Verschiedene Aspekte und Projektionen für Weltkarten

Autor(en): **Brandenberger, C. / Spiess, Ernst**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **95 (1997)**

Heft 10

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-235381

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Verschiedene Aspekte und Projektionen für Weltkarten

Der Einsatz von Weltkarten zur Visualisierung von Sachverhalten ist beliebt. Die Informatik- und GIS-Technologie bietet dazu ideale Voraussetzungen, da spezielle Wünsche bezüglich Format, Massstab, Flächentreue usw. einfach berücksichtigt werden können. Das Institut für Kartographie der ETH Zürich hat eine breite Palette bekannter Projektionen zusammengestellt. Das Kartenprojektionsprogramm KAPRO, entstanden vor Jahren am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich, wurde zu diesem Zweck weiterentwickelt. Entstanden ist ein Katalog von Kartenprojektionen für Weltkarten, der Anwendern als Nachschlagewerk für optimale Abbildungen für das zu kartierende Thema dient. Nachfolgend werden die Einleitung und einige Beispiele wiedergegeben.

L'utilisation de cartes du monde est un moyen apprécié pour visualiser des états de fait. A cet égard, la technologie de l'informatique et des SIT présente les conditions idéales car il est aisé de tenir compte de vœux spécifiques quant au format, à l'échelle et à la fidélité des surfaces. L'Institut de cartographie de l'EPF Zürich a composé une large palette de projections connues. Le programme de projections de cartes KAPRO, créé à l'époque à l'Institut de géodésie et de photogrammétrie de l'EPF Zürich, a été amélioré à cet effet. Il en est résulté un catalogue de projections de cartes qui sert d'ouvrage de référence aux utilisateurs pour l'illustration de thèmes sur des cartes. L'introduction et quelques exemples sont relatés ci-après.

L'impiego delle carte del mondo per la visualizzazione e l'illustrazione di temi particolari è una pratica comune. La tecnologia dell'informatica e dei SIG rappresenta il presupposto ideale, dato che si possono soddisfare in modo semplice delle richieste specifiche relative al formato, alla scala, alla conformità di superfici ecc. L'Istituto di cartografia del Politecnico di Zurigo ha raccolto un ampio ventaglio di proiezioni conosciute. Il programma di proiezione delle carte (KAPRO), creato un anno fa presso l'Istituto di geodesia e fotogrammetria del Politecnico di Zurigo, è stato ulteriormente sviluppato, proprio per far fronte a questa esigenza. Ne è risultato un catalogo di proiezioni cartografiche per carte del mondo, che serve agli utenti come opera di consultazione per ricavarne immagini ottimali per le tematiche di cartografia. Qui di seguito si provvede a fornire un'introduzione ed alcuni esempi.

Chr. Brandenberger

Kriterien zur Wahl einer Projektion

Die Erdoberfläche kann auf mannigfaltige Weise in die Ebene abgebildet werden. Keine der möglichen Abbildungen gibt jedoch die Realität in allen Belangen richtig wieder, da bei allen Verzerrungen auftreten. Je nach gewählter Abbildungsart erscheinen die Form, die relativen Flächengrössen der Regionen, die Richtungen und die Distanzen zwischen Orten im Kartenbild verzerrt. Vom Standpunkt der Verzerrungen aus betrachtet, wäre eine Kartierung auf einen Globus die beste, weil die geographischen Beziehungen dort realitätsgetreu dargestellt werden. Globusdarstellungen sind aber unpraktisch und zudem sehr teuer in ihrer Erstellung. Bei der Wahl einer Abbildung, ihrer Zentrierung und Orientierung sind in der Regel die folgenden Kriterien zu beurteilen, die unter sich korreliert sind:

