

**Studienrichtung Vermessungswesen  
Technische Universität Wien**

**GEOWISSENSCHAFTLICHE  
MITTEILUNGEN**

**Heft 39**

**KARTOGRAPHISCHE FORSCHUNGEN UND  
ANWENDUNGSORIENTIERTE ENTWICKLUNGEN**

herausgegeben von

**W. STAMS**

Institut für Kartographie  
und Geographie  
TU DRESDEN

**F. KELNHOFER**

Institut für Kartographie  
und Reproduktionstechnik  
TU WIEN

Veröffentlichung der Fachgruppe Geowissenschaften der TU Wien

Studienrichtung Vermessungswesen  
Technische Universität Wien

**GEOWISSENSCHAFTLICHE  
MITTEILUNGEN**

Heft 39

**KARTOGRAPHISCHE FORSCHUNGEN UND  
ANWENDUNGSORIENTIERTE ENTWICKLUNGEN**

herausgegeben von

**W. STAMS**

Institut für Kartographie  
und Geographie  
TU DRESDEN

**F. KELNHOFER**

Institut für Kartographie  
und Reproduktionstechnik  
TU WIEN

Veröffentlichung der Fachgruppe Geowissenschaften der TU Wien

Herausgeber, Verleger und presserechtlich für den Inhalt verantwortlich:

O. UNIV. PROF. DR. FRITZ KELNHOFER

Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik

Technische Universität Wien

Die Kosten für den Druck inklusive der mehrfarbigen Beilagen wurden vom Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik getragen.

Copyright: Alle Rechte bei den Verfassern

Druck- und Einband: Hochschülerschaft TU, Wirtschaftsbetriebe, 1040 Wien, Karlsgasse 16

Die Verfasser dieses Heftes widmen ihre Beiträge  
Herrn em. o. Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Pillewizer  
zum 80. Geburtstag.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

KELNHOFER, F. - W. STAMS: Vorwort der Schriftleiter	3
BERNHARDT, G.: Touristische Karten aus dem Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern	5
FRIEDLEIN, G.: Legenden und Texte in mehrsprachigen Atlanten	11
GARTNER, G.: Geländedarstellung in Alpenvereinskarten	17
GRIESS, H.: Die Funktion der Karte in der städtebaulichen Planung	25
GAEBLER, V.: Wahrnehmbarkeit, Verständlichkeit und Handhabbarkeit allgemeinbildender kartographischer Erzeugnisse	37
HERRMANN, P.: Zur arbeitswissenschaftlichen Seite automatisierter Kartenherstellung	47
HOFFMANN, F.: Automatisierte kartographische Expertensysteme der Generalisierung - Ein kybernetisierter Modellansatz	53
KELNHOFER, F. - J. KRIBBEL: Atlas Ost- und Südosteuropa (AOS) - photomechanische und digitale Kartenoriginalherstellung	65
KOCH, W.G.: Der Kontrast im Bild thematischer Karten	79
LECHTHALER, M.: Entropiekonzept und Geländeoberfläche	89
MEIER, S.: Informationsgrößen für generalisierte Punktfelder	99
POPP, A.: Karten der Höhenamplitude - Eine Möglichkeit zur Morphometrischen Erfassung der Erdoberfläche	107
STAMS, W.: Kartengestaltung als Lehrfach und seine Stellung im Dresdner akademischen Ausbildungsmodell	117
TÖPFER, F.: Grundlagen und Verfahren der Randanpassung von Punktobjekten	133
WILFERT, I.: Anwendungen von PROLOG in der Kartographie	143
AUTORENVERZEICHNIS	153

## Vorwort der Schriftleiter

---

Fritz Kelnhofer u. Werner Stams

Mit der Berufung von Prof. Dr. Wolfgang Pillewizer 1971 an die Technische Universität Wien reduzierten sich unter den gegebenen Bedingungen die persönlichen Kontakte zur alten Arbeitsstelle, der Technischen Universität Dresden, und deren Mitarbeitern auf ein Minimum. Die Entwicklung des neuingerichteten Instituts für Kartographie und Reproduktionstechnik in Wien und des Wissenschaftsbereichs Kartographie, der Nachfolgeeinrichtung des mit der Sektionsbildung aufgelösten Instituts für Kartographie in Dresden vollzogen sich über mehr als zwei Jahrzehnte getrennt und ohne direkte Kontakte.

In Dresden wurde das während des Jahrzehnts 1959/69 maßgeblich von Prof. Dr. W. Pillewizer geprägte Lehrprofil weitergeführt. Trotz mehrfacher Veränderungen am Studienplan blieben Konzeption und Ziel der Ausbildung zum Diplomingenieur für Kartographie erhalten. Dresden war und blieb über nunmehr 30 Jahre die einzige universitäre Ausbildungsstätte im deutschsprachigen Raum mit einer von der Immatrikulation bis zum Diplomabschluß durchgehenden eigenständigen Fachrichtung, wobei die Ausbildung im Grundstudium gemeinsam mit der Fachrichtung Geodäsie erfolgte. Zusätzlich waren mit der Hochschulreform von 1969 Prof. Dr. Ernst Neef und die meisten Mitarbeiter des Instituts für Geographie in den Wissenschaftsbereich Kartographie eingegliedert worden. Damit konnte auch die für eine Kartographieausbildung unerläßliche geographische Grundausbildung in enger Verbindung zur kartographischen Fachausbildung bis hin zu gemeinsamen Komplexübungen erfolgen.

Neben der Lehre wurde auch die Forschung zu einem wesentlichen Teil in der in den 60er Jahren begonnenen Richtung weiter betrieben. Arbeiten zur thematischen Kartographie und Kartengestaltung wurden weitergeführt, Untersuchungen zur Automatisierung kartographischer Prozesse und später zur Kartennutzung kamen hinzu. Von 1961, dem ersten Absolventenjahrgang der FR Kartographie, bis zum Februar 1991 wurden insgesamt 287 Diplomarbeiten von Studenten der Kartographie erfolgreich verteidigt sowie 30 A- und 4 B- Promotionsverfahren abgeschlossen. Zur Neustrukturierung der Technischen Universität Dresden wurden 1990 der Wissenschaftliche Rat der TU und alle anderen Univesitätsgremien neu gewählt, für alle Studiengänge neue Studiengangverantwortliche - für die Fachrichtung Kartographie Dr. sc. techn. W. G. Koch - eingesetzt. Im Rahmen der in ihrer fachlichen Breite erhaltenen und durch einige neue geowissenschaftlichen Studiengänge erweiterten Fakultät für Bau-, Wasser- und Forstwesen erfolgte die Bildung eines Insituts für Kartographie und Geographie. Zum geschäftsführenden Leiter des Vorstandes wurde Prof. Dr. -Ing. habil. F. Töpfer gewählt. Ein Antrag auf Wiedereinführung des Studienganges Geographie liegt dem sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kultur vor.

Von dieser Entwicklung und den wissenschaftlichen Arbeiten in Dresden konnte unter den gegebenen Bedingungen in den letzten Jahrzehnten im Ausland nur wenig bekannt werden, wie auch umgekehrt von den Arbeiten und Vorgängen im Ausland hier nur einzelne, die entgegen der staatlichen Forderung die wissenschaftlichen Kontakte über die Staatsgrenzen nicht abgebrochen hatten, über zugesandte Publikationen Kenntnis erhielten. So konnten dem Jubilar auch zum 75. Geburtstag nur wenige aus dem Dresdner Kollegen- und Schülerkreis brieflich oder persönlich ihre Glückwünsche übermitteln. Fünf Jahre danach ergab sich mit der Wende in Deutschland und Europa eine neue Situation: Offizielle Kontakte sind wieder

möglich und werden genutzt. Dank dem Entgegenkommen des jetzigen Vorstandes des Instituts für Kartographie und Reproduktionstechnik der Technischen Universität Wien, Prof. Dr. Fritz Kelnhöfer, können die noch an der Technischen Universität Dresden tätigen Mitarbeiter des Jubilars zusammen mit Absolventen aus Jahrgängen dieser Schaffensperiode Ergebnisse ihrer fachlichen Arbeit in einer gemeinsamen Publikation der internationalen Öffentlichkeit vorstellen und sie als geschlossenes Präsent dem Jubilar zu seinem 80. Geburtstag widmen. Möge dies der Beginn einer engen wissenschaftlichen Zusammenarbeit beider Institute sein!

Dresden, im März 1991

WERNER STAMS  
Mitglied des Wiss. Rates  
der Techn. Univ. Dresden

Das Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU Wien hat die Möglichkeit der nunmehr wieder engeren fachlichen wie auch persönlichen Beziehungen zum fachverwandten Institut für Kartographie und Geographie der TU Dresden gerne wahrgenommen, um die zwar nicht unterbrochenen, aber doch erheblich erschwerten Kontakte wieder zu intensivieren. Aufgrund eines ersten Gespräches im Spätsommer 1990 zwischen Univ. Doz. Dr. Werner Stams und dem Unterzeichneten entstand die Idee, diese neue Zusammenarbeit durch eine Publikation zu begründen, welche dem ehemaligen Leiter beider Institute, O. Univ. Prof. Dr. Wolfgang Pillewizer, aus Anlaß seines 80. Geburtstages gewidmet werden sollte. Darüber hinaus übernahm das Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik auch die Aufgabe, ein kartographisches Kolloquium für den Jubilar zu organisieren, welches durch Vorträge von Mitgliedern beider Institute gestaltet werden sollte.

Dem Unterzeichneten ist es ein Anliegen, vor allem Herrn Univ. Doz. Dr. Werner Stams als Schriftleiter der "Dresdner Beiträge" für die problemlose Zusammenarbeit bestens zu danken. Der Dank gilt aber auch allen Autoren, die spontan bereit waren, Manuskripte für diesen gemeinsamen Sammelband zur Verfügung zu stellen. Den wissenschaftlichen und technischen Mitarbeitern des Instituts für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU Wien oblag die reprotechnische und drucktechnische Abwicklung des Bandes 39 der "Geowissenschaftlichen Mitteilungen". Für ihre Unterstützung und ihren Arbeitseinsatz möchte der Unterzeichnete seinen Mitarbeitern Dank abstaten.

Wien, im Juni 1991

FRITZ KELNHOFER  
Vorstand des Instituts  
für Kartographie und  
Reproduktionstechnik TU Wien

## Touristische Karten aus dem Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern

---

Günter Bernhardt

(mit 1 Faltkarte im Anhang)

Als im Februar 1987 durch die touristische Informationseinrichtung "Schwerin-Information" der Verkauf des lang erwarteten neugestalteten Faltprospektes "Schwerin" begann, fand damit ein kartographisches Vorhaben aus dem damaligen Betrieb Geodäsie und Kartographie Schwerin, jetzt Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern, seinen Abschluß. Trotz mancher bürokratischer Hemmnisse konnte damit eine erfolgreiche Entwicklungsreihe bei der Herausgabe touristischer Karten für das Territorium des heutigen Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern eingeleitet werden. Zuvor war die kartographische Kapazität dieses Betriebes Jahr für Jahr überwiegend auf die Bearbeitung topographischer Karten konzentriert. Unter den vereinzelt, jedoch keinesfalls unbedeutenden Arbeitsergebnissen auf dem Gebiet der thematischen Kartographie waren touristische Karten bisher nicht vertreten.

Ergänzend sei vermerkt, daß nach mehreren vorangegangenen Umstrukturierungen der ab 1.1.1971 innerhalb des VEB Kombinat Geodäsie und Kartographie bestehende Volkseigene Betrieb Geodäsie und Kartographie Schwerin ab 1.7.1990 zunächst zum Staatsunternehmen und dann ab 1.1.1991 zum Landesvermessungsamt umgebildet wurde.

### 1. Die ersten Schritte

#### 1.1. Übersichtskarte 1 : 25 000 von Schwerin

Mit der Herausgabe eines dreisprachigen (deutsch, russisch, englisch) Faltprospektes durch die dem damaligen Rat der Stadt Schwerin nachgeordnete Einrichtung "Schwerin-Information" in Zusammenarbeit mit dem Rechtsvorgänger unseres heutigen Landesvermessungsamtes wurde dem Anliegen entsprochen, vor allem die ständig steigende Anzahl der Touristen in einem kurzen Überblick über die Stadt zu informieren. In der mit Farbphotos ansprechend gestalteten handlichen Publikation findet der Leser etwas über die Entwicklung der Stadt, Hinweise auf ihre bedeutendsten Sehenswürdigkeiten und eine neunfarbige Übersichtskarte im Maßstab 1 : 25 000 (mit Nebenkarte des Stadtzentrums im Maßstab 1 : 15 000) für den wichtigsten Teil des Stadtgebietes.

Die Arbeiten zur Schaffung dieser neuen Übersichtskarte von Schwerin wurden bereits 1985 begonnen; in diesem Jahr feierte die heutige Landeshauptstadt als älteste mecklenburgische Stadt ihr 825jähriges Bestehen. Neben den verschiedenen zu diesem Anlaß erschienenen Publikationen konnte die in einem damals von "Schwerin-Information" herausgegebenen Faltprospekt enthaltene Übersichtskarte den Anforderungen nicht mehr genügen. Um hier Abhilfe zu schaffen, bot die Betriebssektion der Kammer der Technik kartographischen Fachkräften im damaligen Betrieb Schwerin den möglichen organisatorischen Rahmen. Eine Arbeitsgruppe unter Leitung des Verfassers erarbeitete in enger Zusammenarbeit mit dem Herausgeber des Faltprospektes in ehrenamtlicher Tätigkeit den Kartenentwurf, während die Herausgabearbeiten auf der Grundlage eines Wirtschaftsvertrages als dienstliche Aufgabe realisiert wurden. Ein gutes und richtungsweisendes Arbeitsergebnis - eine ausführliche Schilderung erfolgte in der Zeitschrift "Vermessungstechnik" (BERNHARDT, 1988) - wurde neben den in guter graphischer Qualität ausgeführten Herausgabearbeiten vor allem erreicht durch einen gelungenen Blattschnitt sowie zweckmäßige Anwendung von kartengestaltenden Ausdrucksmitteln und kartographischen Generallsierungsmethoden. Besonderer Wert wurde auf lückenlose Abstimmung des Karteninhalts mit dem Text des Faltprospektes gelegt. Hervorzuheben ist außerdem das Sortiment neu entworfener symbolhafter Signaturen für touristisch bedeutende Objekte; es wurde in der Folgezeit noch vervollkommen und auf weitere Kartenmaßstäbe ausgedehnt. Auf Grund des kontinuierlich großen Bedarfs erfolgten zwischenzeitlich bereits zwei Laufendhaltungen der Übersichtskarte bei gleichzeitiger Umstellung des gesamten Faltprospektes auf eine jeweils gesonderte Herausgabe in 8 Sprachen (deutsch, russisch, englisch, französisch, polnisch, tschechisch, ungarisch, estnisch).

