sensing data (automatic basis processors like e.g. geo-, atmosphere correction) are needed. The inclusion of additional sources of information (e.g. in-situ-monitoring networks) and the development of data assimilation models (e.g. biomass and erosion models) are necessary to derive sophisticated spatial information products fitted to the need of the user.

While the development of the satellite-supported space segment and ground segment has progressed forward, the development of automated processing algorithms and processing chains must be forced in order to deliver value added information products in for the user acceptable quantity, quality, and time.

The present trend in data acquisition by earth observation is forced by increasing requirements for actual and full-coverage information about state, change and development of the environment. This information is a substantial basis for understanding complex environmental systems with respect of decision and action scenarios. Realistic scenarios need quantitative information products combined with accuracy assessment.

Therefore proofed and reliable algorithms for deriving information products are needed for automatic processing systems.

The challenges for the development of automated, operational processors of remote sensing data are the great number of processing steps as e.g.

- » *calibration of sensor data,*
- » *geometric correction,*
- » *pre-classification of water, snow, ice, cloud and cloud shadow, atmospheric correction including topographic shadow correction and probably BRDF correction, and*
- » *finally the derivation of thematic parameter (e.g. leaf area index, land classification).*

The accuracy of each individual processing step should be assessed and included in the final product. But in many cases the automated thematic processing of remote sensing data is performed using pre-processed data

- » *missing some of the above mentioned steps or*
- » *showing inaccuracies with regard to the above mentioned steps.*

Therefore, the thematic product can show low accuracy with regard to e.g. the geo-location of each pixel, false pre-classification or inappropriate atmospheric correction.

In this overview we will demonstrate the improvement of remote sensing products applying static and dynamic land-water masks in automatic processing chains. Therefore, we give a short view how thematic products (e.g. quick look product “Chlorophyll Concentration in the Baltic Sea”) can be improved using land-water masks or the generation of a static land-water mask as additional decision criterion for data quality assessment. Second, we show the way how to classify water areas in geo-located, calibrated optical remote sensing data using a dynamic approach. Finally, we show how the geo-location can be improved for Landsat data using land-water masks.

2 AVAILABLE STATIC LAND-WATER MASKS

In our investigations the generation of a consistent global static land-water mask is based on the following data: CIA World-Map (Pape, last modified 2004), used in the first studies “Chlorophyll Concentration in the Baltic Sea” for generation of the quick look NRT (Near Real Time) product (Krawczyk et al., 1995) or data quality assessment of LANDSAT 7 data (Borg, 2007; Borg et al. 2012), than substituted by SRTM Water Body Data (SWDB; USGS, 2003), and GSHHS, released in 2011 (Wessel and Smith, 1996). Actually static land-water masks can be used to derive the fraction of water area for each data pixel in percentage if the resolution of image data is lower than the data of mask. The generation of a consistent static land-water mask is described in Fichtelmann et al., 2011 in more detail. For quality checks of our dynamic land-water masks we used additionally the Global Lakes and Wetlands Database (GLWD) (Lehner and Doell, 2004) and the Global 250 m Land Water Mask (MOD44W) (Carroll et al., 2009) as already described in Fichtelmann et al. (2014).

The supply of global information products increased in the last years. Examples for this statement are e.g. Hansen, 2013a and b. The quality of this land-water mask (Hansen_GFC) was examined against the SRTM mask for a selected region (Fichtelmann et al., 2015). Beside of small changes in the shoreline of lakes some smaller water bodies are included and also small islands in lakes. The main advantage consists in the fact that in contrast to the SRTM mask the high quality is also available beyond 60° N. The progress in development and use of such masks is primarily driven by e.g. the increasing availability of free remote sensing data (e.g. LANDSAT, SENTINEL).

Especially in the context of automated processing of remote sensing data, the inclusion of additional data in the value-adding process of remote sensing data gained importance in the past (Fichtelmann et al., 2011). A class of this global available thematic information layer is the group of the land water masks. In Table 1a number of free available land-water masks with their spatial characteristics are shown. These data can be integrated as additional information in the pre- and thematic processing of the value-adding of remote sensing data.

Land-Water-Mask	Data Basis	Region	Distribution size	Spatial Resolution
CIA World Data Bank II, created by the U.S. government in the 1980s	CIA World Data Bank II	Global	5 data files: Africa, Europe, Asia, North- and South America	< 100 m
SWBD (USGS, 2003)	SRTM	180° W - 180° E and between 60° S and 60° N	1 x 1 degree	< 30 m
GSHHS released in 2011 (Wessel and Smith, 1996)	CIA World Data Bank II, World Vector Shorelines	Global, lakes > 1 km used in fire_cci: region 60° N to 90° N	10 x 10 degrees	< 100 m
RANGS (Regionally Accessible Nested Global Shorelines) (Feistel, 1999)	GSHHS	Global	1 x 1 degree (developed to overcome disadvantages in use of GSHHS cells)	< 100 m
GLWD (Global Lakes and Wetlands Database) (Lehner and Doell, 2004)	masks of different sources	Global	3 layers: 1. polygons of 3067 lakes (area ≥ 50 km ²) + 654 reservoirs (storage capacity ≥ 0.5 km ³) worldwide 10 m, 2. polygons of lakes (area ≥ 0.1 km ²), 3. Global raster map: resolution 30"	30 m
MOD44W (Carroll et al., 2009)	SWBD, MODIS 250 m, mosaic of Antarctica	Global	(16-20) x 12 degrees	250 m
Hansen_GFC (Hansen et al., 2013, a and b)	LANDSAT 7	180° W - 180° E and between 80° N - 60° S	10 x 10 degrees	30 m
GIW 2000 (Feng et al., 2015)	LANDSAT 7	Global	global notation system for Landsat data with path and row, 8756 subsets	30 m

Table 1: Different free available land-water masks with their specifics are listed (Lehner and Doell, 2004, modified and complemented by Borg et al., 2016).

3 THE USE OF STATIC LAND-WATER MASK AS ADDITIONAL DATA IN AUTOMATIC PROCESSING

3.1 Monitoring of the chlorophyll concentration

An example for an automated quick look processor “Chlorophyll Concentration in the Baltic Sea” is given in the following. The thematic product is based on the data of the space borne imaging spectrometer Modular Optoelectronic Scanner (MOS) on board of the Indian Remote Sensing Satellite IRS-P3 (launched on March 21st 1996). The automatic processing chain was started in 1998. The aim was the production of results directly after data receiving (Near Real Time) and their publication via Internet as well as appropriate users (Wolff et al., 1998). Figure 1c shows an example of such a delivered product. The typical situation of the chlorophyll concentration in the Baltic Sea looks reasonable (low concentration in the northern part and higher concentration south of Sweden) as well as the range of concentration.

Figure 1a and b show the CIA land-water mask for the Baltic region. Its use in generation of quick-look-products would deliver inconsistent information products. The deficits shown in figure 1 a and b were resulting from missing information “water” for lakes, “land” for islands, and an unprecise water distribution along the coast line of the Baltic Sea.

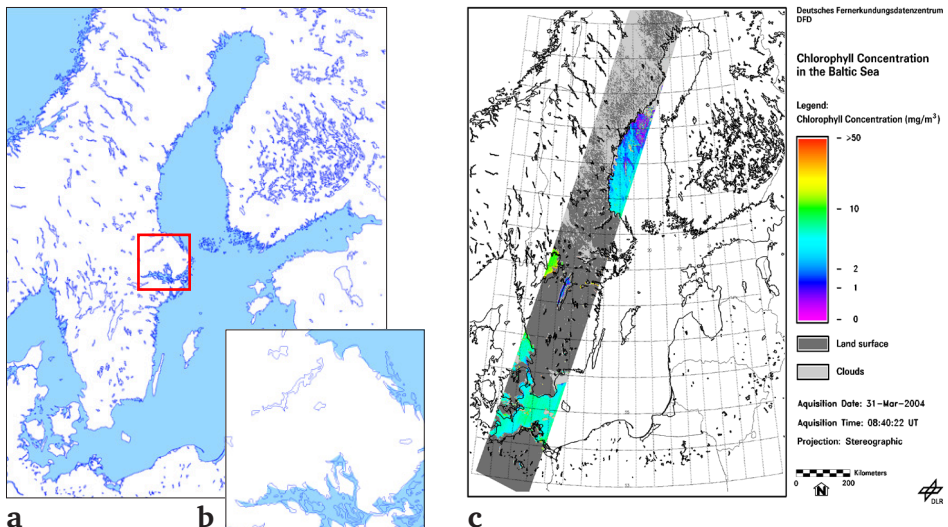


Figure 1: Precise land-water-mask (a). The section shows details of the map around Stockholm (b). Quick-look product of a MAPP product based on MERIS data (with kind permission of Birgit Gerasch) (c).

Therefore, the shown application is a sample for only using the shoreline information of the CIA world map data (available in IDL software) and the corresponding land-water distribution was not used. The information “land surface” marked with dark grey is based on the classification algorithm applied to the MOS data.

The further product development in the context of the “MERIS Application and Regional Products Project” (MAPP, funded by the BMBF) was aimed at making land-water information available for products of higher quality. Efforts have been made to eliminate the listed deficits above (Krawczyk and Neumann, 2010). Figure 2c demonstrates an example of a chlorophyll product which is based on a land-water-mask (Figure 2a).

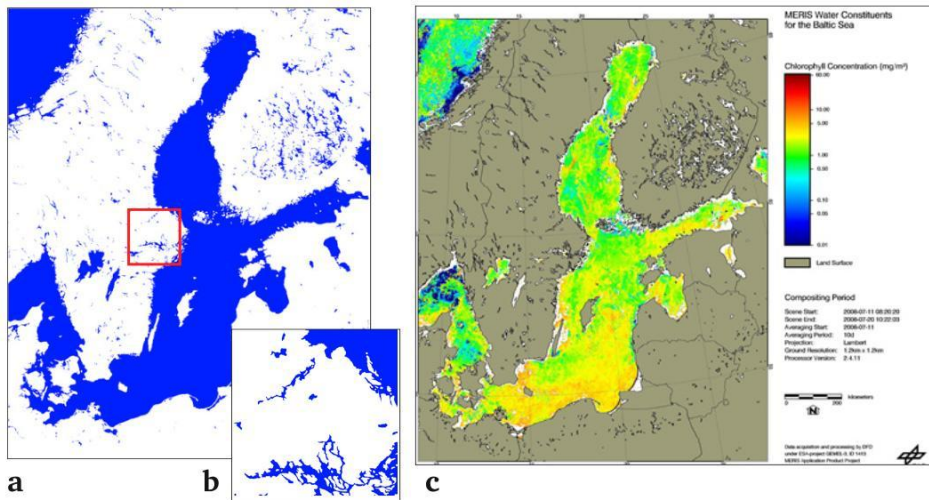


Figure 2: Land-water-mask of limited quality (a). The section shows details of the map around Stockholm (b). Quick-look product “Chlorophyll Concentration in the Baltic Sea” based on MOS data (c).

The resulting static land-water can be seen in Figure 2a and b. The static land pixels are marked with gray colour (Figure 2c). Masks are also produced for further MAPP product regions like North Sea, Europe and Lake Constance.

3.2 Complementary Data for the Data Usability Assessment

The interactive processing of remote sensing data is time consuming and cost expensive. Therefore interactive evaluation can only concentrate upon unclouded to in maximum moderately clouded data. The analysis of all available data (e.g. time series) requires the development and application of automatic processors and operational processing chains.

But for interactive as well as automatic data processing an exact knowledge of the data quality is important. The quality parameter of optical remote sensing data can directly be derived from a given dataset. It can either be expressed in terms of the cloud cover index or the data usability index. The data usability processor for LANDSAT 7/ETM+ optical remote sensing data (Borg et al., 2013) can be integrated in an automated value added processing chain.

By applying an algorithm for transforming land-water masks into satellite-projection by using the corner coordinates an additional information layer with land-water information is added to the remote sensing data so that: i) the sensitivity of a haze-cloud detection algorithm can be controlled according to the underlying class “land” or “water” and ii) the data quality assessment can be controlled according to the land-water distribution.

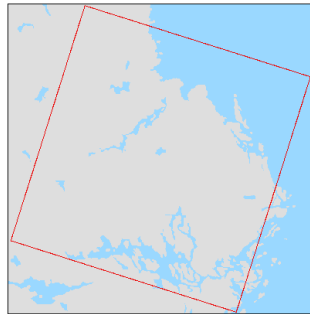


Figure 3: Sample of an automated generation of map with land-water mask for Landsat 7 ETM+ -data on basis of the available corner coordinates of metadata.