- Verfügbares Format des Kartenausschnittes.
- Gewünschter (runder) Kartenmassstab; wobei die Angabe eines Massstabes für Weltkarten oft problematisch ist, wenn er sich nur auf eine ausgezeichnete Linie bezieht (z.B. bei der Mercatorprojektion). Bei der Berechnung von flächentreuen Abbildungen wird für den Erdradius meist der Radius der Erdkugel mit derselben Oberfläche wie das Erdellipsoid verwendet: 6371,23 km. In gewissen Fällen wird bewusst auf einen fixen Massstab verzichtet, so z.B. bei den fokalen Netzen.
- Gebietsausschnitt, der unter den obigen Annahmen abgebildet werden kann. Dabei ist für Weltkarten von besonderem Interesse, ob die ganze, die halbe oder nur Teile der Erdoberfläche, oder diese u.U. sogar mehrfach abgebildet werden.
- Zulässige Verzerrungen mit unterschiedlich strengen Forderungen, die sich gegenseitig alle mehr oder weniger ausschliessen:
  - keine Winkelverzerrungen, damit Formtreue im Detail (nicht jedoch im Grossen!)
  - keine Flächenverzerrungen
  - für ausgewählte Strecken keine Längenverzerrungen (Abstandstreue)
  - minimale Längenverzerrungen für ein Gebiet oder für ausgewählte Strecken
  - minimale Flächen- und Winkelverzerrungen (wie z.B. in den sog. vermittelnden Abbildungen)
  - keine extremen Quetschungen der Kontinente.
- Verlauf der Längen- und Breitenkreise:
  - Längen- und/oder Breitenkreise als Geraden
  - Längen- und/oder Breitenkreise als Kreisbogen
  - Orthogonale Längen- und Breitenkreise; wobei zu beachten ist, dass eine solche Abbildung winkeltreu sein kann aber nicht a priori sein muss
  - einzelne ausgezeichnete Längen- oder Breitenkreise als Geraden oder Kreisbogen, z.B. der Äquator oder der Mittelmeridian
  - perspektivische Wirkung des Netzes der Längen- und Breitenkreise, die Erdrundung vortäuschend.
- Verlauf der Grosskreise (Orthodromen) der Erdkugel: z.B. als Geraden oder Kreisbogen.