## 1.2. Orientierungskarte 1 : 10 000 von Güstrow

Auf Grund der allgemein günstigen Aufnahme und anerkennenden Beurteilung, die die neugeschaffene Übersichtskarte von Schwerin fand, äußerte die zweite im damaligen Bezirk Schwerin befindliche Informationseinrichtung "Güstrow-Information" bereits Anfang 1987 den dringenden Wunsch nach Herstellung einer Orientierungskarte in der Art eines Stadtplanes, da ein solcher für diese Stadt letztmalig 1957 erschienen war.

Güstrow - Kreisstadt sowie kulturelles Zentrum im Nordosten des Bezirkes Schwerin - besitzt als alte mecklenburgische Stadt (Stadtrecht seit 1228) neben mehreren kulturhistorisch bedeutenden Sehenswürdigkeiten vor allem auch Ernst-Barlach-Gedenkstätten. Der Graphiker und Dichter Ernst Barlach lebte von 1910 bis zu seinem Tode 1938 in Güstrow. Die bevorstehenden vielfältigen Ehrungen anlässlich des 50. Todestages dieses bedeutsamen Künstlers und Humanisten und die damit im Jahre 1988 zu erwartenden zahlreichen auswärtigen Gäste verliehen der Forderung nach rascher Bereitstellung der vorgenannten Orientierungskarte zusätzliches Gewicht.

Unter Anwendung und Weiterentwicklung der bereits bei der vorgenannten Übersichtskarte Schwerin erfolgreich angewandten Arbeitsmethoden wurde rechtzeitig am Anfang des Jahres 1988 die geforderte Karte (neunfarbig) fertiggestellt, wobei die Strichelemente durch Negativgravur auf Folie im Herausgabemaßstab hergestellt wurden, wie auch bei der vorgenannten Übersichtskarte von Schwerin. Die Orientierungskarte wurde ebenfalls Bestandteil eines dreisprachigen (deutsch, russisch, englisch) Faltprospektes, herausgegeben von "Güstrow-Information", und inzwischen bereits einmal laufendgehalten.

## 1.3. Umgebungskarte 1 : 100 000 von Güstrow

Während es bei den vorstehend geschilderten Karten noch nicht möglich war, topographische Karten des Herausgabemaßstabs als Ausgangsmaterial für die Herstellung dieser touristischen Karten zu nutzen, eröffneten sich mit einer Änderung von entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen im Laufe des Jahres 1988 durch die neu in Kraft gesetzte Geo-Kart-Sicherheitsanordnung vom März 1988 bereits neue Möglichkeiten einer diesbezüglichen Verwendung von Topographischen Karten in der Variante als Ausgabe für die Volkswirtschaft. Die Topographischen Karten (Ausgabe für die Volkswirtschaft) werden im folgenden Abschnitt charakterisiert. Hier sei zunächst nur festgestellt, daß die Topographische Karte 1 : 100 000 (Ausgabe für die Volkswirtschaft) flächendeckend vorliegt und sich auf Grund ihrer Gestaltung hervorragend für die Ableitung touristischer Karten eignet.

Als Folge der vorangegangenen gedehlichen Zusammenarbeit erteilte 1989 "Güstrow-Information" auf Grund des großen Bedarfs und des Fehlens einer Karte für Touristen in Güstrows Umgebung den Auftrag an den Betrieb Schwerin zur Schaffung einer Umgebungskarte im Maßstab 1 : 100 000, vorgesehen als Beilage für eine Publikation mit touristisch interessierendem Inhalt. Aufbauend auf bereits gewonnenen Arbeitserfahrungen und ihrer Anwendung nun auch auf einen weiteren Maßstab, wurde mit der direkten Nutzung der Topographischen Karte 1 : 100 000 (Ausgabe für die Volkswirtschaft) und ihrer thematischen Veränderung ein Arbeitsergebnis (Druck in 5 Farben) erzielt, welches den Erwartungen auch hinsichtlich der Kartengestaltung voll entsprach und erneut den Weg wies zur Nutzung des umfangreichen Fundus der topographischen Karten.

## 2. Vorhandene topographische Kartenwerke

Vom Territorium der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik bestehen zwei flächendeckende topographische Kartenwerke mit weitgehend übereinstimmender Maßstabreihe :

- Topographische Karten (Ausgabe für staatliche Aufgaben, gelegentlich auch als Ausgabe Sicherheit bezeichnet, abgekürzt "AS")
- Topographische Karten (Ausgabe für die Volkswirtschaft, abgekürzt "AV").

Als Folgewirkung der in der ehemaligen DDR eingetretenen politischen Veränderungen wurden erstmals hochwertige moderne topographische Karten dieses Territoriums in vollem Umfang der Öffentlichkeit zugänglich; damit standen sie auch als Ausgangsmaterial für die Ableitung touristischer Karten nach mehreren, in einer raschen Entwicklung erreichten Zwischenstufen schließlich uneingeschränkt zur Verfügung.

## 2.1. Topographische Karten (AS)

Topographische Karten (AS) wurden in folgender Maßstabsreihe bearbeitet: 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000 und 1 : 1 000 000. Es sind Gradabteilungskarten, deren Blattschnitt und Nomenklatursystem dem von der Internationalen Weltkarte 1 : 1 000 000 vorgegebenen System entspricht. Als geodätische Grundlage dient das Erdellipsoid von Krassowski mit 6°-Meridianstreifensystem nach Gauß-Krüger. Die Höhenangaben sind Normalhöhen, bezogen auf den Höhen-Null-Punkt (Kronstädter Pegel). Für Karteninhalt und -gestaltung sind die Verwendung von traditionell gestalteten Kartenzeichen sowie die Anwendung zahlreicher spezieller Kartenzeichen für topographische Objekte einschließlich zahlreicher und differenzierter Charakteristiken und Schriftzusätze zur qualitativen und quantitativen Beschreibung der topographischen Objekte bezeichnend. Alle Kartenzeichen sind in der Maßstabsreihe standardisiert. Für städtische Gebiete werden anstelle von Topographischen Karten Topographische Stadtpläne in den Maßstäben 1 : 10 000 und 1 : 25 000 bearbeitet. Diese beinhalten Straßennamen, farblich hervorgehobene öffentliche Gebäude u. ä. sowie ein Verzeichnis der Straßen und eine Orientierungsübersicht für den gesamten jeweiligen Stadtplan auf der Rückseite jedes gedruckten Kartenblattes bzw. als Beiheft, wenn das Kartenblattformat für vorgenannte Angaben nicht ausreicht. Die Topographischen Karten werden in 4 Farben gedruckt (Topographische Stadtpläne in 5 Farben).

Auf die Etappe der Neuherstellung der vorgenannten Kartenwerke folgte die periodische Laufendhaltung der gesamten Maßstabsreihe. Die topographischen Veränderungen im Gelände werden im Grundmaßstab 1 : 10 000 erfaßt. Der Laufendhaltungsturnus ist mit 5 Jahren festgelegt und wurde inzwischen bereits viermal vollständig für alle Folgemaßstäbe realisiert, während die kartographische Laufendhaltung der Topographischen Karte 1 : 10 000 jeweils nur für einen Teil der Kartenblätter (rund 50 %) erfolgte. Topographische Karten (AS) standen bis 1989 fast ausschließlich militärischen und vergleichbaren Nutzern zur Verfügung.

## 2.2. Topographische Karten (AV)

Durch Ableitung von den Topographischen Karten (AS) entstanden die Topographischen Karten (AV); sie wurden jedoch in einer von den Topographischen Karten (AS) teilweise abweichenden Maßstabsreihe bearbeitet : 1 : 5 000, 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 750 000 und 1 : 1 500 000. Auch diese Karten wurden nach einheitlichen redaktionellen Dokumenten abgestimmt in der Maßstabsreihe hinsichtlich Blattschnitt, Kartenzeichen, numerischem Nomenklatursystem und Karteninhalt produziert.

Topographische Karten (AV) werden als Rahmenkarten hergestellt; die Ausdehnung der Kartenblätter entspricht etwa der Ausdehnung der jeweiligen Kartenblätter (AS). Als geodätische Grundlage wird das Erdellipsoid von Bessel mit 3°-Meridianstreifensystem verwendet. Alle Kartenblätter enthalten ein durchgängiges Orientierungsgitter (Gauß-Krüger). Karteninhalt und -gestaltung sind charakterisiert durch die Anlehnung an die traditionell in topographischen Karten verwendeten Kartenzeichen, jedoch stärkere Generalisierung und Vereinfachung zur Darstellung der topographischen Situation, womit u. a. ein verbessertes Platzangebot für die Eintragung thematischer Elemente erreicht wird. Auf qualitative und quantitative Angaben zur Charakterisierung der topographischen Objekte, wie z.B. Baumaterial für Straßen und Brücken, Länge und Fahrbahnbreite für Brücken, Fahrbahn- und Gesamtbreite für Straßen, relative Höhen für Gebäude und Böschungen, Fließgeschwindigkeit für Gewässer u. v. a., wird je nach Maßstab und Ausgabevariante völlig oder teilweise verzichtet.

Ähnlich gestaltet wie bei Topographischen Stadtplänen (AS) werden für städtische Gebiete Topographische Stadtpläne (AV) herausgegeben, jedoch außer in den Maßstäben

1 : 10 000 und 1 : 25 000 auch im Maßstab 1 : 5 000. Die Anzahl der Druckfarben variiert je nach Maßstab und Kartenart zwischen 1 und 7, wobei neben Mehrfarbendruckern auch einfarbige Drucke sowohl opak als auch transparent angeboten werden.

Topographische Karten (AV) werden seit 1965 in verschiedenen Ausgaben hergestellt. 1978 wurde mit ihrer Herstellung nach einem neuen, verbesserten System begonnen, das in den Folgejahren noch ergänzt und vervollkommen werden konnte. Über diese Topographischen Karten (AV) und Maßnahmen zu ihrer Bereitstellung für den Nutzer wurde ausführlich berichtet, vor allem von NISCHAN und SCHIRM 1981 sowie von SCHIRM 1984.

Eine periodische Laufendhaltung konnte bisher jedoch nur zum Teil durchgeführt werden, wodurch die überwiegende Anzahl der Kartenblätter inzwischen bereits relativ veraltet ist. Während gegenwärtig rund 50% der Topographischen Karte 1 : 10 000 (AS) und alle Topographischen Karten 1 : 25 000 (AS) bis 1 : 200 000 (AS) dem aktuellen Stand der Laufendhaltungsperiode 1986 bis 1990 entsprechen, ergibt sich bei den Topographischen Karten (AV) z. Z., daß nur rund 30% der Kartenblätter 1 : 10 000 und rund 65% der Kartenblätter 1 : 25 000 den Stand 1986 bis 1990 aufweisen. Alle anderen Kartenblätter sind älter und erfordern also bei ihrer Verwendung zur Ableitung touristischer Karten eine zusätzliche Aktualisierung.

### **3. Neue touristische Karten für Mecklenburg-Vorpommern**

Entsprechend dem großen Bedarf an guten groß- und mittelmaßstäbigen touristischen Karten für den Nordraum der ehemaligen DDR wurde auf Grund der geschilderten günstigen Voraussetzungen durch die Rechtsvorgänge des heutigen Landesvermessungsamtes Mecklenburg-Vorpommern im Laufe des Jahres 1990 unverzüglich neben der laufenden Bearbeitung topographischer Karten die Produktion von touristischen Karten aufgenommen sowie auch ein bedeutender Anteil an der Umsetzung der Orientierungen zur Intensivierung der Erzeugnisentwicklung im damaligen VEB Kombinat Geodäsie und Kartographie geleistet. Diese Zielstellungen waren zunächst auf die zu diesem Zeitpunkt mögliche unmittelbare Nutzung speziell der vorhandenen Topographischen Karten (AV) und des touristischen Informationsfonds zur Schaffung neuer kartographischer Erzeugnisse für den Bevölkerungsbedarf gerichtet.

Die nachfolgend skizzierten, jeweils in 5 bzw. 6 Farben gedruckten neuen kartographischen Erzeugnisse - thematisch veränderte Topographische Karten (AV) mit zweckmäßiger Aktualisierung, Gestaltung der Rückseite mit verschiedenen touristischen Informationen - wurden durch den Betrieb Schwerin herausgegeben bzw. auch im Auftrag für andere Herausgeber bearbeitet. Den Auftakt bildete ein Willkommensgruß an die Besucher Schwerins.