Based on CIA World map data (available in IDL) and a map generation algorithm we generate for each remote sensing data set a land-water mask (Figure 3) and finally, by using an inverse geo-rectification a land-water mask as additional layer to the image data. The computed water-mask is shown on top left of the quality assessment product (Figure 4). Beside the information to the data set, the quick-look representation on the right site, the geographical information about the received pass, the processed scenes and the scene immediately in the processing on the bottom left, the information about the data quality (data usability) is shown for the four assessment segments. The cloud mask is plotted on

the suitable RGB-representation of the scene. Beside this, the processing time of 27 seconds required for computing of the scene is shown.

In principle, the procedure which was developed for the fast automatic quality assessment of Landsat-data can be applied for other data. For this, the algorithm as well as the surface for presenting and control of the results were generalized, while, e.g., a varying data size, like with ALOS with tilteable sensor, was implemented.

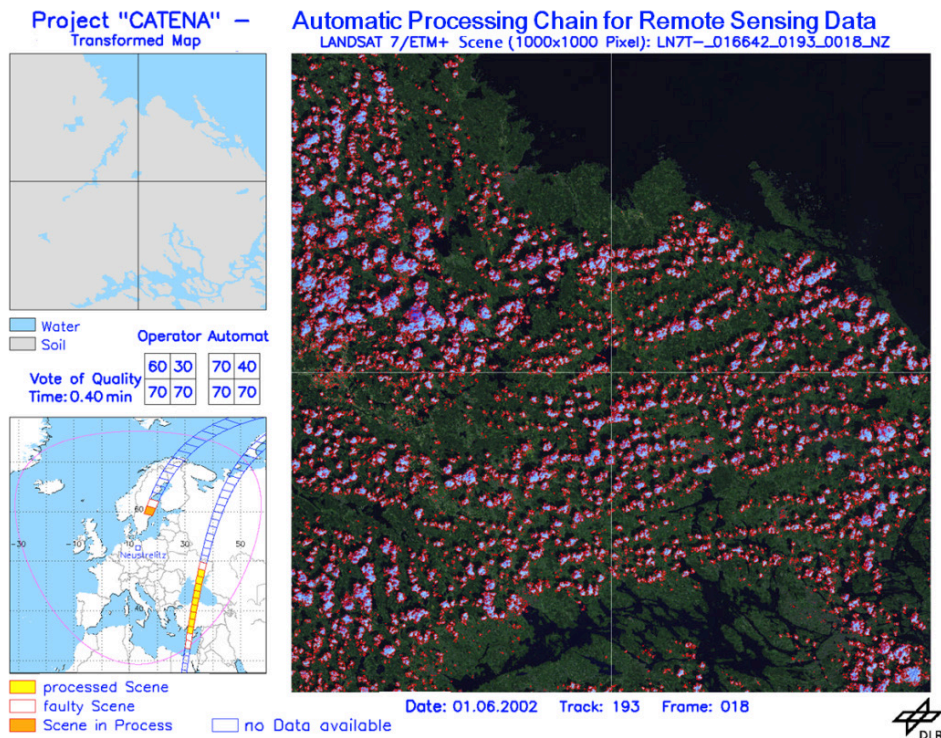


Figure 4: Sample of a result of an automated cloud detection and data usability assessment for Landsat 7 ETM+ -data. The static land-water mask in the upper left shows the result of inverse geo-rectification of the region covered by a Landsat data set in the region of Stockholm shown in Figure 3.

3.3 Improving geo-location applying land-water masks

A further example of the use of land water masks for pre-processing of remote sensing data is the geo-referencing. In principle there exist a number of different geo-referencing methods. A survey of available technologies is given by (Brown, 1992, Zitova & Flusser, 2003, Toutin, 2004, Saxena & Singh, 2014). One of these proposed technologies is the feature-based matching or geo-referencing method (Li, 1988). A precondition for this method is a reference basis like an ortho- or geo-rectified map

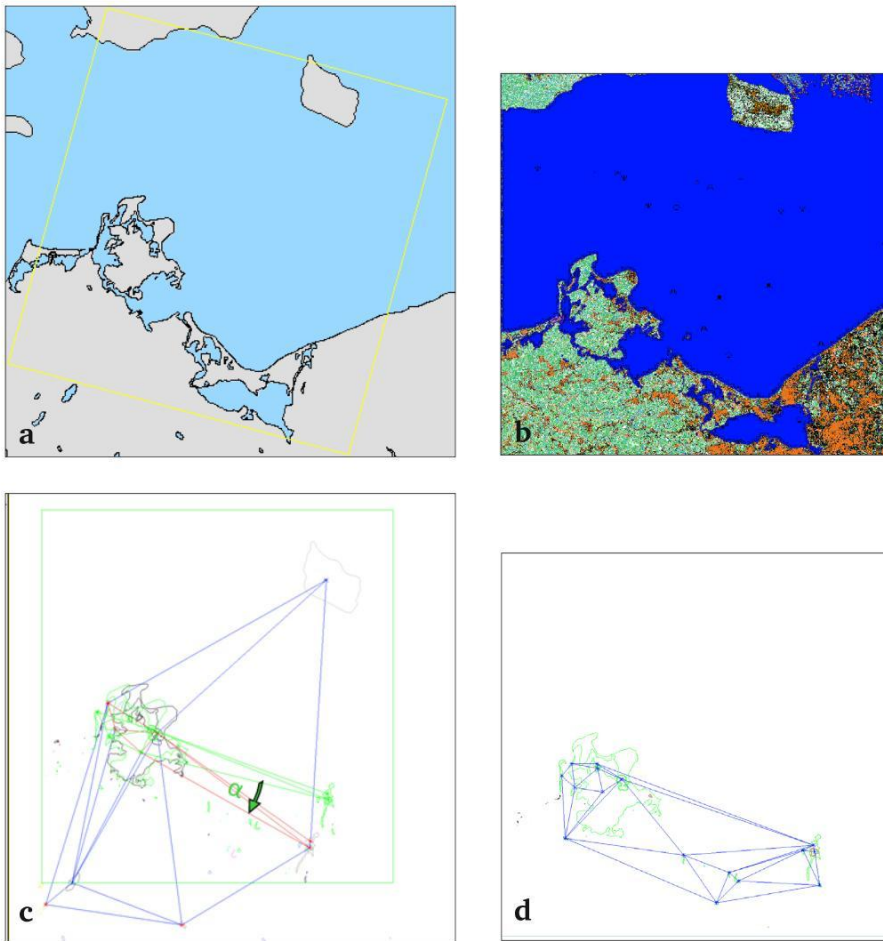


Figure 5: Geo-referencing of classified LANDSAT 7 quick-look (b) based on CIA land-water mask (a). The contours of usable objects, centroids and graph network (blue) are shown in c) and d). In c) is added the graph network of identified reference objects (red) and additionally image objects of d) are included after shift with dx and dy (green). A determination of rotation angle α is shown. After rotation of the green line the corresponding red marked line of reference is superimposed as well as the shoreline of objects. The determination of the centroid object coordinates, of shift and rotation is described in Fichtelmann and Borg (2015).

A pre-condition for this method is on one side a reference basis like an ortho- or geo-rectified map and on other side identifiable stable landscape objects, like, e.g., lakes. Holm (1991) proposed for the matching of remote sensing data the centers of gravity of patches as ground control points (GCPs). However, it can be that in spite of an available exact geo-referencing basis the geo-referencing of remote sensing data can be difficult or impossible. The reasons for it can be, e.g., that in the case of cloudy scenes the probability of obscuring of usable patches for the geo-correction by clouds is high. However, if the patches can be used, position accuracy in the sub-pixel range in the reference and the image can be achieved. In the case that the pixel resolution of the image with respect to the reference becomes smaller, the probability increases that the GCPs cannot be identified in the image.

Therefore, at least relatively stable landscape objects as e.g. water bodies with relatively well known reflectance characteristics in space and time should be used for the following studies.

At first is assumed that each pixel of map (reference) has the same size as the image pixel allowing an equal-area imaging and topographic effects are not considered. Second, structure information in both data sets must be identified and characterized to link corresponding objects available in remote sensing as well in reference data. In the end, a relation (affine transformation) must be derived between remote sensing and reference data.

In the reference map of our demonstration example (Figure 5a) as well as in the classified image data (Figure 5b) different islands e.g. Ruegen (largest island of Germany, center), Bornholm (Island of Denmark, upper right) are shown as potentially referencing objects.

The processor i) classifies the remote sensing data (water and no-water objects), ii.) eliminates small objects (e.g. < 50 pixels) or having contact to image border (e.g. Bornholm) or clouds, iii) sorts remaining objects based on size, iv) labels them with an identification number (ID), v) determinates shoreline of selected objects, and vi) computes centroids of objects. Additionally a graph network will be constructed automatically using centroids as nodes. Only the network part of directly neighboring objects is marked by blue lines (as crossing-free triangles) in Figure 5c and 5d. The complete data set of graphs is stored in a matrix. The relations of graph network (graph characterized by magnitude and direction) are a characteristic structure which permits the match of constructed graph network of image and reference data.

Further, when using satellite data as segment of a path or using for example classified data based on it as shown in Figure 5b, then a shift from image line to image line has to be calculated. The preparation is necessary because the earth rotates when the satellite is flying over. This assumes that the latitude of corner coordinates of the scene is known within a limit of some pixels. All preliminary pixel coordinates can if not available, calculated on basis of the available cor-

ner coordinates, the equations for distances, angles on surface of a sphere and transformations of the spherical coordinate system can be used (Bronstein et al., 2000, 2001). The shift in longitude (caused by rotation) of the nadir point on the small circle of the corresponding geographic latitude can be transformed in a metric distance and at least in a pixel distance which can be used as shift from image line to image line.

In the second experiment a 1400 x 1400 pixel segment of a classified LANDSAT 7 (available in ETM_FAST_L7A format) scene from the 14th August 2000 was used as reference (Figure 6a) and a smaller 1000 x 1000 segment of a classification of a scene from 17th May 2000 was used as image (Figure 6b). On basis of the water bodies of this two images (the larger one is the reference) the same procedure can run as shown in the example before: construction of graph networks based on centroids of usable objects, usable objects are linked with an ID number (the search was limited to 80 image objects), shift and rotation for the affine transformation are determined. Image objects characterized by a threshold of distance to reference object >1 pixel units will be eliminated. For 29 remaining objects of this example the transformation parameters were iterative varied, until the sum of all deviations (distances) has reached a minimum. For example, from the number of remaining objects a Root Mean Square Error ($RMSE_{xy}$) in the order of 0.39 pixel units can be determined as possible quality measure for allocation.

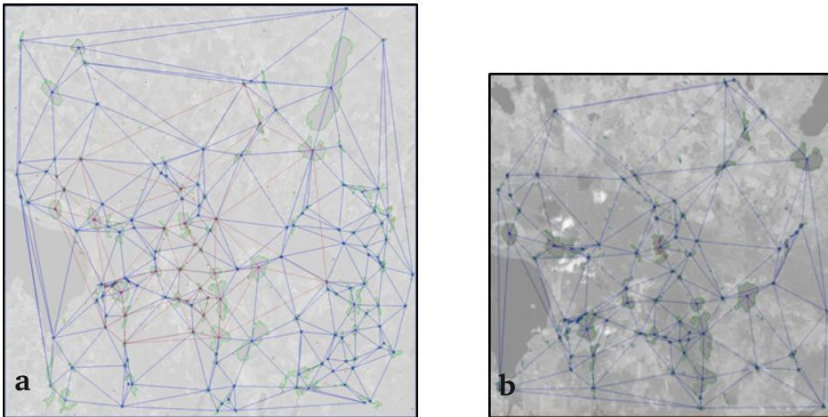


Figure 6: Constructed graph network based on the centroids of identified landscape objects (e.g. water objects-nodes) in reference (left) and image data to be geo-referenced (right) without crossing of graphs showing band 4 data in the background. The contours of usable objects are green marked. The graph network of identified objects with a distance <1 pixel is red marked in the reference (a).

In the third experiment we used the classified water objects and identified islands of 5 LANDSAT 7 scenes of the acquisition period 2000 as images and a map of the corresponding region in the Northeast of Germany with the CIA land-water mask. Figure 7a shows shifts in the overlay of contours of the objects of a section of these five scenes in different colors when using the available geographic coordinates and Figure 7b demonstrates the reduced shifts in the overlay of the same contours after geo-correction using the graph network as described before. In our experiment shifts (in y and y-direction) by 5 pixels could be observed between the different scenes. Further investigations for the determination of the quality are necessary.