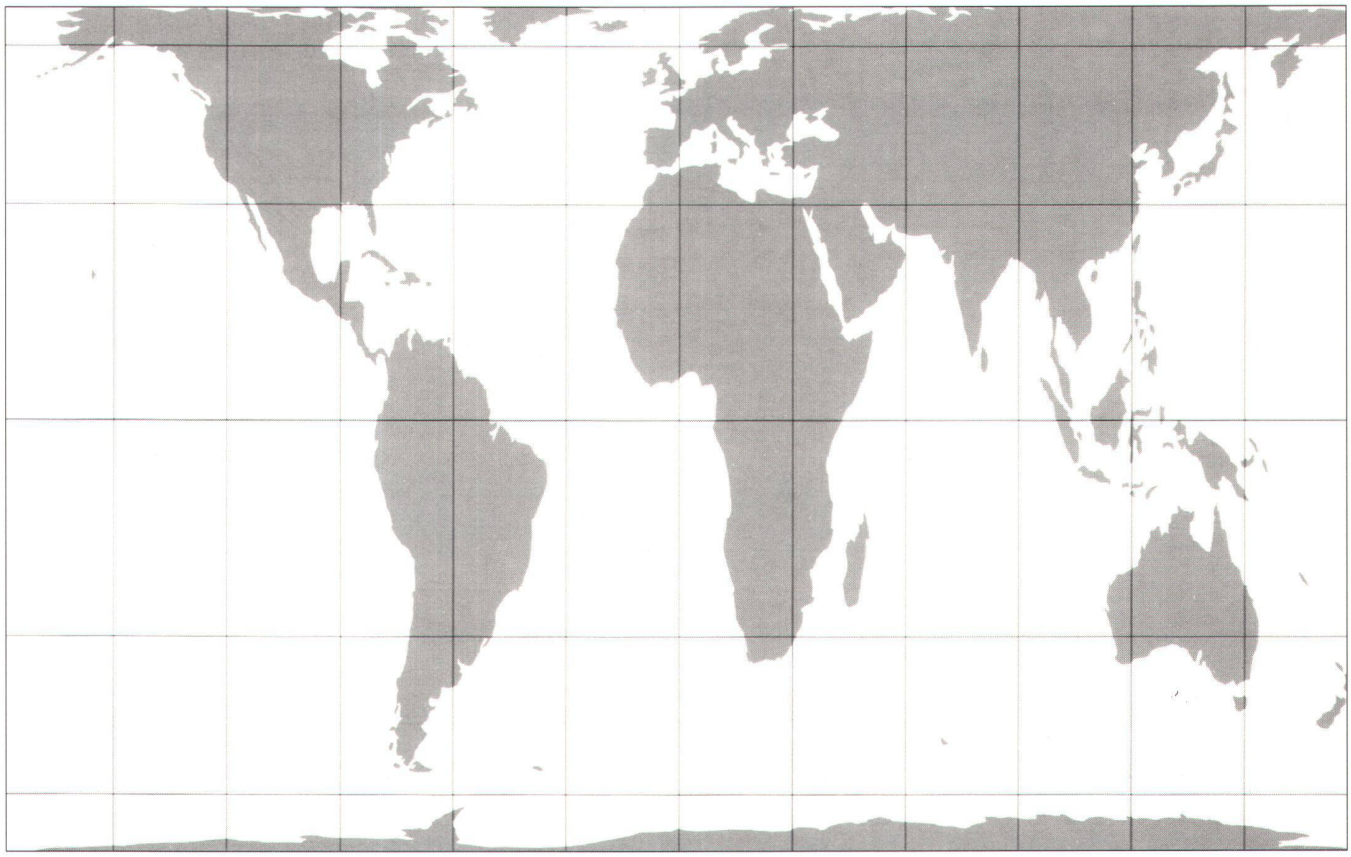

Abb. 1: Flächentreue Zylinder-Abbildung (entspricht in etwa der Petersprojektion) mit längentreuen Parallelkreisen auf 45° 07′ 48″ nördlicher und südlicher Breite.