#### **3.1. "Herzlich willkommen in Schwerin"**

##### **Orientierungsübersicht (Ausschnitt Stadtzentrum) 1 : 10 000**

Ab 24. Dezember 1989 entfielen für die Bürger der damaligen Bundesrepublik Deutschland Beschränkungen bei Besuchsreisen in die damalige DDR. Auch Schwerin erlebte noch im Dezember 1989 und in den nachfolgenden Monaten einen bis dahin nicht gekannten massenhaften Zustrom von Touristen, vor allem aus Schleswig-Holstein, Hamburg und Niedersachsen. Dies veranlaßte zu schnellem Handeln; am Jahresanfang 1990 wurde erstmals auf der Basis des Topographischen Stadtplans 1 : 10 000 (AV) eine inhaltsreiche Orientierungsübersicht des zentralen Stadtgebietes von Schwerin hergestellt. Sie wurde in der Gestaltung zweckmäßig an den Topographischen Stadtplan angepaßt und mit der betriebseigenen älteren Andruckpresse vervielfältigt, wobei bestimmte, dadurch verursachte graphische Mängel den Wert dieser Arbeit nur unbedeutend mindern konnten.

#### **3.2. Stadtpläne 1 : 10 000 der Städte Grevesmühlen und Neustadt-Glewe**

Unter Verwendung der Topographischen Karte 1 : 10 000 (AV) wurden diese Stadtpläne im Auftrag des jeweiligen Rates der Stadt hergestellt; für diese mecklenburgischen Städte existierten bisher keine aktuellen Stadtpläne. Für das Stadtzentrum ist jeweils eine zusätzliche Nebenkarte im Maßstab 1 : 5 000 enthalten.

### 3.3. Citypläne 1 : 10 000 für Schwerin und Wismar

Auf der Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10 000 (AS) angefertigt, bietet das Landesvermessungsamt seit Jahresende 1990 sowohl für die neue Landeshauptstadt als auch für die alte Hansestadt detaillierte und dabei übersichtlich gestaltete Citypläne, jeweils mit ausführlichen speziellen textlichen Informationen auf der Rückseite.

### 3.4. Umgebungskarte 1 : 25 000 "Wismar und die Insel Poel"

Mit dem erstmaligen Einsatz der Topographischen Karte 1 : 25 000 (AV) für die Herstellung einer touristischen Karte wurde eine eindrucksvolle kartographische Darstellung des Kerngebiets des geographischen Raumes Wismarbucht, einem teilw. überfluteten ehemaligen Gletscherzungenbecken, erreicht, wenngleich die Gestaltung der Karte im Detail noch einige Wünsche offen gelassen hat.

### 3.5. Wanderkarte 1 : 50 000 "Vom See zur See"

Anknüpfend an die im Jahre 1985 begonnene Zusammenarbeit entstand im Auftrage von "Schwerin-Information" auf der Basis der Topographischen Karte 1 : 50 000 (AV) eine Wanderkarte für das Gebiet vom Schweriner See bis zur Ostsee um Wismar, einem touristisch stark frequentierten Gebiet; das Fehlen einer solchen Karte wurde in den vergangenen Jahren zunehmend als starker Mangel empfunden.

### 3.6. Topographisch-Touristische Karte 1 : 100 000

Unter Verwendung der Topographischen Karte 1 : 100 000 (AV) wurde für Mecklenburg-Vorpommern die Herstellung eines einheitlichen und flächendeckenden Kartenwerkes begonnen, von dem als erstes Kartenblatt das Blatt Nr.3 "Rostock" bereits erschienen ist. Deutlich wird bereits bei diesem Kartenblatt, daß die Topographische Karte 1 : 100 000 (AV) auf Grund ihrer stärkeren Generalisierung der Bebauung eine sehr geeignete topographische Grundlage für die Schaffung einer übersichtlichen und dennoch aussagekräftigen touristischen Karte bietet.

Bei der reichhaltig ausgestatteten Rückseite - diese enthält u. a. auch ein Register der Siedlungsnamen, eine geographische Landschaftsbeschreibung und eine Aufzählung der wichtigsten, insbesondere kulturhistorischen Sehenswürdigkeiten - wird besonderer Wert auf die Abstimmung mit dem Karteninhalt der Vorderseite gelegt.

Von den 17 vorgesehenen Kartenblättern entsteht die Mehrzahl durch Zusammenfügen von je zwei Kartenblättern der Topographischen Karte 1 : 100 000 (AV). Die Bearbeitung der touristisch besonders bedeutenden Gebiete (Ostseeküste, Mecklenburgische Seenplatte, Westmecklenburg) wird gegenwärtig forciert; sie soll noch im Jahre 1991 abgeschlossen werden.

## 4. Ausblick

Mit der Herausgabe von touristischen Karten hat das Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern die Realisierung einer schönen und interessanten kartographischen Aufgabe begonnen. Die jetzt mögliche Verwendung aller topographischen Karten bietet dafür optimale Voraussetzungen. Neben der laufenden Produktion von topographischen Karten gilt es, weiterhin der Herausgabe von touristischen Karten den gebührenden Rang einzuräumen, ihre Laufendhaltung zum geeigneten Zeitpunkt durchzuführen und nach Vervollkommnung der Kartengestaltung zu streben.

In den neuen Bundesländern besteht gegenwärtig in der breiten Öffentlichkeit auf Grund vergangener Geheimhaltungsbestimmungen ein großes Defizit in der Kenntnis und Nutzung moderner und aktueller topographischer Karten. Dieses Defizit auch mit Hilfe davon abgeleiteter touristischer Karten schnellstmöglich abzubauen, diesem Ziel fühlen sich die Kartographen des Landesvermessungsamtes Mecklenburg-Vorpommern verpflichtet.

L i t e r a t u r :

- BERNHARDT, G. : Die neue Übersichtskarte von Schwerin - eine KDT-Initiative.  
In: Vermessungstechnik, Berlin 36(1988)6, S. 204-205
- NISCHAN, H.; SCHIRM, W. : Der Beitrag des staatlichen Vermessungs- und Kartenwesens zur Versorgung der Volkswirtschaft mit topographischen Karten.  
In: Vermessungstechnik, Berlin 29(1981)12, S. 417-419
- SCHIRM, W. : Zur weiteren Bereitstellung von topographischen Karten (AV) für die Volkswirtschaft der DDR. In: Vermessungstechnik, Berlin 32(1984)7, S. 221-222
- Gesetzblatt der DDR, Teil I Nr. 6 vom 29.3.1988 :  
Anordnung zur Gewährleistung von Ordnung und Sicherheit für geodätische und kartographische Erzeugnisse - Geo-Kart-Sicherheitsanordnung vom 8. März 1988

## Legenden und Texte in mehrsprachigen Atlanten

---

Günter Friedlein

Ohne eine frühgeschichtliche Betrachtung vorzuschalten, kann festgestellt werden: Schon die ersten "Kartenmacher" fanden und benutzten in ihren Karten Zeichen, die Qualitäten der dargestellten Sache ausdrücken sollten. Später wurden auch Quantitäten in den Zeicheninhalt einbezogen. Und um Mißverständnissen bei der Benutzung durch "Nichtfachleute" vorzubeugen, wurden die Karten mit Zeichenerklärungen versehen. Zeichenerklärungen oder Legenden: zu lesende, zur Kenntnisaufnahme empfohlene Erläuterungen. Mit zunehmender Vielfalt des Karten- und Zeicheninhalts wie auch mit abnehmender Anzahl der verbleibenden graphischen Möglichkeiten bei der Zeichengestaltung wurde es zur Notwendigkeit, zur Pflicht des Kartographen, eine Legende auf dem Kartenblatt unterzubringen. Auch der größer werdende Interessenten- und Nutzerkreis sowie die Kompliziertheit der Karteninhalte wurden zu fördernden Faktoren.

Mit dem Vordringen der Karten in alle Lebensbereiche - seit der zweiten Hälfte des 19. Jh. und besonders im 20. Jh. - entwickelten sich zwei Besonderheiten in der Legenden-gestaltung: erstens kam es zu Formen der Standardisierung, zweitens zur Umfangsvergrößerung - von der knappen Objektnennung zu kleinen Texten.

Die erste Profilierung der Legendenbearbeitung nahm ihren Ausgang im Rahmen der topographischen Kartographie. Die Darstellung aller auf der Erdoberfläche eines Landes verteilten Objekte sowohl natürlicher wie gesellschaftlicher (baulicher) Herkunft in Karten großen (die Ortlichkeit widerspiegelnden) Maßstabs verlangte die gleiche Zeichen- und Begriffsbehandlung auf jedem der vielen Blätter, die nötig wurden, um ein flächen-deckendes Kartenwerk des Landes zu erhalten. Die jeweilige Zeichenerklärung mußte knapp und treffend und damit schnell erfaßbar und merkbar sein. Ihr an die Seite wurde bekanntlich die Zeichenvorschrift gestellt, auf deren Grundlage das gleiche in der Natur erkannte (und vermessene) und bei der Kartennutzung wiederzuerkennende Objekt auf allen Kartenblättern in gleicher Weise dargestellt wird.

Die Herangehensweise bei der Schaffung topographischer Kartenwerke wurde und wird auch in Bereichen der thematischen Kartographie angewendet, wenn ein großmaßstäbiges Werk mit der entsprechend großen Anzahl von Kartenblättern entstehen soll; geologische, pedologische und geobotanische Kartenwerke sind Beispiele dieser Art. Trotz der Standardisierungskennzeichen, die besonders in den Aufnahme-richtlinien für diese Karten zum Ausdruck kommen, tendieren die Legenden stark zur zweiten Entwicklungsform; Erläuterungen zu den kartierten Einheiten werden in Heftform den Blättern beigegeben.

Wie schon erwähnt, zeichnet sich die zweite Profilierung durch die Erweiterung der einfachen Erklärung eines Kartenzeichens, einer Flächendarstellung zum Text aus. Das hat natürlich keine formalistischen Gründe, sondern resultiert aus dem Verwendungszweck und der Art der Inhaltsverallgemeinerung. Karten mit solchen Legenden haben einen betont wissenschaftlichen Charakter; mit ihrer Hilfe soll die Diskrepanz zwischen relativ einfacher Darstellung und kompliziertem Sachverhalt überbrückt werden. Es ist einleuchtend, daß diese Legendenart entstand, als sich der Atlastype des Regionalatlas (und seine spezielle Form - der Nationalatlas) entwickelte. Dem Ziel, die gesamte Vielfalt, die Komplexität der geographischen Realität einer Region zu erfassen und wiedergeben zu wollen, die Zusammenhänge und Wechselwirkungen natürlicher, wirtschafts- und kultur-geographischer Faktoren in ihrer räumlichen Bindung zu analysieren, Erscheinungs- und Funktionstypen durch Definition und Lokalisierung der kritischen Untersuchung zugänglich zu machen, konnten lapidare Zeichenerklärungen nicht genügen. Allerdings zeigte sich auch bald ein Nachteil dieser Entwicklung: Die Texte weiteten sich aus, wurden mitunter unübersichtlich. Für das Kartenstudium bzw. das Regionalstudium mit Hilfe von Karten erwies sich das wiederholte Lesen der Legendentexte als notwendig und - hinderlich. Als neue Konzentrations- und Kurzform entstanden Tabellen- und Matrixlegenden. Da es dennoch schwierig war, geographische Komplexanalysen ebenso wie Systembetrachtungen mit Atlaskarten und -legenden allein deutlich zu machen, kam es sogar zum Einfügen regelrechter, verschiedentlich mehrseitiger Textteile.

Freilich, ob Legendentexte in Schlagwortmanier (an einem Ende der "Skala") oder ausformulierte geowissenschaftliche Ergänzungstexte (am anderen Ende) - der Karten- und Atlasnutzer muß die (Text-)Sprache kennen; bei Themakarten reicht die "Internationalität" der Kartensprache nicht aus. Da aber Regionalatlanten auch Botschafter "ihrer" Region, "Ihres" Landes sein sollen, seltener produzierte, aber doch vorkommende methodische Lehratlanten gerade auch im Ausland Zeugnis von der wissenschaftlichen Entwicklung ablegen und Unterstützung bei der Ausbildung geben sollen, werden Kartographen, Geographen und andere Geowissenschaftler mit der Übersetzungsproblematik konfrontiert. Erst eine solche Dienstleistung verhilft diesen komplexen Wissens- und Informationsspeichern zu ihrer internationalen Wirkung.

Bei der Bearbeitung fremdsprachiger Legenden und Erläuterungstexte des "Atlas Deutsche Demokratische Republik" (1976/1981) und des "Atlas zur Interpretation von kosmischen Scanneraufnahmen. Multispektralsystem "Fragment". Methodik und Ergebnisse" (1989) konnte eine ganze Reihe von Erfahrungen gesammelt werden. War es beim erstgenannten Werk als zweckdienlich erachtet worden, die deutschen Texte (im stark legendenbezogenen Sinn) ins Russische, Englische, Französische und Spanische zu übertragen, galt es, bei der Verwirklichung der Konzeption des Lehratlas Legenden und Erläuterungstexte (vor allem auch in der Darlegungsform) aus dem Russischen (teilweise dem Deutschen) ins Englische und Deutsche (teilweise Russische) zu übersetzen.

Ein äußerlicher, visueller Vergleich zeigt, daß sich beide Atlanten grundsätzlich unterscheiden. Der Regionalatlas wurde in nur einer Ausgabe verlegt, und das bedeutete, Mittel zu finden, die vier Übersetzungen auf jedem Atlasblatt gemeinsam und in gegenseitiger sachlicher Zuordnung unterzubringen. Er enthält überwiegend knappe "Begriffslegenden", in einigen Fällen auch kurzgefaßte Texte. Da die Vorderseite vollkommen von der kartographischen Darstellung einschließlich der "Hauptlegende" in deutscher Sprache und entsprechenden Lese- und Interpretationsbeispielen, manchmal auch ergänzenden graphischen Darstellungen eingenommen wird, sind die fremdsprachigen Legenden auf der Blattrückseite plaziert. Zur "Verbindung" von Vorder- und Rückseite, Karte und übersetzter Legende, werden die optischen und logischen Hilfsmittel genutzt: Wiederholung des deutschen Wortlauts in der Mitte der Seite, Spalten- und Kurzzeilenanordnung, Betonung der Abschnittsgliederung (halbfette Zwischenüberschriften) und strenge Zeilenhaltung zwischen benachbarten Legenden. Obwohl die (rückseitige) Wiederholung der Legendengraphik die Handhabbarkeit verbessert hätte, konnte diese Idee nicht realisiert werden.