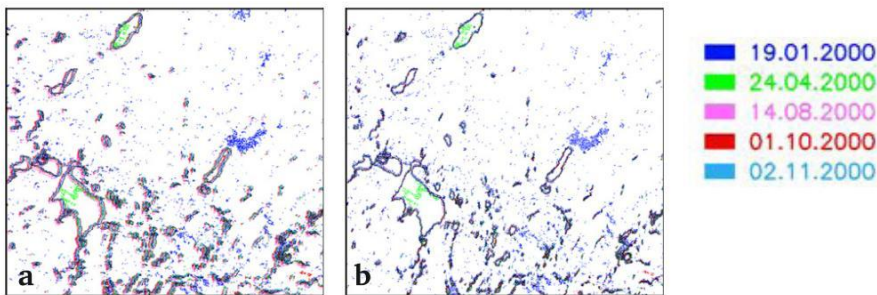


Figure 7: Multi-temporal contours of detected object (regional section of 5 LANDSAT scenes: acquisition period 2000). a) comparison based on corner coordinates, b) based on transformation parameters derived by proposed geo-referencing method.

3.4 Improving pre-processed products by generating dynamic land-water mask

The aim of classification is the assignment of each image pixel to a particular class with very specific properties, in case of vegetation (e.g. in agriculture) with changing specific conditions. In case of clear weather conditions (quality assessment of data) corresponding results can have a very good quality. As one example Hansen et al. (2013a and b) use for their Global Maps of Forest Cover Change more than six hundred thousand Landsat 7 images of growing season. As part of pre-processing a cloud/shadow/ water screening and quality assessment (QA) was performed to get a “stack of QA layers used to create a per-pixel set of cloud-free image observations” and at least time series of global forest cover from 2000 to 2012 (under this perspective a thematic data evaluation including tree cover loss and gain year by year).

For the global forest product only pixel of sufficient quality are used. In case of other products, e.g. burned area detection as part of the ESA-CCI Fire Disturbance Project (ESA) it was necessary on one side to (re)process all MERIS,

(A)ATSR and SPOT-VGT data and on other side to prevent that other dark objects as water or cloud shadow are not included as burned area in the calculations to minimize errors in their detection. But the precise global detection of water bodies itself is a complex task. As already mentioned in Fichtelmann and Borg (2012) and Fichtelmann et al. (2015) remote sensing data are connected with changing atmospheric conditions as haze, aerosol and cloud but also due to the surface roughness of water bodies. Additionally, different components as chlorophyll, yellow substance or suspended sediments influence the spectral characteristics of water bodies, e.g. the continuous decrease of reflectance from the blue to the red part of the spectrum.

The used static land-water masks do not describe the dynamic behavior of the global water body. For that case a Dynamic Self-Learning Evaluation Method (DySLEM) was developed for AATSR (Fichtelmann and Borg, 2012), MERIS-FR(S), MERIS-RR (Fichtelmann et al., 2014), and for SPOT VEGETATION (SPOT-VGT) data (Fichtelmann et al., 2015). The method can be applied on a global scale but the learning algorithm itself is performed on a regional scale by subdividing the input-data set in subsets.

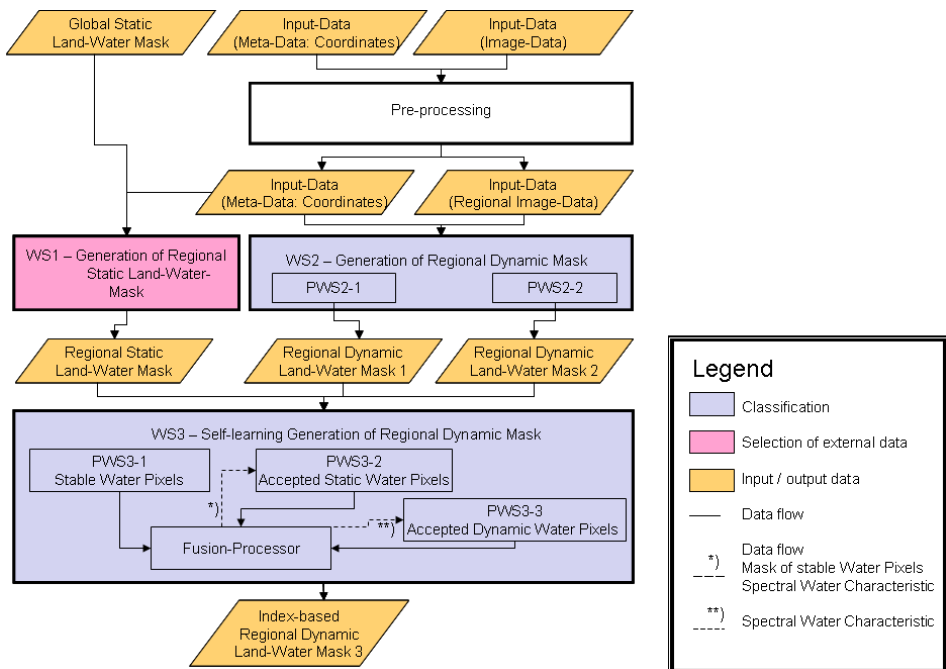


Figure 8: Structure of the processing chain of the DySLEM-processor (Fichtelmann and Borg, 2012).

The operational processing of the dynamic land-water mask includes three processing steps WS as schematic shown in Figure 8.

The working step WS1 generates a regional static land-water mask for the coverage of the input data by using a global static land-water masks as SRTM or/and GSHHS. The result is a raster layer showing the fraction of water area per pixel. All pixels with a fraction of water area above a pre-defined threshold are used later as “static candidates” for water.

The working step WS2 includes two spectral sub-processors for classification of pixels as “dynamic candidates” for water. The aim is to eliminate as many pixels as possible as “non-water” and the result is are two masks of “dynamic candidates” for water.

The task of the third working step WS3 is the fusion of the land-water masks processed in the steps before. The first sub-processor PWS3-1 determines the intersection of the “static” and “dynamic candidates” for water to get “reliable water pixels”. Corresponding water pixels are signed in the final mask as “stable water pixels” and excluded from further classification. The sub-processor PWS3-2 uses the mean spectrum of the “stable water pixels” (on regional level, subset of image) to test if the spectra of all remaining pixels are similar to the mean spectrum. In case of similarity within a limit “static candidate” pixels will be accepted and labelled in the resulting mask. All non-accepted static water pixels are excluded from the further processing and not included in the resulting mask. These first two sub-processors may be referred to as quality control of the static mask.

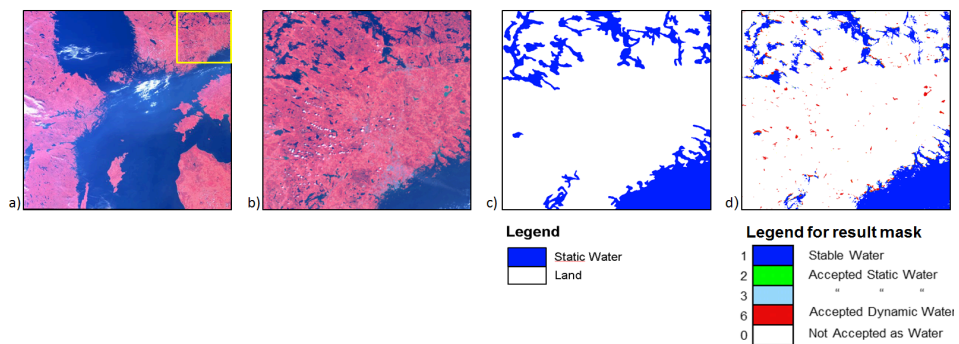


Figure 9: RGB-image (bands 15, 6 and 2) of MERIS-FR(S) data from 14th June 2006 (a) and a subset marked in the upper right (b), static land-water mask based on GSHHS data with $\geq 10\%$ fraction of water of image pixel (c) land dynamic land-water mask of the method DySLEM (d).

Pixel candidates which are accepted as water by the processor WS2 and not accepted by sub-processor PWS3-1 will be checked again by the sub-processor PWS3-3. Pixels which are defined by processor PWS3-3 according to spectral features will be masked as “accepted dynamic water” and labelled in the final regional dynamic land-water mask.

In Figure 9 is shown the result of DySLEM for a MERIS-FR(S) subset (Figure 9b) with Finland and Baltic Sea. Figure 9c shows the static land-water mask on basis of the GSHHS static land-water mask. The resulting dynamic land-water mask

in Figure 9d shows the dynamic land-water mask, at least the corrected static land-water mask of Figure 9c. The coastline shows more details, additional islands and new water bodies (red marked “accepted dynamic water”) and the shape of many water bodies was changed. Already a simple comparison with the original data shows a much better coincidence of the corresponding water bodies. In other examples DySLEM can identify water bodies below dust and thin clouds (with a little bit lower confidence), corrects a shift of water bodies between static mask and data or correct in the dynamic land-water mask the disappearance of a water body available in the static land-water mask.

4 CONCLUSIONS

The increasing number of available remote sensing missions, sensors, and data, the increasing power of receiving and computation infrastructure, and increasing number of developed automated algorithms, processing chains and value-adding tools for remote sensing data offer the possibility, to fulfil the demands of a regional or global monitoring for environmental as well as security applications.

With respect to the automated processing of optical remote sensing data to value-added information products different pre-processing steps (as e.g. geo-referencing, land-water masking) can be optimized by integrating additional information like land-water masks. But also for the atmosphere correction (a further pre-processing step), the land-water mask can be helpful in a pre-classification step and to identify dark objects used to estimate the aerosol concentration (e.g. Holzer-Popp et al., 2002).

Further operational applications are possible to support value-added processing steps like object identification (e.g. clouds, ice) in optical data or for the identification of burnt surfaces. The classification of these areas can be complicated because soot-blackened objects can have in the visible light a similar appearance as for example cloud shaded areas, water surfaces or mixing pixels with a water land distribution. The identification of water- and land-water-mixing pixel on the basis of land-water masks in the approach of an automatic classification of burnt regions is therefore a possibility to minimize the risk of a false classification of image pixels.

ACKNOWLEDGEMENTS

Dear Hartmut, thank you for your interest in our works all the years and thank you for your kindly support, and the time which we might spend with you by constructive discussions. It was always a pleasure to work together with you. Thank you!

Additional, the developments shown and discussed in our paper were made possible by Drs. Beruti, Pitella and Biasutti (all of European Space Agency) for the provision of test data, constructive discussions, and interest shown in our investigations. And our results were made possible by ESA CCI ECV Fire Disturbance project (fire_cci), N°4000101779/10/I-LG. The authors would like to acknowledge the use of the following free datasets:

USGS for providing the SRTM Water Body Data (SWBD), version 2.1

NOAA National Geophysical Data Center (NGDC) for providing the GSHHS data (A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database).

We thank our retired colleague, Dr. Kurt P. Günther, for fruitful discussions about the design of operational processing chains and for his critical comments.

LITERATURE

- BORG, E. (2007): Entwicklung und Anwendung eines automatischen Prozessors zur Erfassung der Wolkenbedeckung und Datennutzbarkeit am Beispiel von LANDSAT 7/ETM+-Daten. Dissertation, Universität Potsdam, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Geofernerkundung, Geoinformatik und Kartographie, Potsdam. p. 147.
- BORG, E.; FICHTELMANN, B.; ASCHE, H. (2012): Cloud Classification in JPEG-compressed Remote Sensing Data (LANDSAT 7/ETM+). In: B. Murgante et al. (Eds.): 12th International Conference, Salvador de Bahia, Brazil, June 18–21, 2012 Proceedings, Part II, LNCS 7334, Springer, Heidelberg (ISBN 978-3-642-31074-4. ISSN 0302-9743, DOI:10.1007/978-3-642-31075-1_26), pp. 347–357.
- BORG, E.; FICHTELMANN, B. AND ASCHE, H. (2013): Data Usability Processor for Optical Remote Sensing Imagery: Design and Implementation into an Automated Processing Chain. In: Murgante, B.; Gervasi, O.; Iglesias, A. Tainar; D. & B. Apduhan, Eds., 13th International conference on computational science and its applications (ICCSA 2013). Lecture Notes in Computer Science. Springer: Berlin-Heidelberg, pp. 635–651.
- BORG, E.; FICHTELMANN, B. AND GUENTHER, K. P. (2016): Dynamic self-learning water-masking algorithm for AATSR, MERIS, and SPOT VEGETATION (in press).
- BRONSTEIN, I. N.; SEMENDJAJEW, K. A.; MUSIOL, G.; MUEBIG, H. (2000, 2001): Taschenbuch der Mathematik, Verlag Harri Deutsch, Thun u. Frankfurt a. M.
- BROWN, L. G. (1992): A survey of image registration techniques. *ACM Computing Surveys*, 24, 4, pp. 325–376.
- CARROLL, M. L.; TOWNSHEND, J. R.; DIMICELI, C. M.; NOOJIPADY, P. AND SOHLBERG, R. A. (2009): A new global raster water mask at 250 m resolution, *Int. J. of Digital Earth*, Vol. 2, No. 4, pp. 291–308.
- FEISTEL, R. (1999): New shoreline map-drawing data available, *Eos Trans. AGU*, Vol. 80, No. 22, p. 249, DOI:10.1029/99EO00188.
- FENG, M.; SEXTON, J. O.; CHANNAN, S. AND TOWNSHEND, J. R. (2015): A global, high-resolution (30 m) inland water body dataset for 2000: first results