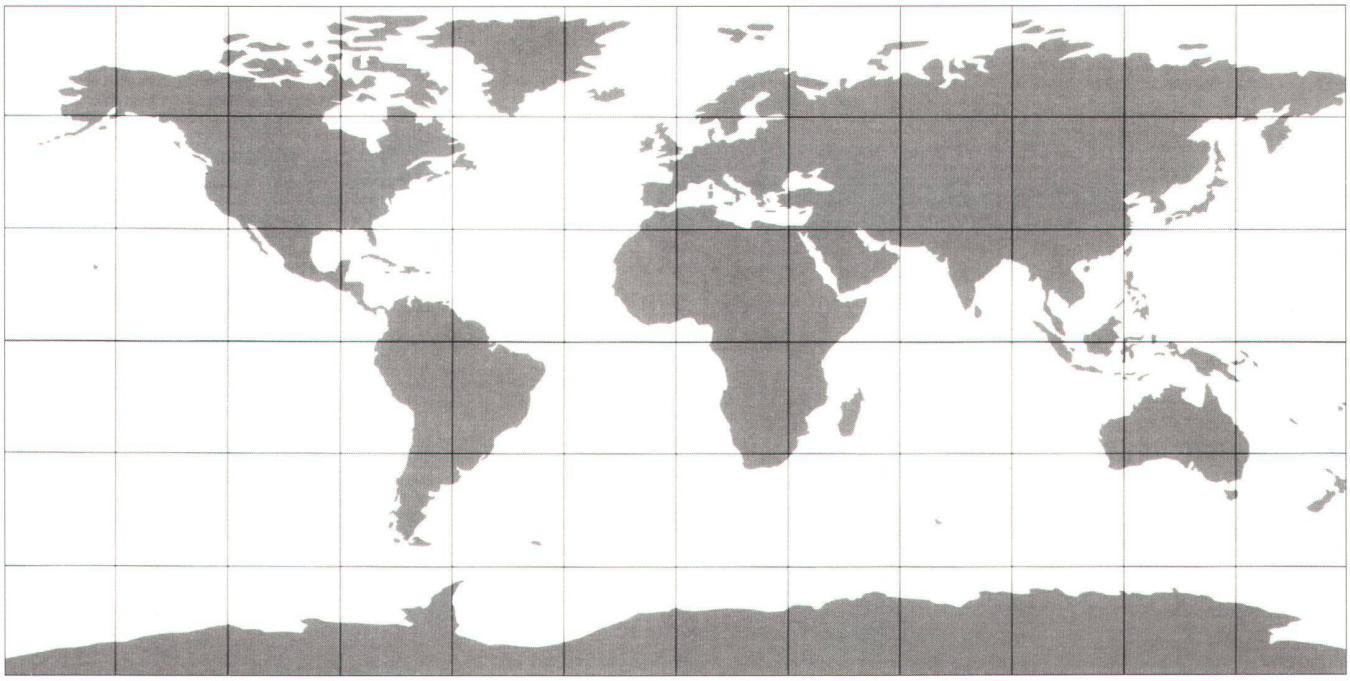

Abb. 2: Quadratische Plattkarte. Längentreue Zylinderabbildung mit dem Äquator als längentreuen Berührungskreis.

- Verlauf der Kurven (Loxodromen), welche alle Meridiane unter einem konstanten Winkel (Azimut) schneiden.
- Form des Umrisses: Kreis, Ellipse, Rechteck, andere Formen.

Eine Abbildungsart, welche die beste für eine Weltkarte wäre, gibt es nicht. Vielmehr ist zu fragen nach der bestgeeigneten Abbildungsart für einen bestimmten Kartenzweck und Bereich. Ein Hauptkriterium ist dasjenige der minimalsten Verzerrungen (Deformationen). Sie kann durch eine optimale Wahl des Berührungspunktes oder -kreises und durch eine geschickte Netzlagerung erreicht werden. Das zu kartierende Gebiet sollte dabei in denjenigen Bereich der Projektion zu liegen kommen, der die minimalsten Deformationen aufweist. Heutige Rechentechniken erlauben es, auf einfache Weise den Berührungspunkt zu verschieben. Des weitern lässt sich bei vielen Projektionen durch Setzen von Netzparametern die Netzform ändern, so zum Beispiel durch eine optimale Wahl der längentreuen Standardbreitenkreise. Auch durch verschiedene Netzlagerungen lassen sich Änderungen der Netzform realisieren. Der jeweilige Kartenzweck kann jedoch die Auswahl von möglichen Projektionen stark einschränken, insbesondere wenn dieser verlangt, dass eine bestimmte Projektionseigenschaft (z.B. Flächentreue) vorhanden sein sollte.

Schlecht gewählte Abbildungen können bei den Kartenbenutzern einen falschen Eindruck, hinsichtlich den kartierten geographischen Verhältnissen hinterlassen, insbesondere wenn grosse Verzerrungen auftreten. Da man tendenziell das, was man häufig sieht als richtig annimmt, besteht die Gefahr, dass mit ungünstig gewählten Projektionen und mit ihrer wiederholten Anwendung falsche Vorstellungen fixiert werden.

Rückgriff auf eine verfügbare externe Weltdatenbank

Heutzutage sind immer mehr Weltdatenbanken in vektorieller Form im Aufbau begriffen oder werden bereits kommerziell auf dem Markt angeboten oder können ab öffentlich zugänglichen Datenservern kostenfrei abgerufen werden. Als typische Vertreter seien an dieser Stelle genannt:

- WDB I (World Databank I) des CIA (Central Intelligence Agency) mit 115 000 Punkten im Massstabsbereich von 1:12 Millionen
- WDB II des CIA mit sechs Millionen Punkten im Massstabsbereich 1:1 Millionen bis 1:4 Millionen.
- WDB IA eine reduzierte Version der WDB II.
- MUNDOCART ein Produkt der Erdölindustrie mit einem weltweit blattschnittfreien Datenbestand von total 20 Millionen Punkten. Die Daten sind aus einem 1:1 Millionen Datenbestand der US-Defence Mapping Agency (DMA) im Massstabsbereich 1:250 000 bis 1:1 Million gewonnen worden.
- Digital Chart of the World (DCW) basierend auf den Operational Navigation