Der Interpretationsatlas sowjetischen Satellitenbildmaterials erschien jeweils vollständig in einer russischen, deutschen und englischen Ausgabe, d.h. alle Texte - Begriffslegenden, Bildunterschriften, Textlegenden und Erläuterungstexte - konnten abbildungsgerecht plaziert werden; die jeweilige Zuordnung kann also problemlos vom Nutzer erkannt werden. Allerdings ist es in einem solchen Fall notwendig, schon bei der Gestaltung jedes Atlasblattes die unterschiedlichen Textlängen in den betreffenden Sprachen zu berücksichtigen. Da die Fremdsprachenvarianten meist noch nicht zu Beginn der graphischen Herstellungsarbeiten vorliegen, muß spätestens zu diesem Zeitpunkt die gestalterische Mitarbeit des Textredakteurs beginnen. Oder - und das ist eine der grundsätzlichen Schlußfolgerungen aus den genannten Produktionen - für die Redaktion der fremdsprachigen Texte wird ein wissenschaftlicher Kartograph gewonnen, der über Erfahrungen aus geographisch-kartographischen Arbeiten sowohl in der Muttersprache als auch in Fremdsprachen verfügt. Diese Kombination von kartographischem, geographischem, sprachlichem und technischem Wissen ist für jede Atlasredaktion mit internationaler Zielrichtung ein Gewinn. (So erhält, am Rande vermerkt, das Sprachstudium als Teil der universitären Kartographieausbildung zumindest für in dieser Hinsicht begabte Studenten eine neue Dimension.)

Die Betonung der Wissens- und Interessenkombination hat auch "von der anderen Seite" ihre Berechtigung. Besonders (da zeitlich vorgelagert) bei der Arbeit an den Fremdsprachenlegenden der Karten des "Atlas DDR" wurde deutlich, daß selbst sprachlich gebildete und des Deutschen mächtige Ausländer ("Muttersprachler") keine Übersetzungen von ausreichender Qualität liefern, wenn sie nicht schon eine ausgeprägte Beziehung zu Geographie und Kartographie besitzen, wenn sie nicht wissen oder erkennen, welches sachliche "Gebäude" hinter einem Legendenbegriff steht. So muß dem Übersetzer klar sein, daß er mit der Festlegung einer Kartenzeichenerklärung oft eine Hierarchiestufe beschreibt, daß belzuordnende Begriffe "freigehalten" werden müssen, die eine Unter-

oder Überordnung ausdrücken können. Diese Begriffsrelationen tauchen möglicherweise nicht in derselben Legende, sondern erst in einer der folgenden auf. Weiter sollte beim Übersetzer ein Gespür dafür ausgebildet sein, und das entspringt vor allem der Vertrautheit mit der Materie, daß der vom Kartenautor gewählte Begriff nicht in jedem Fall in die Logik der anderen Sprache paßt. Diese Fähigkeit wird wiederum auch von dem Karten- bzw. Legendenfachmann in der Atlasredaktion verlangt: auch er muß Umfang, Einordnung, Nachbarschaft von gewählten Begriffen und Phrasen in den jeweiligen Sprachen kennen. Da die Ausgangstext- (Begriffs-)fassung das Vergleichsmaß bildet, muß er bedenken, daß der Karten- und Legendenautor (in seiner Mutter- und Fachsprachenauffassung) meist etwas "lockerer", nicht immer streng logisch formuliert, was dann zu Mißdeutungen seitens des Übersetzers führen kann; ohne die redigierte Übersetzung entstände die Mißdeutung wahrscheinlich beim Atlas- und Kartennutzer (!).

Schon ein flüchtiges Bekanntmachen mit dem Inhalt eines Regionalatlas läßt erkennen, daß sehr verschiedene Sachbereiche der Natur, der Wirtschaft und Bevölkerung, der Kultur und Lebensverhältnisse Gegenstand der Darstellung sind. In den wenigsten Bereichen wird der Übersetzer Spezialkenntnisse haben, auch er benötigt also Wörterbücher. Doch sowohl bei der Auswahl als auch bei ihrer eigentlichen Benutzung ist neuerlich kritischer Verstand, also (Fach-)Sprachkenntnis gefragt. Die Wahl sollte vor allem auf einsprachige (fremdsprachige) erklärende Wörter- und Fachwörterbücher fallen, aus deren Eintragungen der jeweilige Begriffsinhalt hervorgeht. "Einfache" zwei- oder mehrsprachige Fachwörterbücher, die Begriffsübertragungen bieten, bergen die Gefahr, daß die nicht zutreffende Übersetzung (allein) angeboten oder ausgewählt wird. "Normale" zweisprachige Wörterbücher sind für Aufgaben der vorliegenden Art nur eingeschränkt brauchbar. Die besten Arbeitsmittel sind die erklärenden Wörterbücher, in die auch Kontextbeispiele aus Handbüchern und anderen wissenschaftlichen Standardwerken einbezogen worden sind. Ihre Qualitäten bewiesen während der Arbeiten an den beiden Atlanten insbesondere das "Glossary of Geographical Terms" (STAMP, 1961) und seine russische Ausgabe bzw. Übertragung von 1975/76, das russische "Enzyklopädische Wörterbuch geographischer Termini" (1968; eine Neubearbeitung erschien 1988) und seine handbuchartige Ergänzung zur Physischen Geographie von 1970, der "Oxford Encyclopaedic Dictionary of Physical Geography" (1985), das in Russisch verfaßte "Wörterbuch nationaler geographischer Termini" (MURSAJEW, 1984), das "Vocabulaire .. de Geomorphologie" (BAULIG, 1956), der "Longman New Universal Dictionary" (1982) und das "Sowjetische enzyklopädische Wörterbuch" (1981). Als gut recherchierte und redigierte zwei- oder mehrsprachige Fachwörterbücher erwiesen sich das "Wörterbuch der Geowissenschaften Russisch-Deutsch" (TESCHKE, 1964), das russische "Geobotanische Wörterbuch" (1965; viersprachig), das "Langenscheidt-Wörterbuch der Landwirtschaft" (bisher 4 Auflagen; viersprachig plus Latein), die Reihe der Junckers-Wörterbücher der industriellen Technik (zweisprachig) und das "Mehrsprachige Wörterbuch kartographischer Fachbegriffe" (1973). Aber auch solcherart ausgerüstet, muß der Übersetzer noch die für die vorliegende Legende oder Textpassage zutreffende Wortwahl vornehmen.

Je losgelöster und knapper die Formulierung ist, desto wichtiger ist die richtige Übertragung; eingebunden in einen Text, können Fehler unter Umständen noch von dem den Atlas nutzenden Fachwissenschaftler erkannt werden. Dennoch bezieht sich "losgelöst und knapp" nicht nur auf Ein-Wort-Erklärungen (zusätzlich erinnert sei hier an die in den Sprachen unterschiedlich ausgeprägten Möglichkeiten der Wortzusammensetzung), auch in dreizeiligen Kurztexten kann jedes Wort so aussagebestimmend sein, daß auch nur ein Fehler die Information verfälscht. Nur wenige Beispiele mögen das illustrieren:

- Muldental / lozbina (russ.) / vale (engl.) / (in Franz. und Span. zusammengesetzte Konstruktion)
- Sohlenkerbtal / loscina (russ.) / valley with small flat bottom / (in Franz. und Span. analog konstruiert)
- Oberschußgebiet / rajon s izllsnej produkcej (russ.) / surplus area (engl.) / region excedentaire (franz.) / region excedentaria (span.)
- Zufuhrgebiet / (alle Übertragungen zusammengesetzte Konstruktionen).

Gleiches gilt für die ins Deutsche gebrachte Erklärung einer Flächendarstellung: Gering erosiv zerschnittenes, durch Sandstein bewehrtes Strukturplateau mit geringmächtiger Schutt-Lehmdecke; Gras-Wermut-Wüste mit Zwergsaxaul auf schwach entwickelten braunen Böden.

Verblüffenderweise kann man trotz der langen Geschichte der Geographie, trotz vielfältiger Kontakte von Wissenschaftlern und internationaler Forschungsunternehmungen auf Begriffe stoßen, die in der Zielsprache keine (eingeführte) Entsprechung haben; hier gilt es, mit Sachverstand und Sprachgefühl Neues zu schaffen. Freilich tritt ein solcher Fall nicht selten dann auf, wenn ein Terminus aus einem bisher abseitigen Fachbereich in dem der Geographie auftaucht. Als Beispiele dafür können dienen:

- (russ.) stenka sryva - Abrißnische (eines Erdrutsches oder Bergsturzes) -  
(engl.) slide wall
- (russ.) verchnee krylo petli - Einlaufflanke (einer Mäanderschlinge) -  
(engl.) upper reach (of a river loop)
- (russ.) fakel vynosa - Schwebstofffahne (an einer Flußmündung) -  
(engl.) river load tongue
- (russ.) rybochodnyj kanal - Fischwanderungskanal (im Flachdeltabereich künstlich  
offen gehalten) - (engl.) fishway
- (russ.) vododelitel' - Wehr, Stromteiler (zur künstlichen Aktivierung eines  
Deltaarmes) - (engl.) barrage
- (russ.) (ustup) cinka - Steilabbruch, -stufe (im ostkasplischen Halbwüstengebiet) -  
(engl.) chink scarp
- (russ.) uval - Rücken - (engl.) ridge (im Südslaw. Mulde (!))
- (russ.) sbojnyj ucastok - durch Viehansammlungen devastiertes Areal (z.B. um  
Brunnen) - (engl.) grazed plot
- (russ.) defllirovannoe pastbisce - kahlgefressene Weide -  
(engl.) overgrazed pasture
- (russ.) polosa otvoda sosse - Vorbehaltstreifen (längs) der Fernverkehrsstraße -  
(engl.) highroad reservation zone
- (russ.) bajracnyj les - Bajrak-Wald, Talschlußdickicht -  
(engl.) hollow brush-wood
- (russ.) stanica - Großdorf - (engl.) large village.

Schließt die Übertragung solcher Begriffe fast automatisch die Erschließung ihres Inhalts und ihrer Abgrenzung zu Nachbarbegriffen, also geistige Arbeit ein, so verursacht das Auftauchen von Internationalismen eine Art Leichtfertigkeit. Vor ihr muß gewarnt werden (!): Es gibt Vertreter dieser Fachwortart, die nur der Form nach Internationalismen sind, in den einzelnen Sprachen aber Unterschiedliches bezeichnen. Einige "falsche Freunde des Übersetzers", die bei der Redigierung des Satellitenbildatlas auftauchten, sollen auch diese Feststellung begleiten:

- (russ.) fragment - (Karten-) Ausschnitt - (engl.) portion  
(aber im Deutschen und Englischen Bruchstück)
- (russ.) kartogramma - dt. und damit weitgehend analog (Flächen-) Kartogramm -  
(engl.) choropleth map (nicht 'cartogram')
- (russ.) kontur - Fläche, Fleck - (engl.) area, patch, plot  
(aber im Deutschen und Englischen Umriß (-linie),  
im Englischen außerdem Höhenlinie)
- (russ.) laguna - Haff (da im Ostseebereich), Lagune jedoch im Mittelmeerbereich  
und in der Südsee - (engl.) lagoon
- (russ.) massiv - Areal, geschlossene Fläche - (engl.) area  
(aber im Deutschen und Englischen Massiv, Berg (-gruppe))
- (russ.) akumuljaclja - dt. und damit analog Akkumulation (geomorph.) - (engl.)  
aggradation (aber engl. Anhäufung, Akkumulation (ökon.))

Ein besonderes Beispiel dieser Art ist der Terminus (russ.) landsaft, also Landschaft und (engl.) landscape; allerdings entsteht die Übersetzungsproblematik (Richtung Russisch-Deutsch oder Russisch-Englisch) aus dem wissenschaftlichen, physisch-geographischen Inhalt, mit dem der Begriff seit seiner Einführung unterlegt wurde. Er steht dort, allgemein gesprochen, für 'Naturraum' und wird für eine bestimmte (höhere) Stufe in der geochorologischen Hierarchie benutzt.

Natürlich darf und soll diese Warnung nicht zu einer überzogenen Skepsis vor Internationalismen führen. Sie sind mit dem wissenschaftlichen Austausch in viele Sprachen eingewandert und erleichtern die mündliche und schriftliche Kommunikation - auch das Studium der Legenden von thematischen Karten und der Erläuterungstexte. Allgemein haben solche mit lateinischen und griechischen Wurzeln einen großen Anteil, doch läßt

sich ein Teil des geographischen Fachwortschatzes auch auf andere (spätere) Kulturströmungen (des Französischen ins Deutsche und ins Russische, auch des Deutschen ins Russische) oder auf die erstmalige wissenschaftliche Beschreibung und Erklärung mit Hilfe der regional üblichen Bezeichnungen zurückführen (letzteres häufig in der geomorphologischen Terminologie). In Abhängigkeit von den eigenständigen wissenschaftlichen Aktivitäten der Geographen eines Landes kann der Begriffsinhalt verändert (erweitert oder eingengt) sein; das gilt es zu beachten.