- of a topographic–spectral classification algorithm, *Int. J. of Digital Earth*, Vol. 9, No. 2, pp. 1–21.
- FICHTELMANN, B.; BORG, E.; GÜNTHER, A.; GUDER, H.-G., REIMER, R.; WOLFF, E., DAMEROW, H. (2001): Chlorophyll Map of the Baltic Sea – The Results of an automatic processing chain from data reception up to archiving and delivery of value-added products. Abstract Book (Eds. Bruzzone, L.; Smith, P.), European Commission – Joint Research Centre – Special Publications I.O1.122, p. 50.
- FICHTELMANN, B.; BORG, E. AND KRIEGEL, M. (2011): Verfahren zur operationellen Bereitstellung von Zusatzdaten für die automatische Fernerkundungsdatenverarbeitung, *Angewandte Geoinformatik 2011*, (Eds.: Strobl, Blaschke, Griesebner), 23. AGIT Symposium, Salzburg, pp. 12–20.
- FICHTELMANN, B.; BORG, E. AND GUENTHER, K. P. (2014): Adaption of a Self-learning Algorithm for Dynamic Classification of Water Bodies to MERIS Data, *Proceedings of Computational Science and its Applications, ICCSA 2014, Part I, LNCS 8579*, Springer International Publishing Switzerland 2014, pp. 376–392.
- FICHTELMANN, B. AND BORG, E. (2012): A new Self-learning Algorithm for Dynamic Classification of Water Bodies, *Proceedings of Computational Science and its Applications – ICCSA 2012, Part III, LNCS 7335*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, pp. 457–470.
- FICHTELMANN, B. AND BORG, E. (2015): A new approach of geo-rectification for time series satellite data based on a graph-network, *Proceedings of Computational Science and its Applications – ICCSA 2015, Part IV, LNCS 9158*, Springer International Publishing Switzerland 2015, pp. 217–232.
- FICHTELMANN, B.; GUENTHER, K. P. AND BORG, E. (2015): Adaption of a Self-Learning Algorithm for Dynamic Classification of Water Bodies to SPOT VEGETATION Data, *Proceedings of Computational Science and its Applications – ICCSA 2015, Part IV, LNCS 9158*, Springer International Publishing Switzerland 2015, pp. 177–192.
- GMES:http://www.eurogeographics.org/sites/default/files/imported-files/documents/GMES_Newsletter_1.pdf.
- GUENTHER, K. P.; NEUMANN, A.; GEGER, P.; DOERFFER, R.; FISCHER, J.; BROCKMANN, C.: (2002) MERIS – Value added – products for land-, water and

- atmospheric applications. In: Tagungsband 19. DFD-Nutzerseminar, 15.–16. Oktober 2002, S. Dech et al. (EDS.), pp. 37–51, 2002.
- GUENTHER, K. P.; KRAUSS, T.; RICHTER, R.; MÜLLER, R.; FICHTELMANN, B.; BORG, E.; BACHMANN, M.; WURM, M.; GSTAIGER, V. AND MÜLLER, A.: (2012): Operational pre-processing of MERIS, (A)ATSR and VEGETATION data for the ESA-CCI project “Fire-Disturbance”, EGU General Assembly, 22.–27. April 2012, Vienna, Austria.
- HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O. AND TOWNSHEND, J. R. G. (2013a): High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change, *Science*, Vol. 342, pp. 850–853.
- HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O. AND TOWNSHEND, J. R. G. (2013b): Supplementary Materials for ‘High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change’, <http://sciencemag.org/content/342/6160/850/suppl/DC1> (Accessed 11. October 2016).
- HOLM, M.; Towards automatic rectification of satellite images using feature based matching *IEEE Xplore*, pp. 2439–2442. (<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=575537>)
- HOLZER-POPP, T.; BITTNER, M.; BORG, E.; DECH, S.; ERBERTSEDER, T.; FICHTELMANN, B.; SCHROEDTER, M. (2002): Process for correcting atmospheric influences in multispectral optical remote sensing. UP 6,484,099 B1.
- KRAWCZYK, H.; NEUMANN, A.; WALZEL, TH.; HETSCHER, M. AND SIEGEL, H. (1996): Application of a multispectral interpretation algorithm to remote sensing data over the Baltic Sea, *SPIE* 2963, pp. 234–239.
- LEHNER, B. AND DOELL, P. (2004): Development and validation of a global database of lakes, reservoirs, and wetlands, *Journal of Hydrology*, Vol. 296, pp. 1–22.
- LI, M. (1988): High Precision Relative Orientation Using the Feature Based Matching Techniques, *International Archives for photogrammetry and Remote Sensing Kyoto*, 1988, Vol. 27, commission 111, pp. 456–465.

- NEUMANN, A.; KRAWCZYK, H.; BORG, E.; FICHELTMANN, B. (2004): Towards Operational Monitoring of the Baltic Sea by Remote Sensing. In: Managing the Baltic Sea, (EDS. Schernewski, G. & Löser, N.) Coastline Reports, 2, EUCC, pp. 211–218.
- PADILLA, M.; OLIVA, P. AND CHUVIECO, E. (2012): ESA CCI ECV Fire Disturbance (fire_cci) (1012), N° 4000101779/10/I-LG.
- PAPE, D. (last modified 2004): CIA World DataBank II, <http://www.evl.uic.edu/pape/data/WDB/> (Accessed 04. October 2016).
- SAXENA, S.; SINGH, R. K. (2014): A survey of recent and classical image registration methods. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. 7, 4, pp. 167–176.
- TOUTIN, T. (2004): Geometric processing of remote sensing images: Models, algorithms and methods. Int. J. Remote Sensing, 25, 10, pp. 1893–1924.
- USGS (2003): Documentation for the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Water Body Data Files, http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SWBD/SWBD_Documentation/Readme_SRTM_Water_Body_Data.pdf (Accessed 04. October 2016).
- WESSEL, P. AND SMITH, W. H. F. (1996): A global, self-consistent, hierarchical, high-resolution shoreline database, J. Geophys. Res., Vol. 101 (B4), pp. 8741–8743.
- WOLFF, E.; REIMER, R.; BORG, E.; GÜNTHER, A.; BARUTH, B.; FICHELTMANN, B.; PREUSS, H. (1998): Bereitstellung einer operationellen Chlorophyllkarte für die Ostsee, ZPF, Vol. 66, No. 5–6, pp. 146–156, 1998.
- ZITOVA, B., J. FLUSSER, J. (2003): Image registration methods: A survey, Image and Vision Computing, Vol. 21, pp. 977–1000.

VERMESSUNG IM SONNENSYSTEM: KARTOGRAFIE VON PLANETEN, MONDEN UND KLEINEN KÖRPERN

Ralf Jaumann, Andrea Naß, Marlene Bamberg

ZUSAMMENFASSUNG

Die bisherigen Missionen ins Sonnensystem lieferten eine enorme Fülle an Daten in unterschiedlichen Formaten und in Form von Bildern und digitalen Messergebnissen. Die Oberflächenprozesse der planetaren Körper, die mit Hilfe dieser Daten erforscht werden können, sind äußerst vielfältig und reichen von Einschlagskratern über Vulkanismus und Tektonik zu allen Formen der Erosion und Sedimentation. Um diese Prozesse verstehen zu können werden Verfahren angewendet, die für die Datenanalyse auf der Erde entwickelt wurden. Allerdings ist es notwendig all diese Verfahren zum Teil mit erheblichem Aufwand und unter Berücksichtigung der jeweiligen physikalischen Rahmenbedingungen anzupassen. Die Entwicklung kartographischer Verfahren zur Abstraktion der hier angesprochenen Informationen, also die Erfassung, geomorphologische Analyse und Visualisierung planetarer Oberflächen und Prozesse, hat jedoch gerade erst begonnen. Um diese Entwicklungen voranzutreiben, hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Kooperation mit der Universität Potsdam (Institut für Geographie, Fachgruppe Geoinformatik, Prof. Dr. Asche), im Rahmen von Dissertationen und Forschungsvorhaben, in einem ersten Schritt kartographische Analyseverfahren für den Mars und die Asteroiden Ceres und Vesta entwickelt.

1 EINLEITUNG

Nach einem halben Jahrhundert Weltraumfahrt haben wir einen guten Überblick über die Körper in unserem Sonnensystem und inzwischen auch eine relativ gute bildliche Erfassung von deren Oberflächen. Die genaue Erfassung und Vermessung hochaufgelöster planetarer Daten, die wiederum eine detaillierte kartographische Visualisierung ermöglicht und sich dabei auf moderne, computergestützte Methoden stützt, hat allerdings gerade erst begonnen.

Begibt man sich in die Welt der Astronomie, so ist es kaum verwunderlich, dass vor noch nicht allzu langer Zeit Beobachtungen am Firmament als eine philosophische Wissenschaft betrachtet wurden. Derart gewaltig sind die Dimensionen von Zeit und Raum, dass etwas Philosophie auf naturwissenschaftlichem Terrain nicht von Schaden sein konnte. Es ist daher kein Zufall, dass die ersten bedeutenden Interpretationen zu Ursprung und Werden unserer unmittelbaren kosmischen Nachbarschaft, von einem Philosophen stammen: Immanuel Kant. Er formulierte 1755 in seiner *Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (Kant 1755) seine Ansichten zum Kosmos im Allgemeinen und dem Werdegang unseres Sonnensystems im Besonderen in erstaunlicher Schärfe, indem er zusammenfassend feststellt, dass eine Urwolke, bestehend aus einem Gas von geringer Dichte, das Universum erfüllt. Diese Gaswolke könne in sich nicht stabil sein, sondern kollabiert durch die Wirkung der Schwerkraft zu Zonen großer Dichte, aus denen die Sterne, also auch unsere Sonne, mitsamt den sie umgebenden Planeten entstanden. Ein halbes Jahrhundert später ergänzte der französische Mathematiker Laplace dieses schon recht schlüssige Konzept mit genaueren Berechnungen (Laplace 1796). Und obwohl beide Denker seinerzeit mangels Beobachtungstechniken im Grunde genommen nur qualitative Ansätze verfolgten, können wir heute, gestützt auf immer bessere Beobachtungen und mithilfe fortschrittlicher Technik, voller Anerkennung feststellen, dass diese *Kant-Laplace-Theorie* im Wesentlichen zutreffend ist!

Die Sonne und der Mond, mit seinen ihm vielleicht unheimlich anmutenden Phasen, waren der Menschheit als erste astronomische Studienobjekte vertraut. Bereits sehr früh wusste man auch die hellen Lichtpunkte von Venus und Mars, Jupiter und Saturn als Nicht-Fixsterne zu deuten und nahm daher richtig an, dass diese Körper eher zu unserer unmittelbaren Umgebung zu rechnen sind. Die Griechen gaben ihnen den Namen: *Planeten*, Wanderer, da sich diese Körper vor dem Fixsternhintergrund auf ihren eigenen Bahnen bewegten. Schon damals waren bereits die gelegentlich vom Himmel fallenden Meteoriten bekannt, die den Sternendeutern vieler Generationen allerdings ein Rätsel aufgaben. Ähnliches gilt für die selten und unregelmäßig am Nachthimmel auftauchenden

Schweifsterne, die Kometen. Sie wurden in früheren Zeiten als Boten nahenden Unglücks betrachtet, weil sie so gänzlich aus dem *kosmischen Rahmen* fallen. Mit der Aufklärung gingen mathematisch-theoretische Überlegungen Hand in Hand mit den immer besseren Beobachtungen am Nachthimmel. Masse und Größen der schon bekannten Planeten konnten bestimmt werden. Im Jahre 1781 wurde von Wilhelm Herschel mit Uranus zum ersten Mal ein Planet entdeckt, der nicht mit dem bloßen Auge, sondern nur mit Hilfe eines Fernrohrs am Nachthimmel gefunden werden konnte. Unregelmäßigkeiten in der Laufbahn dieses Planeten machten schließlich auf einen noch weiter außen befindlichen Planeten aufmerksam und 1846 wurde Neptun entdeckt. Der Italiener Giuseppe Piazzi erblickte 1801 einen über 400 Kilometer großen Kleinplaneten (später Ceres getauft) und schon bald wurden von Hans Olbers zwei weitere, über 200 km große Planetoiden entdeckt (Pallas (1802) und Vesta (1807)) und der gesamte Asteroidengürtel erschien in den Teleskopen. Aufgrund von Berechnung wurde schließlich das „Fehlen“ eines weiteren noch nicht entdeckten Körpers postuliert: Die Entdeckung des neunten Planeten Pluto markiert im Jahr 1930 gewissermaßen den Abschluss eines großen Kapitels der Astronomie. Doch das nächste Kapitel sollte noch viel interessanter werden, denn Mitte des 20. Jahrhunderts brach das Raumfahrtzeitalter an.