Die Berechnung und Konstruktion des grundlegenden Kartennetzes für eine Karte, samt ihrem geographischen Inhalt, erforderte vor einigen Jahrzehnten noch einen enormen Zeitaufwand. Zudem stellte die Kartierung aller Einzelheiten und die Reinzeichnung des Netzes hohe Ansprüche an das handwerkliche Können des Kartographen. Deshalb erstaunt es nicht, dass praktisch alle Kartographie-Lehrbücher dem Thema Kartenprojektionen einen unangemessen breiten Platz einräumten. Diese Beliebtheit mag auch darin begründet gewesen sein, dass man mit den zugehörigen klaren mathematischen Formeln sicheren Boden unter den Füssen hatte und sich weniger auf Glatteis bewegte, als mit unscharfen Rezepten zur Kartengraphik.

Mit der heutigen Hardware und Software für die computergestützte Kartographie bereitet es nun aber keine grösseren Schwierigkeiten mehr, bei Bedarf ein vollständig neues Kartennetz zu berechnen und maschinell in guter Qualität zu zeichnen oder direkt auf Film zu belichten. Der Wunsch nach einer auf den jeweiligen Zweck massgeschneiderten Abbildung ist nicht mehr unrealistisch. Deshalb häufen sich die Anfragen von verschiedenster Seite nach Entscheidungsgrundlagen für die Wahl einer solchen Kartenprojektion. Im Vordergrund des Interesses stehen dabei sehr oft nicht primär die Verzerrungseigenschaften einer Projektion, sondern das Format und die Proportionen des Umrisses einer Weltkarte sowie das damit optimal abbildbare Gebiet. Wer nicht über leistungsfähige und umfassende Programme zur Erstellung von Kartenprojektionen verfügt, ist dabei auf bildliches Anschauungsmaterial angewiesen. Um diesem vielfach geäusserten Wunsch nach Beispielen entsprechen zu können, haben wir den vorliegenden Katalog von Kartenprojektionen für Weltkarten geschaffen. Dabei sollten einerseits die verschiedenen Entwürfe mit ihren Besonderheiten in Bild und stichwortartigem Text vorgestellt werden. Andererseits legten wir besonderen Wert darauf, dass auch ungewohnte Aspekte zur Darstellung kommen. Wir waren auch bestrebt, die Netzbilder auch aus einem nicht eurozentrischen Blickwinkel darzubieten. Generell wurde auf die Aufnahme von Kartennetzen verzichtet, wie sie für Länder oder Kontinente Anwendung finden. Mit der Konzentration auf einen beschränkten Ausschnitt in den vorliegenden Bildern lässt sich aber bereits eine grobe Vorstellung darüber gewinnen, ob eine Projektion geeignet wäre und welcher Raum abgedeckt würde. Im Blick auf den breiten Interessentenkreis haben wir auf eine, allen wissenschaftlichen Ansprüchen genügende Umschreibung der einzelnen Projektionen verzichtet. Nähere Einzelheiten können auf Anfrage erläutert werden.