Zur Kartenredaktion gehört immer auch die Kontrolle der kartographischen Originale - die geographisch-inhaltliche oder anderweitig thematische und die gestalterisch-technische (Signaturen- und Farbzunordnung, Schriftstand, graphische Qualität). Sind nun die redaktionellen Bemühungen darauf gerichtet, die Benutzung eines Kartenwerks im Ausland mit übersetzten Legenden oder gar Texten zu fördern, muß auch deren Montage kontrolliert werden. Dabei ist es gleich, ob sie "parallel" in einer mehrsprachigen Ausgabe oder in verschiedenen einsprachigen Ausgaben zur Verfügung gestellt werden sollen: Sowohl die ungenaue oder falsche gegenseitige Zuordnung der Legendentexte in der mehrsprachigen als auch die falsche Platzierung in der einsprachigen Ausgabe verkehren die Absicht ins Gegenteil. Selbst bei gut vorbereiteter, an Richtbuchstaben und -zahlen, gemessenem Zellenvorschub oder regelrechten Vorlagen orientierter Montage sind Fehler nicht ausgeschlossen, denn Legenden (-texte), Bild- und Diagrammbeschriftungen sowie erläuternde Texte in verschiedener Position verlangen, die Schriftfilme zu schneiden und einzupassen - in moderner Art auch am Bildschirm des Platzlergerätes. Die aufmerksame Durchsicht des Redakteurs für die Fremdsprachenbearbeitung ist notwendig.

Und wie bei der thematischen Karte, dem Atlasblatt als Ganzem, schließt sich auch bei den fremdsprachigen Legenden und Texten der Kreis. Der Kartenredakteur entwickelt nach dem Material des Kartenautors die dem Inhalt adäquate Form und die Herstellungsstrategie der Karte, er überwacht, legt selbst Hand an und kontrolliert. Ist der unterstützte ausländische Gebrauch mit im Kalkül, ist außerdem der Mitarbeiter gefragt, der die Übertragung der Erläuterungen entwickeln, befördern und kontrollieren kann. Beide Tätigkeiten sind in diesem Fall wesentliche Teile der Gesamtedaktion, die den Einsatz qualifizierter Kartographen verlangen. Ihrer Heranbildung hat sich über viele Jahre der hochverehrte Jubilar gewidmet.

#### L i t e r a t u r

- Atlas Deutsche Demokratische Republik. (Hrsg. E. LEHMANN). Gotha: Hermann Haack; Berlin: Akademie der Wissenschaften der DDR, 1. Lfg. 1976, 2. Lfg. 1981
- Atlas zur Interpretation von kosmischen Scanneraufnahmen. Multispektralsystem "Fragment". Methoden und Ergebnisse. (Hrsg. R. SAGDEEV, K. SALISCEV, H. KAUTZLEBEN, H. LODEMANN) Berlin: Akademie Verlag / Moskau: Verlag Nauka: dt. und engl. Ausg. 1989, russ. Ausg. 1988
- FRIEDLEIN, G.: Die fremdsprachigen Legenden im "Atlas DDR". Vortragskurzfassung in: Kartogr. Bausteine 1, Dresden 1982, S.69
- FRIEDLEIN, G.: Zur Gestaltung des Interpretationsatlas von Satellitenscanneraufnahmen. In: Sammelband 5. Konf. Fernerkundung und Geoinformatik; Veröff. des ZIPE Nr. 106, Potsdam 1989, S. 189-193

## Geländedarstellung in Alpenvereinskarten

---

Georg Gartner

### 1 Einleitung

Vielorts wird heute die Bedeutung und Notwendigkeit der Alpenvereinskartographie in Frage gestellt. Selbst innerhalb des Österreichischen bzw. Deutschen Alpenvereins gibt es zahlreiche Stimmen, die aus verschiedenen Gründen (vor allem finanziellen) eine Einschränkung der Produktivität bzw. eine vollkommene Einstellung der Alpenvereinskartographie fordern.

Was sind nun die Argumente, die sachlich solchen Bestrebungen entgegengehalten werden können:

1. Das von ARNBERGER, AURADA, FINSTERWALDER, u. w. m. schon vor Jahrzehnten verwendete Argument des Maßstabes:  
Für die Hochgebirgsgebiete Österreichs ist der Maßstab der amtlichen Karte mit 1:50.000 zu klein. Die von der amtlichen Kartographie nicht abgedeckte "Maßstabnische" 1:25.000 ist, aktueller denn je, das Betätigungsfeld der Alpenvereinskartographie im Hochgebirge.
2. Die Alpenvereinskartographie ist ein Forum für neue Methoden, neue Ideen in vielen Bereichen der Gebirgskartographie, vor allem in der Geländedarstellung. Als "kleiner" Kartenhersteller ist eine größere Flexibilität, eine größere Offenheit neuen Strömungen gegenüber möglich.
3. Die Herstellung von qualitativ hochstehenden Gebirgskarten der Alpengebiete Österreichs, gleichermaßen für Wissenschaftler und Bergsteiger, zum Zwecke der Orientierung sowie als Unterlage für wissenschaftliche Fragestellungen (kartometrische Auswertungen, geographische Interpretationsmöglichkeit), ist nicht nach streng wirtschaftlichen Maßstäben bewertbar.

Heutige Alpenvereinskarten sind nach ihrem wichtigsten Unterscheidungsmerkmal, der Geländedarstellung, in vier Gruppen unterteilbar:

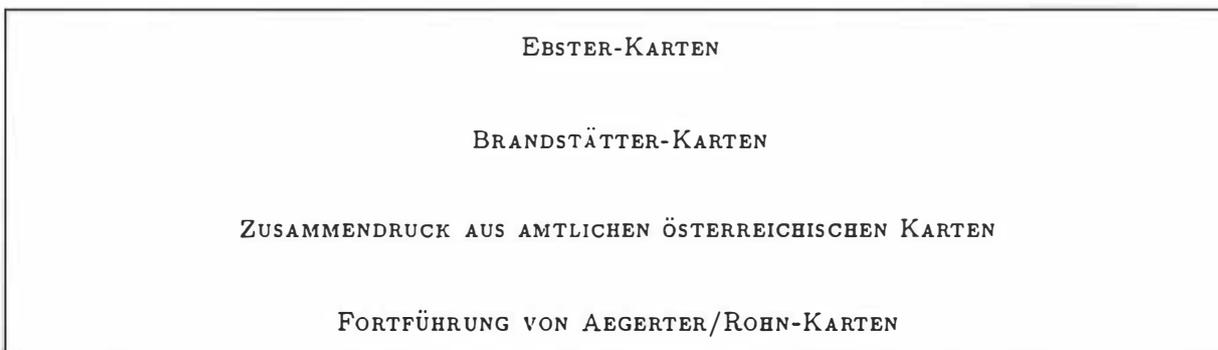


Abbildung 1: Aktuelle Typen von Alpenvereinskarten

Neben den jeweiligen Besonderheiten in der Geländedarstellung gibt es noch eine Reihe von Unterscheidungsmerkmalen in der Kleinformendarstellung, Situationsdarstellung, Bodenbedeckungsdarstellung, Namensgut, etc. .

Eine Betrachtung und Benützung der Alpenvereinskarten wird durch die Tatsache erschwert, daß es sich um kein einheitliches Kartenwerk handelt. Jede Karte besitzt ihren eigenen Zeichenschlüssel, ihre eigene Farbgebung und Gestaltung, trägt die persönliche Handschrift des Bearbeiters.

In dieser kurzen Zusammenstellung der aktuellen Alpenvereinskarten wird vor allem der Geländedarstellung Aufmerksamkeit gewidmet.

## 2 Ebster-Karten

Die vom langjährigen Alpenvereinskartographen FRITZ EBSTER (1901-1979) gestalteten Karten umfassen Blätter der Stubaier Alpen (1937-1939), der Ötztaler Alpen (1949-1954), des Arlberggebietes (1956), des Wetterstein-Mieminger Gebirges (1960-1964) und des Toten Gebirges (1967-1974).

FRITZ EBSTER entwickelte eine eigene Art der Geländedarstellung, eine Kombination von Höhenlinien mit einer charakteristischen Haarstrichfelszeichnung, die aus der Forderung nach Verbindung von Felszeichnung und Höhenlinien in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entstanden ist.

Die auch als EBSTER-Manier bezeichnete Geländedarstellungsmethode verwendet bei voll erhaltenen Höhenlinien Haarstriche um Felsflächen darzustellen. Je nach Lage, Neigung und Beleuchtung werden die Strichlagen mehr oder weniger kräftig und oder dicht angelegt. Meist verlaufen diese Strichscharen parallel, mitunter wird auch eine zarte Kreuzschraffur verwendet. Es werden also in einem Linienbild primärer Beleuchtung sekundäre Hell- und Dunkeffekte untergebracht. Durch signifikante Kurzschraffen können noch weitere Details eingebaut werden. Grundlage der Felszeichnung ist die Geländegliederung, bestehend aus den markantesten Gerippelinien, die zu immer kleineren Details verfeinert werden. Die zwischen den Gerippelinien liegenden Flächen werden je nach Steilheit, Lage und Beleuchtung mit mehr oder weniger starken Strichlagen versehen. Ferner werden die Felskörper gegen Schutt und Gletscherflächen deutlich abgegrenzt, jedoch eine Verzahnung von Fels und Vegetation gestattet. Zur Steigerung der visuellen Plastik wird eine zwischen NNW und WNW schwankende Beleuchtung angenommen, sowohl in der Zeichnung, als auch in einer etwaigen Schummerung. Die freie Flächenschraffur zum Zweck der Betonung von Körperformen mittels sehr langer Strichlagen bedingt eine stark zusammenfassende Betrachtungsweise und muß daher zu Diskrepanzen mit dem durch Kleinformen bewegten Verlauf der Höhenlinien führen. Es wird also versucht, die Höhenlinien im Fels voll zu erhalten und mit einer mehr zurücktretenden Felszeichnung zu kombinieren. Die Höhenlinien sind generalisiert, vor allem in steileren Gebieten sind sie vielfach geglättet und etwas auseinandergerückt, damit sie überhaupt noch einzeln dargestellt werden können. Es handelt sich bei dieser Darstellungsweise um einen Kompromiß, da weder die Höhenlinien ganz formtreu noch die Felszeichnung besonders ausdrucksvoll sind.

Die Grenzen der Ebster-Manier werden in stark zerklüfteten und großen Kleinformenschatz besitzenden Geländeoberflächen, wie beispielsweise dem Kalkhochplateau des Toten Gebirges, deutlich. Die schematisierte Haarstrichtechnik wirkt in der Darstellung von Details zu grob und zu wenig anschaulich. Bei großen Höhenunterschieden ist trotz geglätteten und auseinandergekämmten Höhenlinien deren Verlauf sowie der Verlauf von Kämmen und Graten nicht immer eindeutig feststellbar.

## 3 Brandstätter-Karten

### 3.1 Von L. Brandstätter bearbeitete Karten

Folgende Blätter wurden von LEONHARD BRANDSTÄTTER bearbeitet:

Steinernes Meer 1:25. 000(1969), Hochkönig-Hagengebirge 1:25. 000(1972), Gosaukamm 1:10. 000(1976), Gosaukamm 1:25. 000(1976), Hochalmspitze-Ankogel 1:25. 000(1979).

In der BRANDSTÄTTER - Manier bearbeitet wurden weiters:

Rofangebirge 1:25. 000(1973) von G. NELLES

Ennstaler Alpen - Gesäuse 1:25. 000(1987) von G. MOSER

BRANDSTÄTTER forderte die Umsetzung des topographischen Informationspotentials und verwirklicht sie in seinen Alpenvereinskarten mit Hilfe exakter Höhenlinien. Die Grundlage aller Konstruktionsideen ist die Scharung dieser Linien in äquidistanter Anordnung. Daraus ergibt sich die Reliefwirklichkeit (=unvollständige Gebirgsoberfläche). Diese bedarf allerdings Ergänzungen, umso mehr, als Einzelformen auftreten (siehe Abbildung 3).

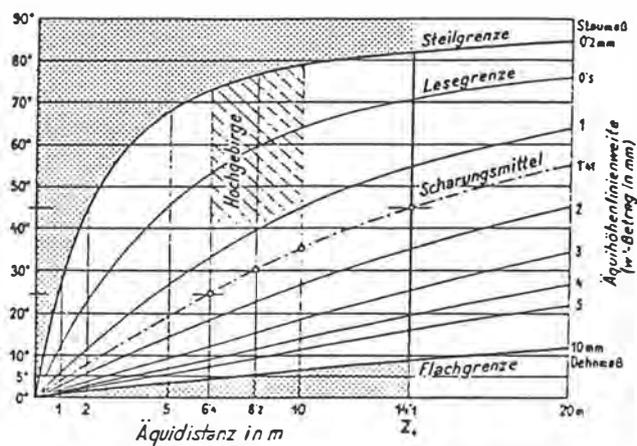
BRANDSTÄTTER faßt die Anschaulichkeit als abhängige Variable der Geometrie auf und fordert, diese auch in diesem Sinne auszubilden. Die Wirksamkeit der Scharung endet jedoch an der sogenannten Steilgrenze, die bei etwa 75 Grad Neigung für den Maßstab 1:25. 000 bei einer Äquidistanz von 20m liegt (siehe Abbildung 2). Das Höchstmaß an Aussagekraft der Höhenlinienscharung erkennt BRANDSTÄTTER zwischen 30 und 60 Grad, wenn sich über mehrere Äquidistanzen hinweg in den Höhenlinienweiten fließende Veränderungen bilden. Die Wirksamkeit der Scharung erlischt jedoch bei unbewegtem Gelände, im Flachraum (unter 7 Grad Neigung) sowie im Steilwandraum. Im Steilgebiet setzt BRANDSTÄTTER eine Steilwandkennzeichnung ein, die den unlesbaren Höhenlinienverlauf durch Felsschraffen, kombiniert mit Zählhöhenlinien, ersetzt. Entwickelt wurde diese Steilwandkennzeichnung nach Vorbild des Schweizer Topographen WALTER BLUMER, der bereits 1937 in seiner Karte des Glärnisgebietes 1:25. 000 eine Steilwandkennzeichnung verwendet. BRANDSTÄTTER sieht mehrere Vorzüge, neben einer guten Einbindung in die Normalscharung (kein geometrischer Verlust) ist eine zeichnerische Andeutung größerer Einzelformen(durch Schraffen und Fußlinien) gut möglich.