Der Wettlauf zum Mond führte auf allen Gebieten der jungen Raumfahrt zu beispiellosen technischen Fortschritten – was auch zum Vorteil für die Forschung wurde. Nicht nur der Mond, auch die um ein Vielfaches weiter entfernten Planeten unseres Sonnensystems waren nun mit robotischen Raumsonden erreichbar. Zunächst zur Venus und zum Mars, dann zu Merkur, Jupiter, Saturn und noch weiter. Es gelangen unzählige faszinierende und erhellende Beobachtungen, denn durch den Blick auf die anderen Planeten und Monde haben wir nicht nur unglaublich viel über das Sonnensystem erfahren, sondern auch Wichtiges über die Frühzeit und Entwicklung unserer Erde lernen können, die unter allen Planeten so beispiellos einmalig ist. Nach wie vor ist die Erde der einzige Ort im Universum, von dem wir wissen, dass er Leben beherbergt. Und nicht zuletzt wurde erkannt, dass dieser *Blaue Planet* fragil ist, geschützt werden muss und das Beste aller denkbaren Raumschiffe darstellt.

Für die Planetenforschung werden neben Sensoren im sichtbaren Licht, die in verschiedenen Kamerasystemen zum Einsatz kommen, auch Detektoren in vielen weiteren Teilen des elektromagnetischen Frequenzspektrums für Spektrometer eingesetzt. Bei diesen Sensoren ist die Auflösung allerdings vielfach geringer. Der klassische Prozess der Erkundung anderer Himmelskörper besteht aus Vorbeiflug am Zielkörper, Umlaufbahn um den Himmelskörper, weicher Landung und in-situ Messungen auch mit Roboterfahrzeugen (Rover), Materialprobenrückführung und bemannter Expedition. All diese Aktivitäten erfordern die Vermessung der Körper im Sonnensystem. Denn je detaillierter die Exploration der planetaren Oberflächen wird, umso genauere kartografische Produkte können daraus abge-

leitet werden, welche im Umkehrschluss wieder als Grundlage für zukünftige Explorationen dienen.

Die Entwicklung kartographischer Verfahren zur Erfassung, geomorphologischen Analyse und Visualisierung planetarer Oberflächen hat gerade erst begonnen. Die Oberflächenprozesse auf planetaren Körpern sind äußerst vielfältig und reichen von Einschlagskratern über Vulkanismus und Tektonik zu allen Formen der Erosion und Sedimentation (z. B. Jaumann 2003). Darüber hinaus finden diese Prozesse sowohl im Gestein als auch im Eis unter unterschiedlichsten physikalischen Rahmenbedingungen statt. Zwar sind die für die Erde entwickelten Verfahren ein guter Leitfaden, um auch die planetaren Prozesse zu erkunden, sie müssen jedoch zum Teil erheblich für die planetaren Bedingungen angepasst werden. Um dies zu ermöglichen, hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Kooperation mit der Universität Potsdam (Institut für Geographie, Fachgruppe Geoinformatik, Prof. Dr. Asche), im Rahmen von Dissertationen und Forschungsvorhaben, in einem ersten Schritt kartographische Analyseverfahren für den Mars und die Asteroiden Ceres und Vesta entwickelt.

AUFBAU EINES PLANETAREN INFORMATIONSSYSTEMS AUF BASIS VON ARCGIS

Die bisherigen Missionen ins Sonnensystem lieferten eine enorme Fülle an Informationen in unterschiedlichen Datenformaten und in Form von Bildern und Messergebnissen. Diese galt und gilt es zu strukturieren, zu verwalten, zu aktualisieren und zu interpretieren. Für die Interpretation terrestrischer Daten werden Geographische Informationssysteme (GIS) hinzugezogen, die jedoch für planetare Anwendungen aufgrund unterschiedlicher Voraussetzungen nicht ohne weiteres eingesetzt werden können. Daher wurde im Rahmen der Kooperation des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt und der Universität Potsdam die für die Verwaltung von geographischen Daten der Erdfernerkundung kommerziell erhältliche Software ArcGIS Desktop (ESRI 2007) durch eigene Programme und Module für die Planetenforschung erweitert. Diese ermöglichen die Aufbereitung und den Import planetarer Bild- und Textinformation in die Software. Zusätzlich wurde eine planetare Datenbank zur Speicherung und Verwaltung der Informationen aufgebaut. Die entwickelten Softwarekomponenten ermöglichen eine schnelle und benutzerfreundliche Aufbereitung der in der Datenbank gehaltenen Informationen und das Auslesen in Dateiformate, die für geographische Informationssysteme geeignet sind (Saiger 2007). Die Entwicklung einer Werkzeugsammlung für ArcGIS hat die Verarbeitung planetarer Datensätze beträchtlich beschleunigt und vereinfacht (Saiger 2007). Diese Werkzeuge beinhalten auch Module zur wissenschaftlichen Interpretation der planetaren Informationen, wie beispielsweise der Berechnung der Oberflächen-

rauigkeit des Mars inklusive der flächendeckenden Kalibrierung der Eingangs-Basisdaten. Besondere Bedeutung kam der auf ArcGIS basierenden Prozesskette zur Berechnung von hierarchischen Flussnetzen zu. Anhand eines terrestrischen Beispiels, der Analyse eines Abflusssystems auf Island, konnte gezeigt werden, dass eine sehr große Übereinstimmung der errechneten Gewässernetze mit den morphologischen Gegebenheiten vor Ort besteht (Abb. 1).

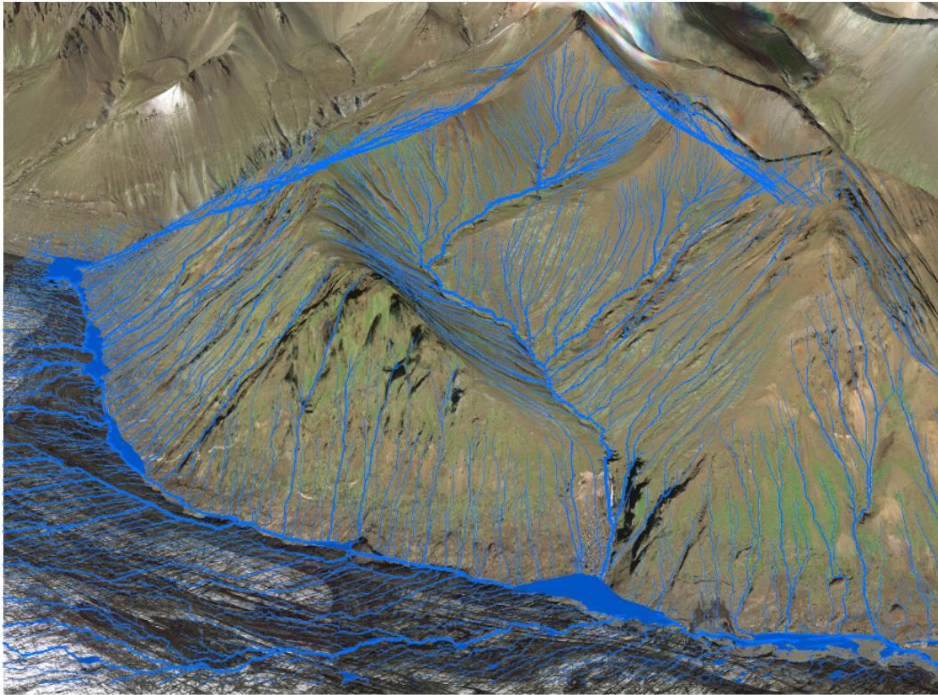


Abb. 1: Darstellung der automatischen Gewässernetzkartierung Skeidarasandur, Island, auf Basis eines Digitalen Geländemodells (Saiger 2007).

Auf Basis dieser automationsgestützten Gewässernetzerkennung konnte der Ansatz zur Ableitung der potentiellen Gewässernetze auf dem Mars erarbeitet werden.

Um automatisch erzeugte Flussnetze auf Basis von HRSC-Aufnahmen (Jaumann et al. 2007) des Mars zu bekommen, wurde auf der Grundlage hochauflösender Geländemodelle und Farbinformationen mittels ArcGIS das potentielle Gewässernetz manuell kartiert (Abb. 2A und B) (Saiger 2007).

Im Anschluss werden automatische Gewässernetze (Abb. 2C) generiert. Für die automatisch erzeugten Gewässernetze werden mittels SQL-Abfragen Ausschlusskriterien angegeben. So bedeutet z. B. eine Abfrage *Strahler* > 4 (Strahler 1964), dass Strahler-klassifizierte Elemente kleiner der fünften Ordnungszahl ausgeschlossen werden. Dabei wird das Ergebnis der Verästelung der Gewässernetze umso weniger detailreich, je höher die Klassifikation der Ausschlusskriterien ist.

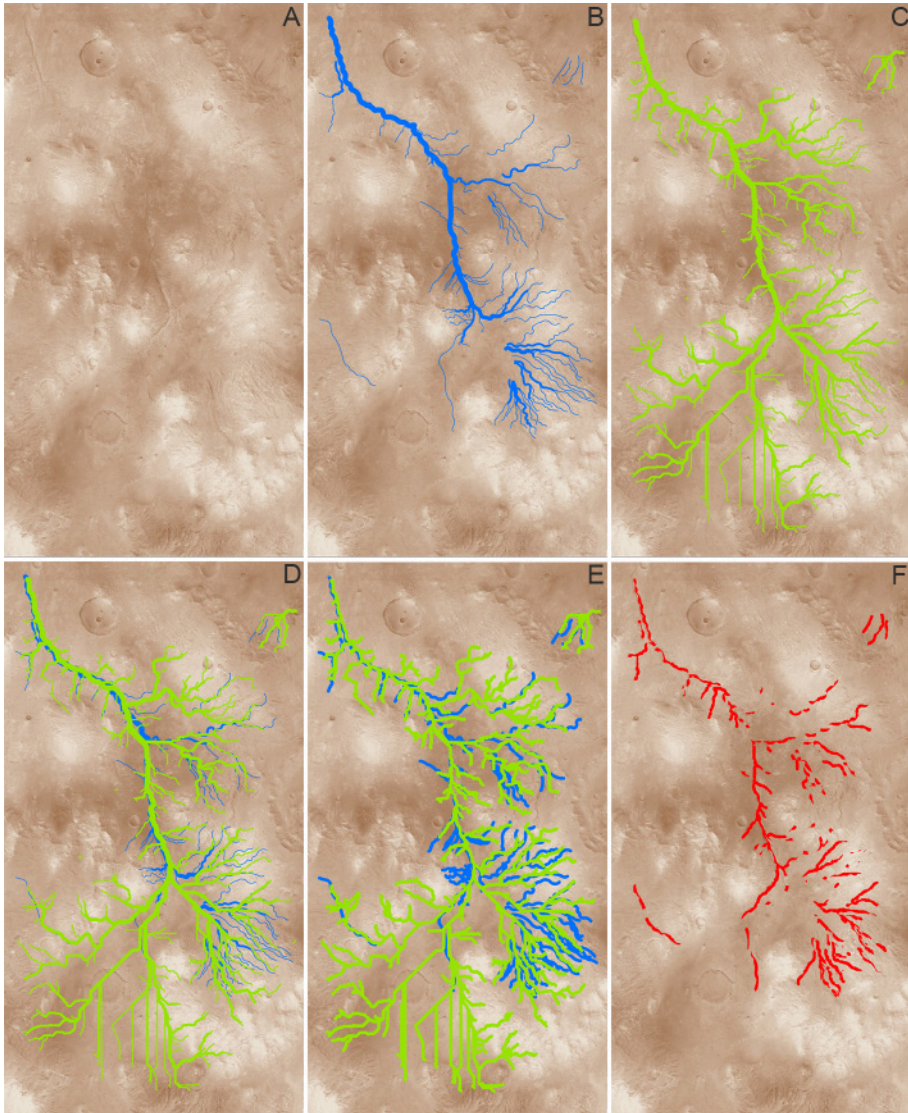


Abb. 2: Automatisch erzeugtes Gewässernetz, Lybia West, Mars (Saiger 2007).