Prof. Dr. h.c. Ernst Spiess

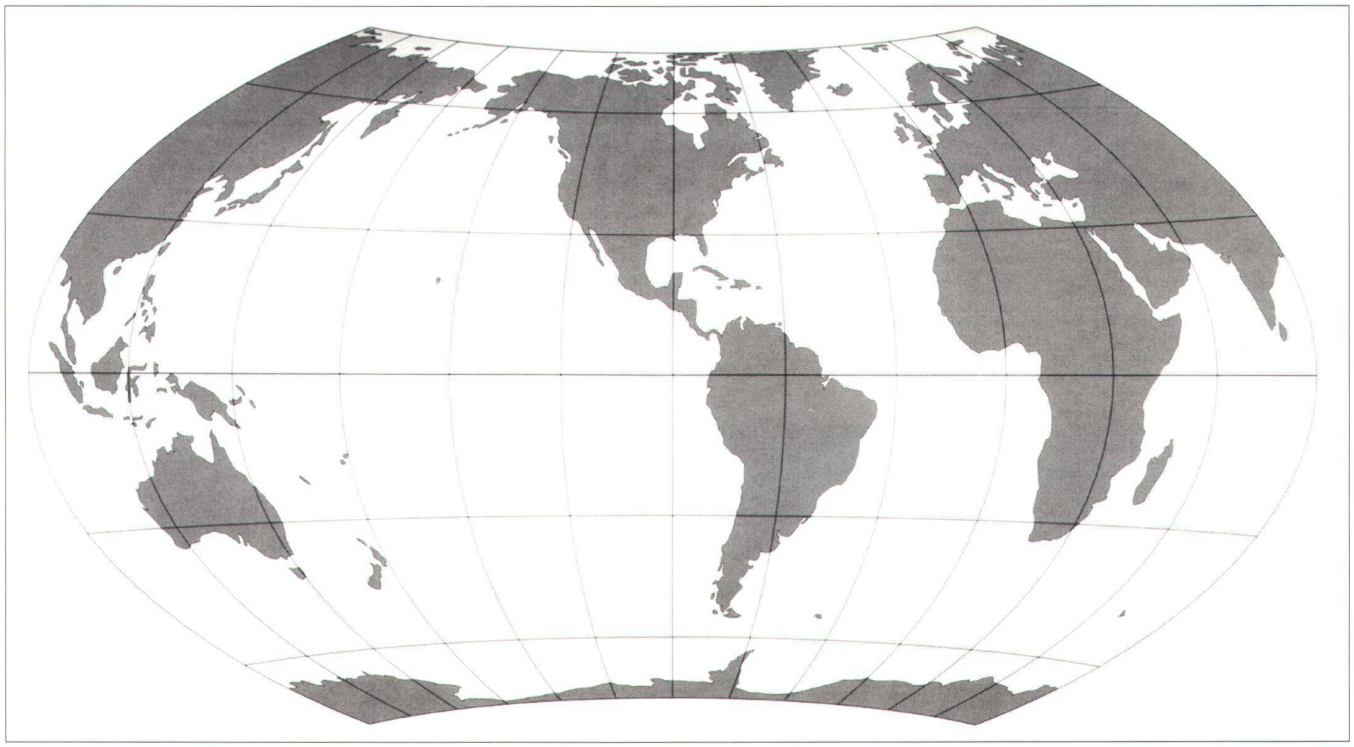

Abb. 3: Abbildung VII von Wagner. Ein flächentreuer azimutaler Netzentwurf, mit einer Geraden als Mittelmeridian, die halb so lang wie der Äquator ist. Die übrigen Meridiane sind Kurven, die den Äquator in unregelmässigen Abständen schneiden. Ihr Verlauf ist konkav zum Mittelmeridian. Die Breitenkreise, mit Ausnahme des Äquators, sind Kurven, welche den Mittelmeridian in ungleichen Abständen schneiden und konkav zum näheren Pol verlaufen. Es ist eine Symmetrie zum Mittelmeridian oder zum Äquator vorhanden. Der Netzentwurf ist auf den Punkt $b_o = 0°$, $l_o = 90°$ zen-

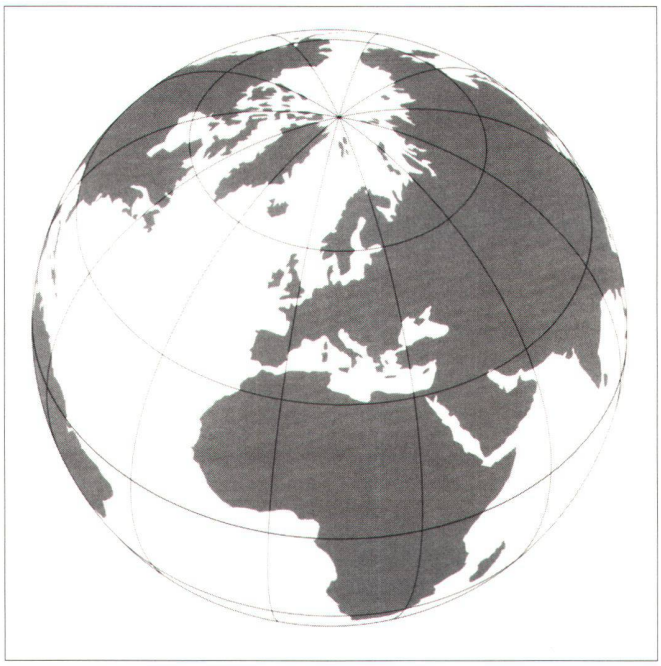

Abb. 4: Orthographische Abbildung (Parallelprojektion) mit einer Zentrierung auf Punkt $b_o = 45°$ und $l_o = 10°$. Bei dieser Abbildung liegt der Betrachtungspunkt im Unendlichen. Es kann nur die Hälfte der Erde dargestellt werden.