Die Scharung ist ein hervorragender Flächenträger, die Kanten müssen jedoch als "innere Kontur der Scharung" = Kantenzeichnung ergänzt werden, wobei die Kantenzeichnung als abhängige Variable zur Scharung angelegt wird. Die Kantenzeichnung hat die Aufgabe, die Flächen zu gliedern, sich mit der Scharung korrelativ zu verbinden. Unterstützt wird sie durch "schraffige Zusätze, bestehend aus Fallstrichreihen, die je nach Kantenschärfe keilförmig betont, an der Kantenspur ansetzen und in die Fallrichtung der steileren Fläche weisen, in welcher sie sich rasch verflüchtigen." (L. Brandstätter,1983,S. 183. ). Alle Höhenlinienwinkel zeigen Flächenbrüche und Definitionslücken an, die mit Hilfe der Kantenzeichnung geschlossen werden können. Als Mittel der Flächenkonturierung definiert die Kantenzeichnung:

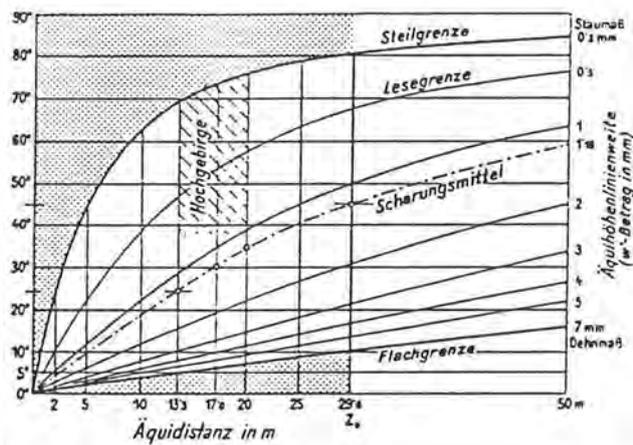
- stetige Flächen (ohne Knickstellen,leere Scharung)
- halbstetige Flächen (untergeordnete rundliche Formen, Darstellung durch Scharung und sporadischen schraffigen Zusätzen)
- unetige Flächen (große Formenbewegung, Knitterflächen, Darstellung durch Scharung und Gefügezeichnung)
- stetige Kanten (Verschneidungen stetiger Flächen, Darstellung durch Kantenlinie, bei Asymmetrie Schraffzusätze)
- Stumpfkanten (gerundeter Übergang zwischen stetigen Flächen. Darstellung durch schraffige Betonung von der Kante zur Steilseite ohne Kantenlinie)
- Knitterkanten (unstetige Verschneidungen unstetiger Flächen)

Die Kantenzeichnung wird von BRANDSTÄTTER also in drei Formen eingesetzt:

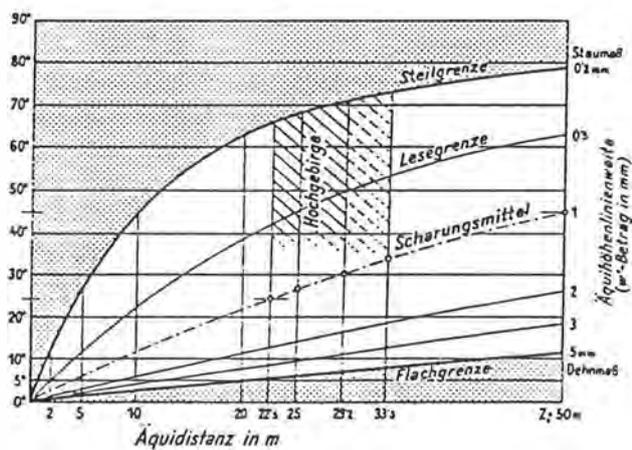
- als Linie
- als freie Schraffenreihe
- als Linie mit schraffiger Begleitung



1 : 10 000



1 : 25 000



1 : 50 000

Abbildung 2: Spezielle Scharungsdiagramme  
 Aus: L. Brandstätter: Gebirgskartographie. Wien, 1983. S. 87.

Reliefträger →	Kotierung (1)	Scharung (2)	Kantenzzeichnung (3)
geometrisches Gewicht	vollwertig und Stütze für Interpolation	vollwertig und Stütze für Interpolation	Stütze für Interpolation
visuelles Gewicht	---	unterschiedlich	vollwertig

Abbildung 3: Die Reliefträger nach L. Brandstätter. Gebirgskartographie, 1983, S. 203.

Die eigentliche Felsdarstellung erfolgt durch die Gefügezeichnung. Mit Hilfe von einfachen Strichen und Punkten soll eine relativ freie und anschauliche Darstellung des Felsgefüges erreicht werden. Zusätzlich wendet BRANDSTÄTTER eine duale Kantenzeichnung an. Er versieht Negativkanten mit sogenannten Lichtkanten und betont Positivkanten an der Steilseite mit "geschwellter Gefügezeichnung" (=schräufige Begleitung). Die Gefügezeichnung soll einen Eindruck des Felsgefüges geben, wobei Gefüge für die nicht-meßbare Oberflächenrauigkeit steht. Es gilt, je dichter die Scharung der Höhenlinien, desto weniger Gefügezeichnung ist notwendig.

Durch diese "geometrisch absteigende Reihe" Scharung - Steilwandkennzeichnung - Kantenkorrelat - Gefügezeichnung erzielt BRANDSTÄTTER eine höhendefinierte, baugerechte Felsdarstellung ohne eigentliche Felszeichnung.



Abbildung 4: Geländedarstellungselemente nach L. Brandstätter.

Zur Stützung der Scharungsplastik wurde von BRANDSTÄTTER versuchsweise ein Hilfsschummer eingesetzt. Verwendet wird dieser modulierende Halbton vor allem in weichen Flächenübergängen und in der Berglanddarstellung. Er erleichtert das rasche Erkennen von Formen, indem er bereits Dargestelltes (Scharung) unterstützt, je nach Art mit Böschungsschummer oder Schattenplastik.

Die topographische Anschaulichkeit erklärt sich für BRANDSTÄTTER aus dem Vorhandensein einer charakteristischen Einzelformendarstellung, durch welche örtliche Orientierung möglich wird. Die Anschaulichkeit wird also als abhängige Variable der Geometrie aufgefaßt. Das bewirkt, daß eine längere Beschäftigung mit Legende und Kartenbild notwendig ist. Mit anderen Worten, eine exakte Geometrie allein zieht nicht zwangsläufig eine gute Lesbarkeit nach sich.

Besonders zu erwähnen ist die Bodenbedeckungsdarstellung. Als Unterstützung der Geländedarstellung wird die Bodenbedeckung farblich getrennt dargestellt. Die Darstellung erfolgt nach dem Prinzip: Bei Be-

wuchs braune Höhenlinien und eingefärbter Kartengrund, wo kein Bewuchs, weißer Kartengrund und Fels-Eis-Ödlandeffekt.

Die Bodenbedeckung wird in folgende Stufen unterteilt:

- Alpiner Pflanzenboden
- Krummholz
- Wald
- Landwirtschaftliche genutzte Flächen

Das Ziel BRANDSTÄTTERS ist es, ein natürliches Bild des Bewuchses zu erzielen, als wichtigen Anhaltspunkt der Orientierung und bei der Geländebeurteilung. Durch die farbliche Trennung wird auch eine gewisse höhenzonale Übersichtlichkeit erreicht. Die farbliche Differenzierung des Bewuchses ist eine der von BRANDSTÄTTER in die Alpenvereinskartographie gebrachten Innovationen und wird in den künftigen Karten nicht wegzudenken sein.

### 3.2 Anwender der Brandstätter - Manier

1973 erschien die von GÜNTER NELLES bearbeitete Karte des Rofengebirges im Maßstab 1:25. 000. NELLES versuchte eine Kombination der Methode BRANDSTÄTTER mit von BRANDSTÄTTER abgelehnten Gestaltungselementen: über das gesamte Kartenbild wird eine Schräglichtschummerung (SW-Beleuchtung) gelegt, die es dem Betrachter ermöglichen soll, einen raschen visuellen Eindruck des Reliefs zu erhalten. Die Geländedarstellung an sich wird, etwas modifiziert und weniger streng, von BRANDSTÄTTER übernommen.

Ein zweites Beispiel für die Anwendung der Methode BRANDSTÄTTER mit Verknüpfung eigener Vorstellungen ist die Karte des Gesäuse - Ennstaler Alpen 1:25. 000, erschienen 1987, bearbeitet von GERHART MOSER.

## 4 Zusammendruck aus amtlichen Karten

Für Gebiete besonderen alpinistischen Interesses, die aus wirtschaftlichen Gründen (Zeit, Personal, Geld) von der Alpenvereinskartographie nicht eigens aufgenommen werden können, hat sich folgende Lösung bewährt: Durch Montage wird der Blattschnitt der amtlichen Österreichischen Karte 1:50. 000 (früher der Karte 1:25. 000) verändert. Dabei wird darauf geachtet, daß ein zusammengehörender Gebirgsteil dargestellt wird. Das Kartenbild wird lediglich durch Wegmarkierungen und Signaturen für Schutzhütten ergänzt. Zur Zeit sind folgende Blätter erhältlich: Im Maßstab 1:25. 000 die Karten der Granatspitzgruppe, Venedigergruppe, Schobergruppe, Sonnblick und der Silvrettagruppe. Im Maßstab 1:50. 000 die Karten der Niederen Tauern II sowie III, Innsbruck-Umgebung und der Kitzbüheler Alpen.

In dieser Gruppe der Alpenvereinskarten ist gegenüber der amtlichen österreichischen Karte 1:50. 000, welche Unterlage für alle Alpenvereinskarten des österreichischen Alpenanteils ist, keine veränderte Geländedarstellung eingesetzt. Das bedeutet, die im Hochgebirge sehr grobe und ungenügende Geländedarstellung des Maßstabes 1:50. 000 (bzw. 1:25. 000 bei der 1959 ausgelaufene amtlichen Österreichischen Karte 1:25. 000) wird in die Alpenvereinskarte unverändert übernommen. Genau das ist allerdings ein Widerspruch zur Zielvorstellung der Alpenvereinskartographie, die Maßstabsstücke der amtlichen Kartographie zu schließen und eine qualitativ bessere Geländedarstellung zum Zwecke der Orientierung bzw. der Unterlage für wissenschaftliche Fragestellungen zu gewährleisten.

Im gesamten Felsgebiet werden die Höhenlinien durchgezogen, es sei denn, der Mindestabstand von 0,2mm wird unterschritten. An diesen Stellen wird die tiefer liegende Linie weggelassen. Die Felszeichnung ist stark schematisiert, sie wird aus negativen und positiven Kanten aufgebaut. In diese Gerippelinien wird die

Zeichnung des Felskörpers, die Darstellung der Struktur und des Gefüges eingepaßt. Der visuelle Eindruck des Reliefs wird durch eine kombinierte Schummerung unter NW-Beleuchtung unterstützt.

## 5 Fortführung klassischer Alpenvereinskarten

Die Probleme der Fortführung, die einen beträchtlichen Teil der Arbeitskapazitäten einnehmen, stellen sich besonders bei der vierten Gruppe der heutigen Alpenvereinskarten. Dieser Gruppe ist gemeinsam, daß der Kern der Karte, die Felsdarstellung, aus früheren Auflagen übernommen werden soll, wobei neue Methoden und gesteigerte topographische Genauigkeit zum Einsatz kommen. Das Ziel ist, eine moderne, aktuelle Hochgebirgskarte zu erstellen, mit Verwendung der Felszeichnung von früheren Ausgaben. Seit 1980 wurden folgende "klassische" Alpenvereinskarten (aus der Periode 1900 bis 1936) bearbeitet:

Allgäuer-Lechtaler Alpen 1:25.000(1984-86), Lechtaler Alpen-Parseierspitze 1:25.000(1983), Karwendelgebirge 1:25.000(1979-1981), Kaisergebirge 1:25.000 (1986), Loferer/Leoganger Steinberge 1:25.000 (1985), Dachstein 1:25.000 (1985), Zillertaler Alpen 1:25.000(1987-1988), Glocknergruppe 1:25.000(1982), Langkofel-Sella 1:25.000(1985), Brenta 1:25.000(1989).

Die "klassischen" Alpenvereinskarten wurden in einer Zeit aufgenommen, als die Diskussion über stärkere Verankerung der Geometrie in Form von Höhenlinien in Hochgebirgsdarstellungen erst am Beginn stand. Die damaligen Kartenbearbeiter maßten der Geometrie in Felsgebieten untergeordnete Priorität bei. Der künstlerischen Gestaltung im Sinne der Anschaulichkeit waren daher keine engen Grenzen gesetzt. So wurden beispielsweise Felswände im Grundriß verbreitert, um mehr Platz für die Felsdarstellung zu gewinnen.

Innerhalb diese Gruppe der Alpenvereinskarten sind Unterschiede in der Geländedarstellung feststellbar (Vergleiche R. Finsterwalder, 1987):

- Karten mit "freier" Felszeichnung
- Karten mit Felszeichnung unter teilweiser Erhaltung der Höhenlinien

Herausragendes Merkmal dieser Geländedarstellung ist die genetische Darstellung der Felskörper. LEO AEGERTER (1875-1953) und HANS ROHN (1868-1955) gestalteten mittels feiner Schraffen, teilweise in Angesicht der Natur, die Felskörper und Felsstrukturen. Die Anforderungen an die Kartenbearbeiter waren vielfältigst, unter anderem wurde geographische, geologische Kenntnis erwartet. Das Ergebnis, die, zwar geometrisch keinen modernen exakten Erwartungen entsprechende, Felszeichnung überzeugt auch heute noch als unerreichtes Beispiel von Anschaulichkeit und Ausdruckskraft.