Dadurch ist ein direkter visueller Vergleich zwischen automatisch erzeugten und manuell kartierten Gewässernetzen ersichtlich (Abb. 2D). Um die Genauigkeit quantitativ erfassen zu können, wird ein Puffer um die jeweiligen Linienelemente der Gewässernetze gelegt. Die Breite des Puffers wurde um das Zehnfache der Auflösung des zu Grunde liegenden Geländemodells gewählt. Im Anschluss werden die erzeugten Puffer für das kartierte und das generierte Gewässernetz digital übereinandergelegt (Abb. 2E) und miteinander verschnitten (Abb. 2F). Letztlich

werden die Flächen für das kartierte und das generierte Gewässernetz und das Ergebnis der Schnittmenge, für den Abgleich der Datensätze, berechnet. Da sich hinter dieser gesamten Vorgehensweise die Frage verbirgt, welche Fläche des visuell kartierten Gewässernetzes mit der Fläche des automatisch generierten Gewässernetzes am stärksten übereinstimmt, wird der prozentuale Anteil der Verschneidungsfläche mit den jeweiligen kartierten Pufferflächen in Relation gesetzt. Dabei wird das kartierte Abflussnetz mit 100 % als Bezugsfläche für die Fläche der Schnittmenge genutzt, um den prozentualen Anteil der Überdeckung zu erhalten. Das Resultat in Prozent ist durch die Fläche der Schnittmenge, in Abhängigkeit des Detailgrades (*Strahler-Klassifizierung*), definiert.

Auf Grundlage dieser entwickelten Programme und Module lassen sich auch Daten zukünftiger Missionen aktualisieren, aufbereiten und verwalten und auf die Anforderungen neuer wissenschaftliche Fragestellungen anpassen und präsentieren.

2 PLANETARE ANALYSEWERKZEUGE AM ANWENDUNGSGEBIET VON KRATERN MIT ZERBROCHENEN BÖDEN AUF DEM MARS (PLANETARY MAPPING TOOLS APPLIED TO FLOOR-FRACTURED CRATERS ON MARS)

Planetenforschung umfasst oft zeitintensive Auswertungen der Daten, bei denen Expertise und Erfahrung eine wesentliche Rolle spielen. Aufgrund äußerst komplexer Datensätze sind Annahmen, Definitionen und Regeln zur Lösung oft nicht eindeutig festzulegen. Durch diese Tatsache werden Vergleiche unterschiedlicher Lösungsansätze oftmals erschwert und Ergebnisse verzerrt, da die Ausgangslage und Randbedingungen unterschiedlich definiert worden sind. Es ist daher notwendig, Standardmethoden zur Oberflächenanalyse zu entwickeln, die auf unterschiedliche Untersuchungsfragen angewendet werden, sodass im Folgenden eine gleichbleibende Qualität der Ergebnisse sichergestellt werden kann. Hierbei ist es wünschenswert, dass diese Methode ohne Vorwissen und Expertise im Bereich Informatik angewandt werden kann und die Ergebnisse in kurzer Zeit vorliegen. Außerdem sollten die Ergebnisse vergleichbar und nachvollziehbar

sein. Um dies zu erreichen, sind automatisch operierende Analysewerkzeuge ein sehr guter Ansatz.

Die Zusammenarbeit zwischen dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und der Universität Potsdam ermöglichte es, solch Analysewerkzeuge zu entwickeln und an ausgewählten Kratern auf dem Mars zu testen. Durch die Expertise im Bereich der Planetengeologie seitens des DLR war es möglich die Randbedingungen und Schlüsselstrukturen der Krater zu definieren. Diese flossen in die logische und technische Umsetzung der Werkzeuge ein. Die Expertise der Universität Potsdam auf dem Gebiet der Geoinformatik und Datenbanksysteme hat maßgeblich zur erfolgreichen Implementierung und Analyse der Werkzeuge in ArcGIS geführt.

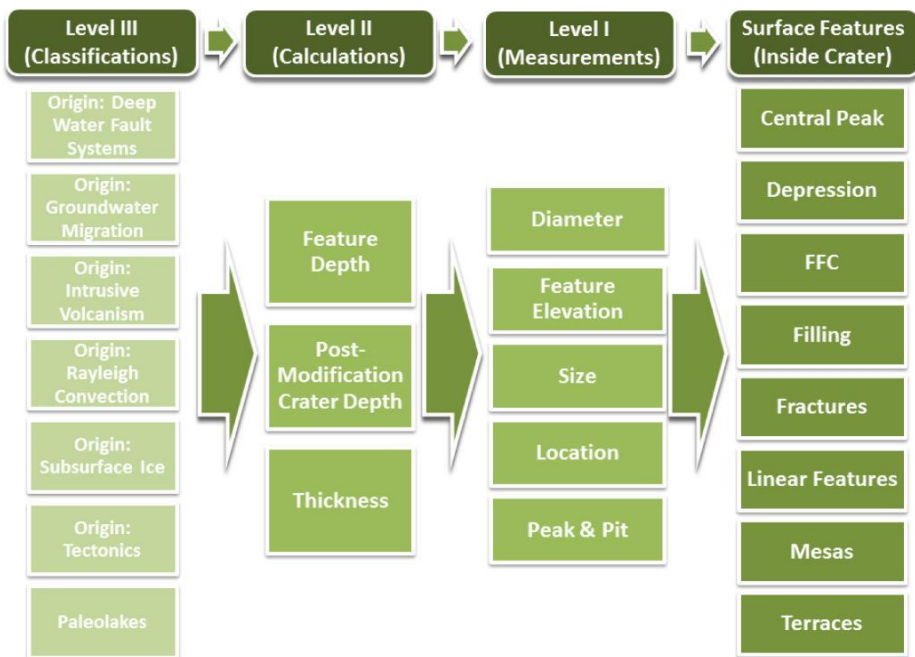


Abb. 3: Hierarchische Struktur zur Vermessung des Inneren von Einschlagskratern auf planetaren Oberflächen (Bamberg 2014).

Die Werkzeuge basieren auf vordefinierten, geowissenschaftlichen Techniken und umfassen Messungen, Berechnungen und Klassifikationen der zu untersuchenden Oberflächenstrukturen (Bamberg 2014). Für die Anwendung dieser Werkzeuge werden zum einen Schlüsselstrukturen und Randbedingungen definiert und zum anderen eine Datenbank angelegt, in der alle Oberflächenstrukturen, aber auch Informationen zu den Randbedingungen gespeichert sind. Durch den Einsatz der Werkzeuge ist es letztlich mit geringem Aufwand möglich, Datenbanken zu aktualisieren und sie auf verschiedenste Fragestellungen zu adaptieren (Abb. 3,

Abb. 4). Dies steigert die Flexibilität, Reproduzierbarkeit und auch Vergleichbarkeit der Untersuchung. Um eine gleichbleibend hohe Qualität der Untersuchung zu gewährleisten, muss sichergestellt werden, dass alle vordefinierten Bedingungen eindeutig sind und auf vorheriger Forschung basieren.

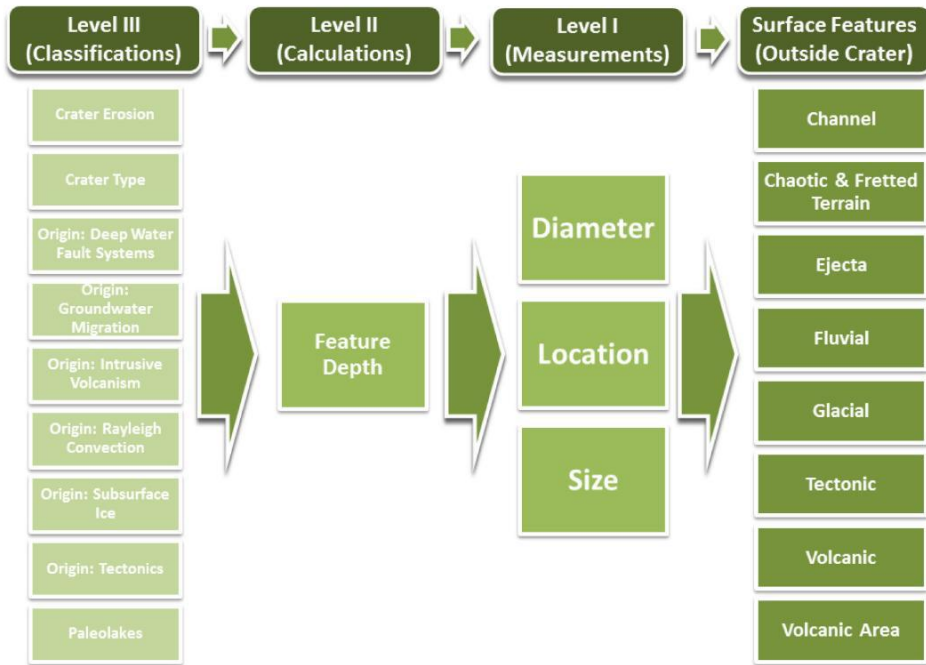


Abb. 4: Beispiele der Klassifikation geologischer Strukturen in Einschlagskratern auf dem Mars (Bamberg 2014).

Um diesen methodischen Ansatz zu testen, wurden Verfahren zur Vermessung dreidimensionaler Strukturen auf Einschlagskraterformationen auf dem Mars angewandt. Krater mit zerbrochenen Kraterböden (floor-fractured craters) sind in verschiedensten Regionen auf dem Mars zu finden, sie zeigen zahlreiche Oberflächenstrukturen und wurden durch unterschiedliche Prozesse geformt, was diesen geologisch und morphologischen Kratertyp zu einem geeigneten Testfall macht. 433 dieser Kratertypen wurden anhand ihrer geographischen Position, der Art des geologischen Umfeldes und der Strukturen im Kraterinneren erfasst und je nach Entstehungsprozess klassifiziert (Abb. 5). Durch die kombinierte Analyse dieser Informationen können Annahmen über die Prozesse, welche zum Zerbrecen des Kraterbodens geführt haben, abgeleitet werden.

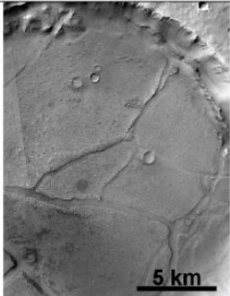
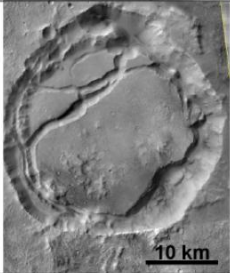
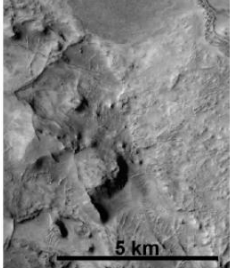
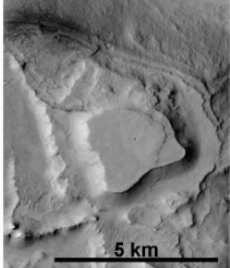
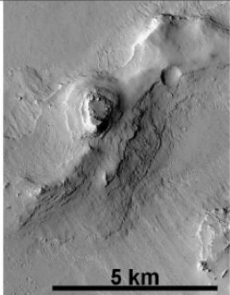
Feature	DB Name	Values	Source	Example
Filling	FILLED	0 - no 1 - yes	HRSC CTX	
Fractures	FRACTURING	0 - rim 1 - partial 2 - puzzle 3 - strong 4 - total	HRSC CTX	
Linear Features	LF	0 - no 1 - yes	CTX	
Mesas	MESAS	0 - no 1 - yes	HRSC CTX	
Terraces	TERRACES	0 - no 1 - yes	CTX	

Abb. 5: Einschlagskrater mit zerbrochenen Kraterböden auf dem Mars können in Bezug auf zugrundeliegende geologische Prozesse in 3 Klassen unterteilt werden (Bamberg 2014).

Diese Analysemethode liefert Wahrscheinlichkeitswerte für drei mögliche Entstehungsarten: 15 % der Marskrater mit zerbrochenen Kraterböden sind mit einer Wahrscheinlichkeit > 50 % durch Vulkanismus, 20 % durch Tektonik und 43 % durch Wasser- und Eis-bedingte Prozesse gebildet worden (Abb. 6). Insgesamt kann für 75 % des untersuchten Kratertyps ein potentieller Entstehungsprozess zugeordnet werden. Für 22 % der Krater ist eine Klassifizierung nicht möglich. Die Ursache hierfür ist eine Kombination von geologisch sehr ähnlichen Prozessen, die sich nicht separieren lassen bzw. durch Erosion stark überprägt wurden oder aber es liegt ein bisher nicht identifizierter Prozess vor.