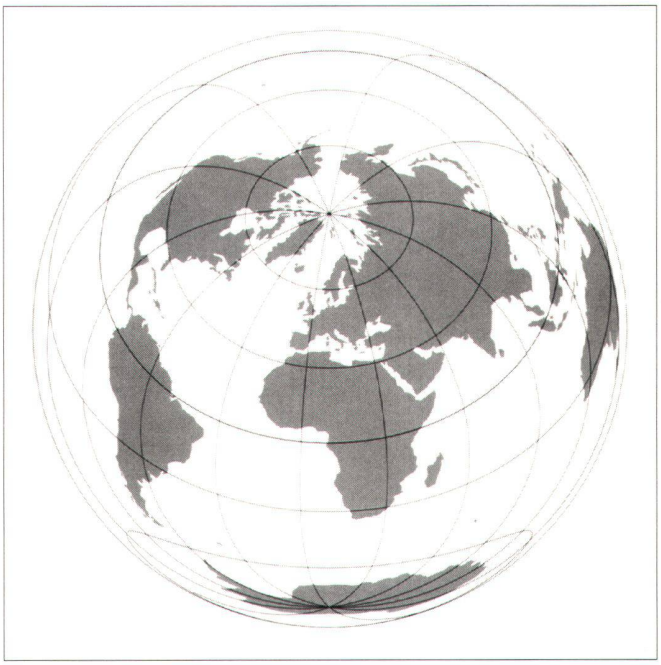

Abb. 5: Flächentreue Azimutalabbildung mit einer Zentrierung auf Punkt $b_o = 45°$ und $l_o = 10°$.

Charts (ONCs) 1:1 Million und für die Antarktis auf der 1:2 Million Jet Navigation Chart.
- EURODB, digitalisiert ab Kartenblättern von Europa aus der Serie der Internationalen Weltkarte (IKW) 1:1 Million.

Verwendung von vorhandenem Kartenmaterial

Eine Karte basiert immer auf einer spezifischen Abbildung (Projektion). Von Fall zu Fall kann diese bekannt sein. Sehr oft sind jedoch keine oder nur ungenügende Angaben zur verwendeten Projektion vorhanden. In diesem Falle lassen sich mit dem im folgenden beschriebenen Transformationsverfahren Kartenelemente von einer Abbildung in eine andere übertragen.

In einem ersten Schritt wird das analoge Kartenbild manuell digitalisiert. Mit dieser Digitalisierung werden die analogen Daten in digitale umgewandelt. Die einzelnen Kartenelemente liegen nun in vektorieller Form vor. Als Alternative zur sehr aufwendigen manuellen Digitalisierung ist bei Vorliegen von einfarbigem Kartenmaterial oder einfachen schwarz-weissen Kartenauszügen auch eine Erfassung durch Scannen möglich. Durch den Scannvorgang wird das analoge Bild in einzelne kleine Bildelemente sog. Pixel (picture elements) aufgelöst resp. aufgerastert. Dieses binäre Rasterbild, das nur schwarze und weisse Pixel enthält, kann anschliessend mit einem Vektorisierungsprogramm in Vektorzüge umgewandelt werden.

Im zweiten Schritt erfolgt eine Transformation dieser digitalen Vektordaten in geographische Längen- und Breitenwerte. Zur Vornahme dieser Koordinatenumwandlung wird eine Lagrange-Interpolation, welche sich auf geeignete Stützpunkte, meistens Netzschnittkreuze, abstützt, zurückgegriffen. Falls die Abbildung und die entsprechenden Parameter der Ausgangkarte bekannt sind, lassen sich die geographischen Koordinaten der zu transformierenden Kartenelemente auch über die inverse Abbildungsgleichungen ermitteln. Dabei wird vorausgesetzt, dass sich diese überhaupt algebraisch bilden lassen. Mit entsprechenden Projektionsprogrammen können nun diese Längen- und Breitenwerte in die gewünschte Abbildung umgerechnet werden.