Die ursprüngliche, eher kärgliche Ausstattung der Karte mit Signaturen und Farben (unter anderem auch auf Grund der technischen Gegebenheiten), wird bei Kartenrevisionen überarbeitet. Der Zeichenschlüssel wird bei Neuauflagen in elementaren Teilen übereingestimmt und verändert.

Ein besonders gelungenes Beispiel einer Neuauflage und Bearbeitung ist die Karte der Brentagruppe, neu herausgegeben 1988 vom Lehrstuhl für Kartographie und Topographie der Universität der Bundeswehr München 1988 unter Leitung von G. NEUGEBAUER. Die Felszeichnung AEGERTERS wurde mit moderner Geometrie behutsam verknüpft. Höhenlinien wurden teilweise neu ausgewertet, um Korrekturen durchführen zu können. Weiters wurde eine neuer Zeichenschlüssel entworfen und angewand sowie die Kartenbeschriftung neu erstellt. Dieses, als langjähriges Projekt laufende, Unternehmen überzeugt durch sein Ergebnis. Im Normalfall ist ein solcher Aufwand für eine Neuauflage nicht möglich.

## 6 Schlußbemerkung

Die Alpenvereinskarten sind in ihrer Vielfalt und Aktualität ein bereicherndes und wichtiges Element des Kartenmarktes in den Alpengebieten Österreichs, Deutschlands und Südtirols. Neben dieser Funktion

erfüllt die Alpenvereinskartographie noch die eines Impulsgebers für neue Methoden der Topographie und Kartographie. Auf Grund einer raschen und flexiblen "Politik" ist die Alpenvereinskartographie imstande, diesen auch ein Betätigungs- und Bewährungsfeld anbieten zu können. Es ist zu hoffen, daß der Alpenvereinskartographie diese Funktion auch in Zukunft zukommen wird und sie diese erfüllen kann.

## Literatur

- [1] ARNBERGER, E. : Die Kartographie im Alpenverein. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Heft 22. München und Innsbruck 1970.
- [2] AURADA, F. : Die Alpenvereinskarte der Brentagruppe (1:25. 000) 1908-1938-1988. In: Kartographische Nachrichten,40,1990,4. S. 134-140.
- [3] AURADA, F. : Entwicklung der Alpenvereinskartographie. In: Kartographische Nachrichten,13,1963. S. 158-166.
- [4] BRANDSTÄTTER, L. : Gebirgskartographie. Wien,Deuticke,1983.
- [5] FINSTERWALDER, R. : Anleitung zum Gebrauch der Alpenvereinskarten. In: Frankfurter Beiträge zur Didaktik der Geographie. Band 10,Frankfurt,1987. S. 7-26.
- [6] GARTNER, G. : Neue Ansätze in der Gebirgskartographie unter besonderer Berücksichtigung der Alpenvereinskartographie von 1970 bis 1990. Diplomarbeit an der Universität Wien, 1990.
- [7] HÖBLING, R. : Felsdarstellung in Alpenvereinskarten. Diplomarbeit an der TU Wien.
- [8] IMHOF, E. : Kartographische Geländedarstellung. Berlin,1982.
- [9] KINZL, H. : Alpenvereinskartographie 1865-1970. In: Mitteilungen der ÖGG,115,1973,1-3. S. 182-185.
- [10] NEUGEBAUER, G. : Brenta-Monographie. UnidBw München,24,1987.
- [11] NEUGEBAUER, G. : Hochgebirgskarten für Alpinismus und Wissenschaft. In: Kartograph. Nachrichten,38,1988,6. S. 241-247.
- [12] PATZELT, G. : AV-Kartographie. In: ÖAV-Mitteilungen,46,1991,1. S. 4-5.
- [13] PILLEWIZER, W. : Hochgebirgskartographie und Orthophototechnik. In: Beiträge zur theoretischen Kartographie, Wien 1977. S. 107-124.

## Die Funktion der Karte in der städtebaulichen Planung

---

Heinrich Griess

(mit 3 Beilagen im Anhang)

Städtische Strukturen haben in ihrer inhaltlichen und räumlichen Aussage einen hohen Komplexitätsgrad. Die vielschichtigen Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen der bebauten und natürlichen Umwelt und dem gesamten materiellen und kulturellen Leben einer Stadt sind ohne Hilfsmittel nur noch schwer überschaubar. Der thematischen Karte kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung zu. Nur mit ihrer Hilfe ist es möglich, alle räumlich differenzierten städtebaulichen Sachverhalte und ihre wechselseitigen Verknüpfungen transparent wiederzugeben. Dabei muß es das Ziel der kartographischen Darstellung sein, bei einem gegebenen Thema Darstellungsmethoden zu finden und einzusetzen, die den Sachverhalten und Erscheinungsformen in ihrer räumlichen Anordnung entsprechen und somit zu einer objektiven Entscheidungsgrundlage führen. Auf diese Weise entstanden in den siebziger Jahren weit über 100 Planwerke (Planungsatlanten) zur Generalbebauungs- und Generalverkehrsplanung der Städte der DDR in unterschiedlicher inhaltlich-methodischer Auffassung und kartengestalterischer Qualität. Die dabei verfolgten Ergebnisse werden im Beitrag zusammenfassend dargestellt.<sup>1)</sup>

### 1. Zielgruppen und Anforderungen

Die Nutzer von Planungskarten stellen an diese Art der Modelldarstellung Anforderungen, die sich aus ihrer Arbeitsaufgabe ergeben. Danach muß die Karte nachfolgende Nutzungsfunktionen erfüllen (vgl. GRIESS 1978):

1. Die Karte dient als Modell eines Ausschnittes der Wirklichkeit zur Gewinnung von Erkenntnissen über das Bearbeitungsgebiet (Analysegegenstand).
2. Die Karte ist Bezugsgrundlage für die Kartierung der Analyseergebnisse und der Planungsabsichten sowie deren Ziele (Informationsträger).
3. Auf Grund der ihr innewohnenden Eigenschaften trägt die Karte durch Kennzeichnung der Lagebeziehungen zur Erkenntnisgewinnung im Prozeß der Planung bei (Arbeits- und Forschungsmittel).
4. In Zusammenhang mit anderen Kommunikationsmittel ist die Karte Entscheidungsgrundlage für den Bestätigungsprozeß der Planung (Entscheidungshilfe).
5. Die Karte ist als bestätigtes Dokument Grundlage für operative Entscheidungen und gleichzeitig ein Mittel zur Kontrolle in der Phase der Realisierung (Kontrollhilfsmittel).

Diese Zielvorstellungen an die eingesetzten Karten eignen sich als Merkmale zur Bildung von Nutzergruppen. Aus der Sicht des Autors ergeben sich dabei nachfolgende vier Gruppen.

#### *a) Nutzer, die die Planwerke aus zentraler Sicht beurteilen und auswerten*

In diese Gruppe gehörten zentrale gesamtstaatliche Einrichtungen wie die Bauakademie der DDR, das Ministerium für Bauwesen, das Ministerium für Verkehrswesen, der zuständige Rat des Bezirkes u. a. Für sie waren die Karten und Pläne überwiegend Informationsquelle zur Beurteilung der erreichten städtebaulichen Qualität und zur Ableitung weiterer Verallgemeinerungen auf einer höheren Integrationsstufe. Diese Nutzer waren nur in der Begutachtung an den Planungsprozeß gebunden und somit nicht durchgängig am Kommunikationsprozeß beteiligt. Sie bevorzugten komplexe Darstellungen in allen Maßstäben. Eine Überschneidung mit Nutzern der Gruppe c) war teilweise gegeben.

*b) Nutzer, die die Planwerke unter einem bestimmten Fachaspekt auswerten*

In diese Gruppe gehörten die Fachabteilungen des Rates der Stadt, Versorgungsbetriebe, Verkehrsbetriebe und ähnliche Partner. Diesen Nutzern dienen die Karten und Pläne als Informations-, Arbeits- und Kontrollhilfsmittel. Sie nutzten allerdings nur die Aussagen ihres Arbeitsgebietes und wünschten naturgemäß neben der komplexen Aussage eine spezielle Darstellung ihrer fachspezifischen Sachverhalte in größeren Maßstäben mit einer eindeutigen projektnahen quantitativen und lagemäßig richtigen Aussage. Eine Aufgliederung der komplexen Inhalte nach Unterstellungs- bzw. Verantwortungsbereichen war Ausdruck der Anforderungen dieser Gruppe.

*c) Nutzer, die die Planwerke selbst mit erarbeiten, komplex auswerten und mit den Zwischen- und Endergebnissen unmittelbar weiterarbeiten*

In diese Gruppe gehörten die Planungsabteilungen des Städtebaus, Kreisarchitekten, Stadtbauämter, Plankommissionen, Büros für Territorialplanung, Büros für Verkehrsplanung und ähnliche Institutionen. Dieser Gruppe dienten die Karten und Pläne als Informations-, Arbeits- und Kontrollhilfsmittel im gesamten Planungsprozeß. Sie nutzten im Gegensatz zur vorherigen die Gesamtheit aller Aussagen des Planwerkes und verstanden im Idealfall die Darstellungen als räumliches Modell des Bestandes und der Planungsvorstellungen. Für sie war die komplexe Darstellung aller planungsrelevanten Aussagen in rechtsverbindlicher, vergleichbarer und nachvollziehbarer Form als Grundlage für die eigene Erkenntnisgewinnung im Kommunikationsprozeß von besonderer Bedeutung.

*d) Nutzer, die im Rahmen einer Entscheidungsfindung oder bei allgemeinem Interesse an der Stadtentwicklung über die Grundgedanken der Planungsabsicht informiert werden müssen<sup>2)</sup>*

In diese Gruppe gehörten die an der Erarbeitung des Planwerkes nicht beteiligten Abgeordneten der Räte und einbezogene interessierte Bürger (Öffentlichkeitsarbeit). Diese Gruppe benötigte Karten bzw. Pläne nur für eine schnelle und sichere Überblicksinformation. Die Unterlagen müßten im Rahmen der sozialistischen Demokratie auch eine Kontrollfunktion ermöglichen. Von dieser Nutzergruppe wurden vereinfachte, den *Planungsgrundgedanken* widerspiegelnde Darstellungen mit höherer graphischer Wirksamkeit bevorzugt.

Eine Gegenüberstellung der grundsätzlichen Anforderungen der vier Nutzergruppen zeigt die besondere Problemstellung. Hier sind mehrere, sich einander nahezu ausschließende Zielvorstellungen gemeinsam zu verwirklichen. Die Mehrzahl der Planwerke hat deshalb überwiegend die Nutzer der Gruppe c) angesprochen. Bei Realisierung der eingangs genannten Zielvorstellungen war hier die kartographische Methode voll in den Gesamtprozeß der Planung integriert (vgl. Beilage 3).

## 2. Kartographische Modellierung in der Planung

Im Gegensatz zu anderen Übertragungskkanälen vermag die Karte durch die Darstellung der zwischen den Komponenten des Karteninhalts bestehenden Beziehungen selbst Erkenntnisse hervorzubringen. Die Formierung des dabei entstehenden Modells Karte ist an bestimmte, größtenteils empirisch herausgebildete Regeln gebunden. Ihre allgemeine Formulierung erfolgte im letzten Jahrzehnt und ist in der Literatur hinreichend belegt (ARNBERGER, 1966; STAMS, 1980; IMHOF, 1972; WITT, 1970.) Im arbeitsteiligen Prozeßablauf der Planung treten einige Besonderheiten auf, die nachfolgend näher darzulegen sind.

In der Beilage 3 ist der allgemeine Prozeßablauf der Kartenherstellung dargestellt. Die gewählte Gliederung des Prozeßablaufes nach Arbeitsphasen in Hauptverantwortung der Kartographie und der jeweiligen Fachwissenschaft ist bei aller Allgemeingültigkeit an die speziellen Belange der Planung angepaßt. Zum Beispiel erfolgt die Informationsbearbeitung, aufgefaßt als Kartenentwurf, in der Planung ausschließlich in Hauptverantwortung der Fachwissenschaft, was aber auf andere Einsatzbereiche der Kartographie nicht zutrifft. Die Zuordnung der technologischen Hauptetappen der Kartenherstellung dient der leichteren Einbindung in die Terminologie der kartographischen Technologie, während die gesonderte Ausweisung der zwei Etappen der Erkenntnisgewinnung bei Nut-

zung der kartographischen Methode ihrer überragenden Bedeutung im Planungsbereich Rechnung trägt.

Die Bestimmung des Informationsbedürfnisses bei der Kartenherstellung ist eng an die Zielstellung und Zweckbestimmung der Karte und ihre Rolle in der Gesamtkonzeption des Planwerkes gebunden. In dieser Arbeitsphase tritt die Kartographie nur im Rahmen allgemeiner konzeptioneller Ausarbeitungen in Erscheinung. Zielstellung und Zweckbestimmung sind überwiegend fachinhaltlich determiniert und die gewählte Darstellungsform Karte muß sich den daraus resultierenden Bedürfnissen anpassen.

Die Anpassung geschieht durch Festlegung der für die Vermittlung der Informationen geeigneten Darstellungsform. Im Falle der Wahl einer kartographischen Darstellungsform erfolgt in Zusammenarbeit zwischen Fachwissenschaftler und Kartographen die Festlegung der optimalen kartographischen Ausdrucksform. In dieser konzeptionellen Phase werden wesentliche Akzente hinsichtlich der Einpassung der Karte in die Gesamtkonzeption eines Planwerkes für die durchgängige Gestaltung des planerischen Grundgedankens sowie für eine optimale Technologie gesetzt. Eine rationelle Technologie schließt dabei die zweckmäßigste Form der Informationsgewinnung und deren Kodierung ein. Die Wechselbeziehung zwischen geeigneter Darstellungsform und der möglichen Form der Informationsgewinnung beeinflusst wesentlich die Effektivität des Einsatzes der kartographischen Methode.