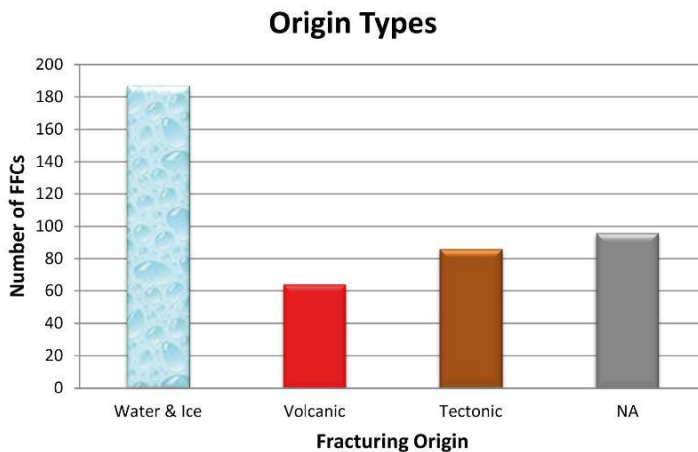


Abb. 6: Diagramm der Anwendungsszenarien, die den Kartierungsprozess im Rahmen der Planetaren Wissenschaften beschreibt (van Gasselt und Nass 2010).

Zusammenfassend ist zu sagen, dass es möglich ist, planetare Oberflächenstrukturen quantitativ durch automatisch operierende Analyseverfahren zu erfassen und hinsichtlich einer definierten Fragestellung zu klassifizieren (Bamberg 2014).

3 KONZEPTION UND IMPLEMENTIERUNG EINES GIS-BASIERTEN KARTIERUNGSSYSTEMS FÜR DIE GEOWISSENSCHAFTLICHE PLANETENFORSCHUNG

Die Kartierung planetarer Körper stellt seit den 1960er Jahren ein wesentliches Mittel der raumfahrtgestützten Exploration der Himmelskörper dar. Hierbei werden hauptsächlich Fernerkundungsdaten interpretiert und zu Karten verarbeitet. Auf diese Weise entstanden bis heute mehrere 1000 publizierte thematische Karten von Himmelskörpern wie Mars, Mond und Venus. Erarbeitet wurden und werden diese Karten entweder im Rahmen systematischer Kartierungsprogramme, innerhalb projekt- und missionsgebundener Kartenreihen und –serien, oder in Form einzelner Arbeitskarten, die zur Kommunikation wissenschaftlicher Ergebnisse dienen. Ein Merkmal dieser Kartierungsarbeiten ist, dass sie meist kollaborativ in internationalen Arbeitsgruppen und über große räumliche Distanzen erstellt werden (Abb. 7). Es ist daher notwendig, eine Prozesskette (Planetary Mapping System, PMS) zu konzipieren, mit dem Schwerpunkt geologische und geomorphologische Karten planetarer Oberflächen einheitlich durchführen zu können.

Aktuell kommen zur Erstellung der planetaren Karten Geoinformationssysteme zum Einsatz, die eine Erfassung, Analyse, Speicherung und Visualisierung raumbezogener Daten auf Datenbankbasis ermöglichen. Bei den ausführenden Wissenschaftlern handelt es sich um Fachwissenschaftler der Planetologie und artverwandter Disziplinen, die i. d. R. über eine eingeschränkte GIS-Praxis verfügen. Auch sind die GIS-internen Möglichkeiten zur qualitativ hochwertigen Aufbereitung im Sinne der kartographischen Visualisierung meist limitiert.

Das Planetary Mapping System soll es ermöglichen, derartige Kartierungen vergleichbar und nachhaltig nutzbar zu gestalten. Es ist erforderlich, die Kartierungsergebnisse zu homogenisieren, d. h. einheitlich zu erarbeiten, abzubilden, zu verwalten, zu archivieren und Abfragen zuzulassen, um so eine Weiterführung und Reproduktion der Kartendaten zu ermöglichen. Hierfür ist ein Prozessfluss erforderlich, der die einzelnen GIS-basierten Arbeitsschritte unter Berücksichtigung internationaler Standards umfasst. Das entwickelte Planetary Mapping System enthält die technisch-administrativen sowie die kartographischen Basisaufgaben der planetaren Kartierung. Obwohl der Schwerpunkt auf der visuellen Aufarbeitung der GIS-basierten Kartenendprodukte liegt, die kartographische Gestaltung in

GIS jedoch hauptsächlich durch die Datenbeschreibung und -struktur beeinflusst wird, setzt das Planetary Mapping System bereits bei der Datenakquisition an. Die Konzeption ist darauf ausgerichtet, das im GIS bereitgestellte Methodeninventar zu nutzen, um ein Struktur-Modell für die Ansprüche planetarer Kartierungen zu erzeugen. Inhaltlich weist das Konzept Parallelen zu allgemeingültigen Visualisierungsprozessen auf. In Form einer Visualisierungspipeline wird eine logische, d. h. funktionale und informationstechnische Umsetzung der einzelnen Schritte beschrieben, um die verfügbaren Daten zielorientiert visualisieren zu können.

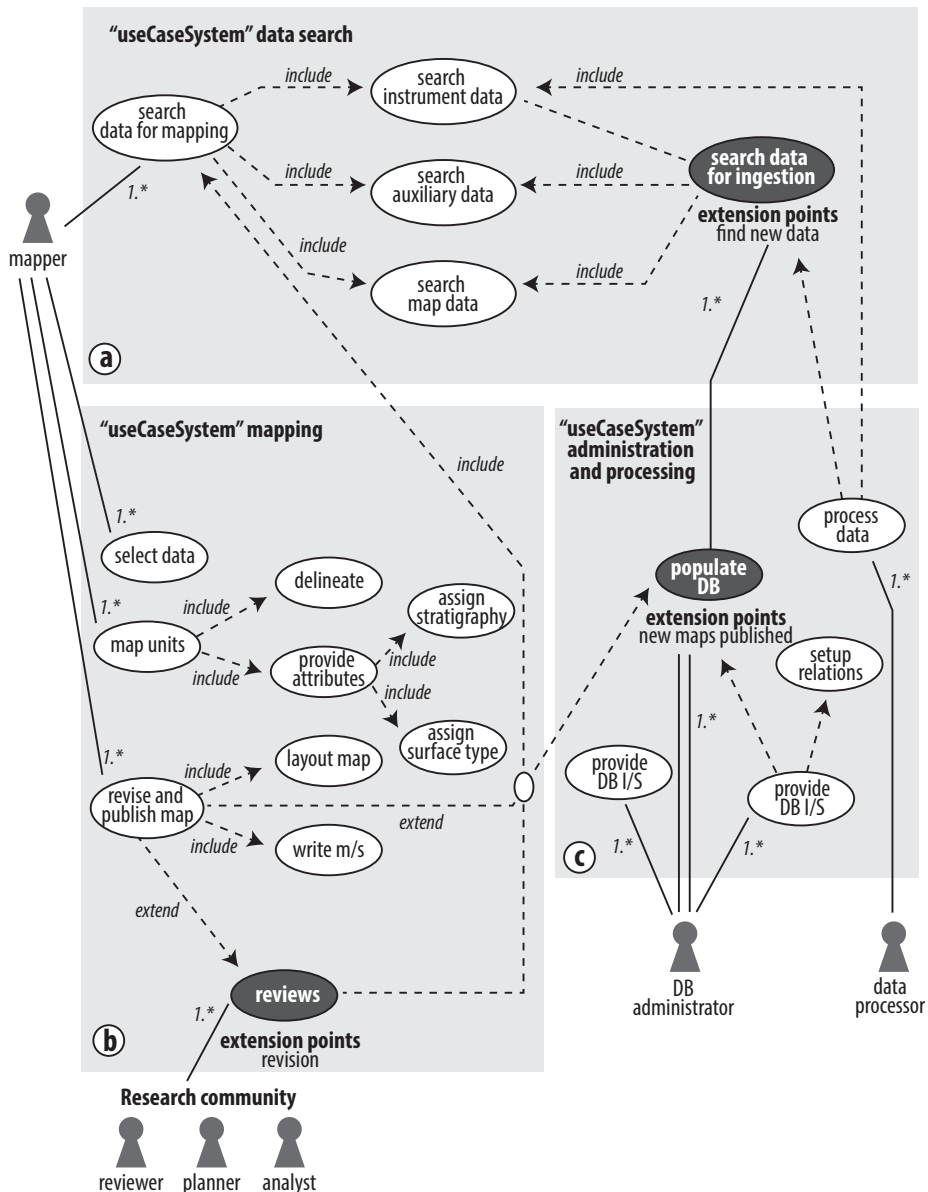


Abb. 7: Diagramm der Anwendungsszenarien, die den Kartierungsprozess im Rahmen der Planetaren Wissenschaften beschreibt (van Gasselt und Nass 2010).

Das PMS ist ein softwaregestütztes GIS-integriertes Konzept und System, das aus einzelnen Modulen zusammengesetzt ist. Der Fokus der Modulentwicklung liegt darauf, dass einzelne Module (1) allein stehend operationell einsetzbar, (2) weitestgehend unabhängig von der physikalischen Implementierung und (3) intuitiv bedienbar sind (Abb. 8).

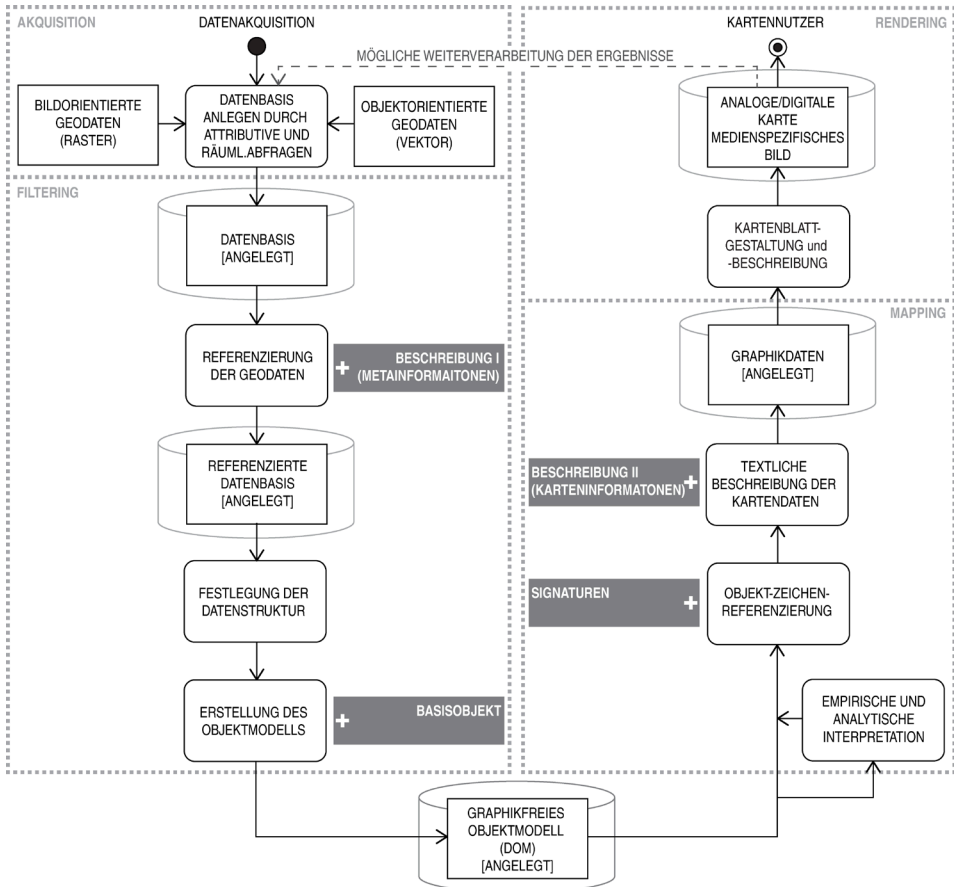


Abb. 8: Prozessfluss (basierend auf Carpendale 2003; Schumann 2004) einer digitalen Kartierung planetarer Oberflächen mit geologisch-geomorphologischem Fokus (abgerundete Kästen stehen für Ergebnisdaten, Kästen stehen für Prozesse) inklusive der Einbindung der Module Beschreibungskatalog, Basisobjekt und Signaturen (dunkelgraue Kästen) (Nass 2013).

Nach der detaillierten Skizzierung des Kartierungsprozesses wurden Module entwickelt, welche die Erreichung der zuvor definierten Ziele unterstützen sollen. Diese werden als Beschreibungs-, Basisobjekt- und Signaturenkatalog bezeichnet und setzen an den verschiedenen Stellen der Prozesskette an, an denen die wis-

senschaftlichen Interpretationsergebnisse textlich, geometrisch und graphisch festgelegt werden.

Mit Hilfe dieser Module wird dem kartierenden Wissenschaftler eine Umgebung bereitgestellt, die es erlaubt, kartographische Basisaufgaben ohne technische Detailkenntnisse zu erfüllen. Ergänzt wird dies durch ein Regelwerk zur planetaren Kartierung. Die Zusammenstellung dieser Regeln ergänzt existierende Richtlinien und gibt dem Fachwissenschaftler so einen Leitfaden für die GIS-basierte Erstellung planetarer, geologischer und geomorphologischer Karten (Abb. 9).

[...]