Nicht alle Kartenvorlagen lassen sich vektorisieren: man denke zum Beispiel an Reliefzeichnungen und ähnliches. Für solche Fälle gibt es bereits kommerziell erhältliche Programmpakete, die eine Transformation von eingescannten Bildern von einer Abbildung in eine andere ermöglichen. Bei Transformationen von bekannter zu bekannter Abbildung erfolgt diese jeweils über die inversen Abbildungsgleichungen. Im Falle von bekannter resp. unbekannter zu unbekannter Abbildung kann der Anwender diverse Interpolationsverfahren einsetzen.

Für die Berechnung des Küstenlinienbildes in der vorliegenden Publikation wurde ein eigens dafür erzeugter Datensatz verwendet. Als Grundlage diente ein Küstenlinienentwurf, der für eine neue Weltkarte im Schweizer Weltatlas Verwendung fand. Diese in analoger Form vorhandenen Linien wurden am institutseigenen interaktiven CAD-System manuell als Linienzüge digitalisiert. Eine Transformation der durch diese Digitalisierung ermittelten planaren Situationskoordinaten in geographische Breite und Länge fand anschliessend statt. Dazu kam ein am Institut für Kartographie der ETHZ vom Autor entwickeltes Transformationsprogramm zum Einsatz, das auf Lagrange-Interpolationsalgorithmen beruht. Der auf diese Art erzeugte Datensatz von Küstenlinien umfasst insgesamt 5460 Punkte. Diese Koordinaten lassen sich mittels eines Projektionsprogrammes in die verschiedensten Projektionen umrechnen. Jedoch ist zu bedenken, dass das ursprüngliche Linienbild auf die Projektion der betreffenden Weltkarte abgestimmt war. Der Projektionskatalog enthält zahlreiche Abbildungen in verschiedenen Massstäben und in sehr unterschiedlichen Projektionen. Daher ist das Küstenlinienbild nicht in jedem Fall den jeweiligen Abbildungsverhältnissen optimal angepasst. Für die Erzeugung eines kartographisch einwandfreien Küstenlinienbildes wären von Fall zu Fall interaktive und/oder EDV-gestützte Überarbeitungen (Punktfiltrierungen, Linienglättungen) vorzunehmen.

Dasselbe gilt in der Regel ebenfalls, wenn für die Erstellung von Karten Daten aus bereits bestehenden Datenbanken verwendet werden. Denn die kartographischen Darstellungsregeln verlangen, dass der Inhalt jeder Karte ihrem Massstab und ihrem Zweck angepasst wird. Das Ausmass der Generalisierung variiert von Karte zu Karte. Eine gute Generalisierung ermöglicht den Informationsverlust als Folge der Massstabreduktion und der gewähltern Abbildungsart hinauszuzögern. Einzelne Formen können bei einer geringen Massstabsreduktion noch gut erkannt werden. Dies wird bei einer weitergehenden Reduktion unmöglich. Dann tritt ein Informationsverlust auf. Eine geometrische Generalisierung ist notwendig, um ein klares Kartenbild zu schaffen. Durch Zusammenfassen, Weglassen, Hervorheben und Umformen von Einzelheiten kann die Karte wieder lesbar gemacht werden. Dies lässt sich durch eine manuelle Überarbeitung des Küstenlinienbildes am Bildschirm der Arbeitsstation mit den vorhandenen Editierfunktionen realisieren oder auch EDV-mässig durch den Einsatz von Generalisierungs-Algorithmen.

Christoph Brandenberger:
Verschiedene Aspekte und Projektionen für Weltkarten
Institut für Kartographie
ETH Zürich, 1996
177 Seiten, 176 Abbildungen,
Fr. 28.–

Auskünfte:
Dr. Christoph Brandenberger
Institut für Kartographie
ETH Hönggerberg
CH-8093 Zürich