3. Im Vergleich zur analogen Kartenerstellung liefert die GIS-basierte Generierung digitaler Karten durch die Datenstrukturierung in einer Geodatenbank das Potential, die Objekt- und Kartenebenen durch Attribute zu explizieren. Für eine Objekt-Attributierung dieser Art sollten etablierte, international verständliche Bezeichnungen gewählt werden, sodass die Daten für zukünftige (Karten-)Nutzer verständlich, die digitalen Kartierungs- und Projektdaten weiter verwendbar und für zukünftige übergreifende Projekte zusammenführbar sind.

4. Wenn vorhanden und möglich, sollten standardisierte Signaturen verwendet werden. Für die Darstellung qualitativer und/oder quantitativer Daten oder zur Generierung neuer Symbole ist die Verwendung der vorgefertigten Template-Signaturen angeraten, um die attributive Objektbeschreibung und Einbindung in das Datenmodell problemlos zu ermöglichen. Als Vorlage dient hier bis zur vollständigen Implementierung des PMS die analoge Version des Standardwerk DCSGM (FGDC 2006) und der Signaturen-Style Planetary Geological Symbol (Nass 2010).

5. Die Anordnung der planetaren Objekte in Form der Darstellungsschichten unterliegt derselben Abfolge wie ihr Vorkommen in der Realität. Daher ist darauf zu achten, dass Linien- in Punktensignaturen nicht durch Flächensignaturen (im Sinne der geologischen Einheit) überlagert werden. Werden thematische Analysewerte als Flächen hinzugefügt, und die Darstellung der einzelnen Oberflächenobjekte und -strukturen in den Hintergrund gerückt, können die Flächen die Linien- und Punktensignaturen der Oberflächenobjekte überlagern.

[...]

Abb. 9: Auszug aus dem Regelwerk zur GIS-basierten planetaren Kartierungen (Nass 2013).

Die Bedeutung des Planetary Mapping System-Konzeptes liegt in der Effizienz der Verwaltung, Visualisierung und Wiederverwendung der digitalen Kartendaten. Im Detail bedeutet dies, (1) die digital erstellten wissenschaftlichen Ergebniskartierungen werden so auf ähnlich effiziente Art verwaltet, wie die analogen Vorläufer-Karten oder die Primärdaten der Bild-/Sensordatenkataloge. (2) Die digitalen Kartendaten werden durch eine eindeutige attribut-gesteuerte Objektstruktur, teilautomatisierte Objekt-Zeichen-Referenzierung und eine zusätzliche Datenbeschreibung erstmalig formalisiert. Daraus ergibt sich eine inhaltlich und graphisch vergleichbare Gestaltung und strukturierte Archivierung der Kartendaten. Darüber hinaus wird (3) eine optimale Ausgangsbasis geschaffen, um einen

vereinfachten Datenaustausch zwischen den einzelnen Nutzern und unterschiedlichen Softwaresystemen zu etablieren. Für das Ziel, Wissen zu extrahieren und auf bestehende Erkenntnisse aufzubauen, ist eine nachhaltige Datenarchivierung die elementare Voraussetzung. Die erste Adaption des Planetary Mapping System-Konzepts wird gegenwärtig für Kartierungsprojekte im Rahmen der NASA DAWN-Mission angewendet. Dabei wurden geologische Karten des Asteroiden Vesta erstellt (Abb. 10).

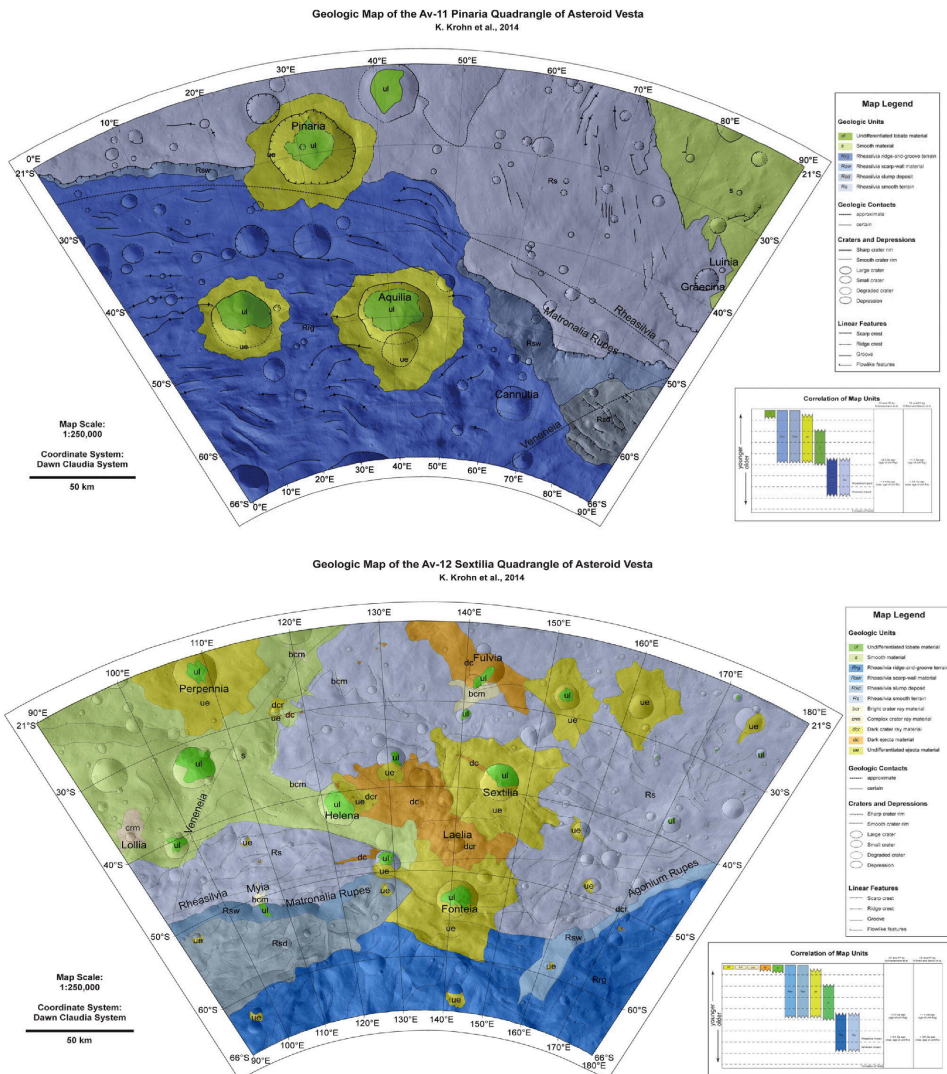


Abb. 10: Geologische Kartenblätter des Ausschnitts Pinaria (oben) und Sextilia (unten), die im Rahmen der DAWN Mission und dem hier initiierten Kartierungsprojekt im Rahmen des PMS (Nass 2013) entstanden sind (Krohn et al. 2014).

Die kartographische Erfassung planetarer Oberflächen ist die Grundlage einer systematischen Untersuchung von planetaren Oberflächen. Eine notwendige Voraussetzung, um wichtige Fragen zur Bildung der Planeten, Monde und kleinen Körper beantworten zu können. Das Institut für Geographie, Fachgruppe Geoinformatik der Universität Potsdam hat hier, unter Leitung von Prof. Dr. Ashe, mit kartographischen Analyseverfahren für den Mars und den Asteroiden Vesta Pionierarbeit geleistet.

LITERATUR

- BAMBERG, M. (2014): Planetary mapping tools applied to floor-fractured craters on Mars. Dissertation, Universität Potsdam, Institut für Geographie (abrufbar unter URL: <https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/index/index/docId/7006>).
- CARPENDALE, M. S. T. (2003): Considering Visual Variables as a Basis for Information Visualization. Research report 2001-693-16, Department of Computer Science, University of Calgary, Calgary, AB, Canada.
- ESRI (2007): The Geographic Information System. (abrufbar unter URL: <http://www.esri.com/>)
- FGDC (2006): Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization. Federal Geographic Data Committee prepared by the U.S. Geological Survey (FGDC-STD-013-2006).
- KANT, I. (1755): Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt. Petersen, Königsberg und Leipzig.
- LAPLACE, P.-S. (1796): Exposition du système du monde. Erstausgabe in zwei Bänden, Paris.
- JAUMANN, R. (2003): Die Erosionsmorphologie des Mars: Genese, Verteilung und Stratigraphie von Erosionsformen und deren klimatische Bedeutung. Habilitationsschrift, Ludwig-Maximilians-Universität München, Fakultät für Geowissenschaften.
- JAUMANN, R.; NEUKUM, G.; BEHNKE, T.; DUXBURY, T. C.; EICHENTOPF, K.; FLOHRER, J.; VAN GASSELT, S.; GIESE, B.; GWINNER, K.; HAUBER, E.; HOFFMANN, H.; HOFFMEISTER, A.; KÖHLER, U.; MATZ, K. D.; MCCORD, T. B.; MERTENS, V.; OBERST, J.; PISCHEL, R.; REISS, D.; RESS, E.; ROATSCH, T.; SAIGER, P.; SCHOLTEN, F.; SCHWARZ, G.; STEPHAN, K.; WÄHLISCH, M.; and Team (2007): The high-resolution stereo camera (HRSC) experiment on Mars Express: Instrument aspects and experiment conduct from interplanetary cruise through nominal mission. In: Planetary and Space Science, Vol. 55, pp. 928–952, DOI:10.1016/j.pss.2006.12003.

- KROHN, K.; JAUMANN, R.; OTTO, K.; HOOGENBOOM, R.; WAGNER, R.; BUCZKOWSKI, D. L.; GARRY, B.; WILLIAMS, D. A.; YINGST, R. A.; SCULLY, J.; DE SANSTIS, M. C.; KNEISSL, T.; SCHMEDEMANN, N.; KERSTEN, E.; STEPHAN, K.; MATZ, K.-D.; PIETERS, C. M.; PREUSKER, F.; ROATSCH, T.; SCHENK, P.; RUSSEL, C. T.; RAYMOND, C. A. (2014): Mass movement on Vesta at steep scarps and crater rims. In: *Icarus*, Vol. 244, pp. 120–132, DOI:10.1016/j.icarus.2014.03.013.
- NASS, A.; VAN GASSELT, S.; JAUMANN, R. AND ASCHE, H. (2011): Implementation of cartographic symbols for planetary mapping in geographic information systems. In: *Planetary and Space Science (PSS)*, Vol. 59, Special Issue: Planetary Mapping, Elsevier Ltd., pp. 1255–1264, DOI:10.1016/j.pss.2010.08.022.
- NASS, A. (2013): Konzeption und Implementierung eines GIS-basierten Kartierungssystems für die geowissenschaftliche Planetenforschung. Dissertation, Universität Potsdam, Institut für Geographie (abrufbar unter URL: <https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/index/index/docId/6302>).
- SAIGER, P. (2007): Entwicklung, Implementierung und Zertifizierung eines planetaren Informationssystems auf Basis von ArcGIS. Dissertation, Universität Potsdam, Institut für Geographie (abrufbar unter URL: <https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/index/index/docId/1230>).
- SCHUMANN H. UND MÜLLER, W. (2000): Visualisierung: Grundlagen und allgemeine Methoden. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- STRAHLER, A. N. (1964): Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. McGraw Hill, New York.
- VAN GASSELT, S.; NASS, A. (2010): Planetary mapping: The datamodel's perspective and GIS framework. In: *Planetary and Space Science (PSS)*, Vol. 59, Special Issue: Planetary Mapping, Elsevier Ltd., pp. 1231–1242, DOI:10.1016/j.pss.2010.09.012.

Hartmut Asche prägte über ein Vierteljahrhundert maßgeblich die Forschungsfelder der Geoinformation, Visualisierung und Kartographie. Die vorliegende Festschrift stellt eine würdige Gabe von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes für Geographie der Universität Potsdam anlässlich seiner Emeritierung im März 2017 dar. International renommierte, Herrn Asches Karriere begleitende Autorinnen und Autoren, konnten für Fachbeiträge aus den Bereichen Geographie, Geoinformatik, Kartographie und Fernerkundung gewonnen werden. Es werden in fachlich hervorragender Weise Schwerpunkte umrissen, mit welchen Herr Asche sich in seiner von zahlreichen Höhepunkten geprägten wissenschaftlichen Karriere beschäftigte.

For more than a quarter of a century, Hartmut Asche has significantly influenced the research fields of geoinformation, visualisation, and cartography. This book represents a gift from the staff of the Institute of Geography of the University of Potsdam on the occasion of his retirement in March 2017. Internationally renowned researchers who accompanied Mr Asche's career have contributed to the Festschrift. Numerous scientific highlights marking Mr Asche's career are reflected in the authors' contributions, which deal with research in the disciplines of geography, geoinformatics, cartography, and remote sensing.