Als Ergebnis der Phase der Informationsgewinnung entsteht in Verantwortung des Fachwissenschaftlers die Inhaltskonzeption der Karte. Sie findet in der verbalen Legende und in den aufbereiteten Informationen ihren Ausdruck. Die mögliche Form der Aufbereitung der Informationen ist von der Wahl der Darstellungsform, der zur Verfügung stehenden Datenbasis und den technischen Möglichkeiten der Informationsaufbereitung sowie der vorgesehenen technologischen Lösung für die Kodierung der Information abhängig. Aus der Sicht der allgemeinen Technologie erfolgt in dieser Phase eine Informationswandlung. Für die praktische Verwendbarkeit der Karte in der Planung sind in diesem Zusammenhang der Grad der begrifflichen Generalisierung und die damit im Zusammenhang stehende Verallgemeinerung der darzustellenden Informationen wesentlich. Nur ein eindeutig zweckorientiertes Ergebnis trägt den planerischen Ansprüchen Rechnung und führt zum angestrebten Abbild in Modellform.

Auf der Grundlage der verbalen Legende schafft der Kartograph unter Berücksichtigung der zu modellierenden raumabhängigen Informationen in der darauffolgenden Arbeitsphase die Kodierungsvorschrift für die Karte. Als Ergebnis seiner redaktionellen Tätigkeit kommt zur verbalen Legende die adäquate kartographische Umsetzung im Rahmen der zur Verfügung stehenden kartographischen Ausdrucksmittel. Die Ausführung der Kodierungsvorschrift als gemeinsamer Zeichenvorrat von Kartenhersteller und Kartennutzer ist in den einzelnen Anwenderbereichen sehr unterschiedlich. Oft wird sie in der Planungspraxis dem subjektiven Ermessen des Fachwissenschaftlers überlassen. Anzustreben sind als optimale Form für den Fachbereich gültige Standardlegenden.<sup>3)</sup>

In der Planungspraxis obliegt es dem Fachwissenschaftler nach der Kodierungsvorschrift den Kartenentwurf anzufertigen. Aus technologischer Sicht vollzieht er dabei eine Informationsumformung. Der notwendige Genauigkeitsgrad dieser speziellen kartographischen Umformung ist wiederum in erster Linie an den Zweck (Nutzungsanspruch) gebunden.

Zwischen den Phasen Informationsgewinnung, Erarbeitung der Kodierungsvorschrift und der Informationsbearbeitung bestehen enge Wechselbeziehungen. In diesem hier dreiteilig dargestellten Arbeitsprozeß entsteht die Karte als ein Abbild des zu untersuchenden Teilbereiches der Wirklichkeit, welches Modellcharakter besitzt. Dieser als kartographische Modellierung bezeichnete Prozeß ist aus technologischer Sicht charakterisiert durch einen vielfachen Wechsel zwischen Informationswandlung und Informationsumformung. Bei beiden Arten von Bearbeitungsvorgängen ist die Karte Arbeitsgegenstand. Erst im Moment der gedanklichen Rückkoppelung durch den Kartenauteur wird die Karte bereits hier zum Arbeitsmittel.

Dieser Vorgang der Rückkoppelung der durch Kartierung neu gewonnenen Informationen über Lagebeziehungen und wechselseitige Abhängigkeiten der Ausgangsinformationen läßt auf Grund seiner vielfachen Wiederholung in der Praxis des Kartenentwurfs den

Autor der Karte zum Hersteller und Nutzer werden und ist somit letztlich die Ursache für den Erkenntniszuwachs in dieser Phase des Einsatzes der kartographischen Methode.

Demnach ist die Karte im Prozeß der kartographischen Modellierung raumabhängiger Informationen wechselseitig *Arbeitsgegenstand* und *Arbeitsmittel*.

Die hier dargelegten Zusammenhänge im Prozeß der kartographischen Modellierung sind im oberen Teil der Beilage 3 graphisch dargestellt. Sie führen in der Planung zum Erkenntniszuwachs des Kartenherstellers über Lagebeziehungen und qualitative Aussagen zur Inhaltsstruktur über den zu modellierenden Ausschnitt des Analyse- bzw. Planungsgegenstandes.

Im Prozeß der Informationsaufnahme durch den Nutzer der Karte, gleichgültig ob diese im Unikat oder vervielfältigt vorliegt, ist die Karte lediglich Träger von Informationen und damit Arbeitsmittel für zweckorientierte Kommunikation. Im Sinne der allgemeinen Technologie geschieht hier im Gegensatz zur Modellierung zunächst eine Informationsumformung. Im Anschluß daran findet im Bewußtsein des Nutzers durch Vergleich mit dem vorhandenen gedanklichen Abbild sowie anderen Kommunikationsmitteln eine Informationswandlung statt. Im gewissen Sinne erfolgt hier eine zweite, unter anderen Vorzeichen und Voraussetzungen stehende Modellierung. Auf ihr beruht der Erkenntniszuwachs beim Kartennutzer.

### 3. Merkmale spezieller Inhaltsgefüge in Karten zur städtebaulichen Planung

Die Breite und Kompliziertheit städtischer Strukturen bringt es mit sich, daß eine hinreichend ausführliche Darstellung des gesamten Inhalts nur in einer Kartenserie in Verbindung mit anderen Kommunikationsmitteln möglich ist. Jede Darstellungsform wie Text, Tabelle, Bild, Graphik und Karte hat ihre speziellen Eigenschaften, auf Grund dessen sie sich für die Speicherung, Aufbereitung und Vermittlung bestimmter Informationen besonders eignet. Dabei kommt die *Zahlenform* der quantitativen Charakterisierung das *Bild* dem Studium der Details und die *Karte* der Darstellung von Strukturen besonders entgegen. Da das inhaltliche Fassungsvermögen einer einzelnen Karte relativ eng begrenzt ist, muß die eingangs umrissene inhaltliche Vielfalt städtebaulicher Probleme zwangsläufig auf eine bestimmte Anzahl von Karten verteilt werden. Dabei entstehen für die einzelnen Kartenthemen spezielle Inhaltsgefüge, deren Struktur von ihrem thematischen Umfang (Extension) sowie ihrer thematischen Detailliertheit (Intension) geprägt werden. Beide Seiten entscheiden in Abhängigkeit von Zweckbestimmung und Nutzerkreis über die Grade der Komplexität und Kompliziertheit des entstehenden Modells Karte. Diese so umrissene inhaltliche Strukturkomponente der Karte ist noch durch eine räumliche und zeitliche Strukturkomponente zu ergänzen.

Die räumliche Strukturkomponente der Karte ergibt sich aus der Forderung, daß die zu modellierenden Inhaltselemente eine räumliche Differenzierung besitzen, die eine grundrißliche Fixierung ermöglicht. Auf Grund dieser Eigenschaft lassen sich solche Elemente im Koordinatensystem lagemäßig beschreiben und besitzen untereinander Lagebeziehungen. Die zweckorientierte Zusammenstellung von Inhaltselementen zu Kartengefügen offenbart für den Kartenhersteller und -nutzer Lagebeziehungen zwischen diesen, die Quelle indirekter Informationen sind (Erkenntnisfunktion). Darin ist bekanntlich der eigentliche Wert kartographischer Darstellungen begründet.

Planung und Realisierung vollziehen sich in Raum und Zeit. Deshalb ist die zeitliche Strukturkomponente für Karten in der Planung von besonderer Bedeutung. Ein Ausdruck dafür ist die Vielzahl von Hauptkarten in den Planwerken, die den Zustand der Inhaltselemente während verschiedener Zeitpunkte zeigen.<sup>4)</sup> Diese Karten bringen direkt zeitliche Strukturen zum Ausdruck.

Die drei genannten Strukturkomponenten der Karte haben einen grundsätzlichen Einfluß auf die Formung spezieller Inhaltsgefüge und deren Modellierung zu graphischen Gefügen im Sinne von Karten. Eine Schlüsselrolle spielt dabei die Wechselbeziehung zwischen Komplexität und Kompliziertheit in Abhängigkeit von der Zweckbestimmung. Bei gegebenem Kartenformat und Maßstab sind beide Bereiche nicht unbegrenzt erweiterungsfähig. Sie finden ihre Grenzen in der weitgehend von der Disposition des Nutzers abhängigen optimalen Kartenbelastung sowie der notwendigen Genauigkeit der Lokalisie-

rung punkthafter und linienhafter Inhaltselemente, als auch in dem zur Verfügung stehenden Gestaltungsmittel.

Die Erhöhung der inneren Komplexität (Kompliziertheit) ist eine Forderung im Sinne einer möglichst projektnahen Planungsdarstellung. Sie ist nicht von vornherein Hauptanliegen der langfristigen städtebaulichen Planung. Erst mit der weiteren Präzisierung der Planungsabsichten, z. B. in Umgestaltungsgebieten der Innenstädte oder anderer Schwerpunktbereiche, tritt diese Frage mehr in den Mittelpunkt. Da aber auch in diesen Fällen die komplexe Ebene im Sinne der optimalen Erkenntnisgewinnung bei Erhalt der regionalen Differenzierung von Bedeutung ist, ist ein Ausweichen auf größere Maßstäbe (1 : 1 000 bis 1 : 5 000) in der Regel nicht zu vermeiden.

Werden gesamtstädtische Bereiche untersucht, so gilt es typische Strukturen höherer Ordnung herauszuarbeiten. Dies geschieht meist mit Rücksicht auf den kleineren Maßstab unter Verzicht der vollen Detailliertheit (Blöcke, Viertel) zu Gunsten des Erhaltes aller wesentlicher Elemente (etwa 1 : 25 000 bis 1 : 50 000). Der dabei zu treffende Kompromiß steht wiederum in unmittelbarer Beziehung zu Zweckbestimmung und Nutzerkreis.

Beilage 1 zeigt die starken Abhängigkeiten zwischen inhaltlicher, räumlicher und zeitlicher Strukturkomponente. Thematischer Umfang und Detailliertheit des Themas haben beide einen gleichwertigen Einfluß auf den Maßstab der Karte und die mögliche Lagegenauigkeit. Beide Faktoren beeinflussen damit direkt die Realisierbarkeit der räumlichen Strukturkomponente in gleichbleibender Qualität. Insbesondere bei grundrißnaher Darstellung punkthafter und linienhafter Objekte ist hier schnell die Grenze der Darstellbarkeit erreicht bzw. überschritten.

Die zeitliche Strukturkomponente hat in einer Karte ebenfalls einen bedeutenden Einfluß auf die Kartenbelastung. Sie führt in der Regel zu einem mehrschichtigen Aufbau der Karte, der zumeist durch Aspekte der inhaltlichen und räumlichen Strukturkomponente überlagert wird.

Für die Formierung der Inhaltsgefüge der Karten ist aus kartographischer Sicht neben den bereits untersuchten Faktoren die Herausgabe in Form eines *Atlases* von Bedeutung. In diesem Modell höherer Ordnung kann die inhaltliche, räumliche und zeitliche Komponente der zu modellierenden Sachverhalte und Erscheinungen wesentlich günstiger verwirklicht werden als in einer Einzelkarte. Eine verstärkte Aufspaltung der inhaltlichen Komponente führt von der Komplexkarte über die Teilkomplexkarte zur Elementenkarte. Dieser Verfahrensweg würde die meisten Gestaltungsprobleme lösen, aber gleichzeitig das komplexe Zusammenspiel aller Elemente nicht hinreichend verdeutlichen. Im Sinne der unter Abschnitt 2 formulierten Rolle der Karte in der städtebaulichen Planung ist dieser Weg weniger günstig.

Technisch und im praktischen Gebrauch schwer zu bewältigende Formate führen in den Planwerken häufig bei Gesamtdarstellungen der Stadt zur Aufteilung in der räumlichen Komponente. Diese Lösung ist wenig glücklich und sollte eine Ausnahme bleiben. Die Untersuchung von Details in Problemgebieten sowie die Darstellung von Umlandbeziehungen stellen weitere Fälle der Aufspaltung der räumlichen Strukturkomponente dar.

In einem Atlas ist die Realisierung der zeitlichen Komponente um vieles leichter als in einer Einzelkarte. Die einzelnen Zeithorizonte können hier wie separate Karten mit ähnlichen Inhaltsstrukturen gestaltet werden. Allerdings wird hierbei der zeitlich/räumliche Vergleich zu Lasten des Kartennutzers erheblich erschwert. Eine Darstellung von zwei oder mehreren Zustandskarten auf einem Blatt ist in diesem Fall ein häufig genutzter Kompromiß, der dann allerdings nur auf Kosten des Maßstabs und damit der möglichen Komplexität sowie Kompliziertheit erreichbar ist.

Die Formierung der zu modellierenden Inhaltsgefüge ist ein vornehmlich fachwissenschaftliches Problem. Deshalb wurden hier nur die kartographischen Rahmenbedingungen angesprochen. Lösungsvorschläge für die aufgeworfenen gestalterischen Probleme stellen die in den Farbtafeln 1 und 2 beigefügten Beispiele dar.

#### 4. Prinzipien zum Aufbau eines Signaturesystems für Karten im Städtebau

Grundlegende Voraussetzung für gestalterische Prinziplösungen ist ein nach logischen Gesichtspunkten aufgebautes Signaturesystem. Der Aufbau eines solchen Zeichensystems sollte jederzeit seine innere Struktur sowie die Zusammensetzung der Elemente erkennen lassen. Die Entwicklung des Systems erfolgt unter Berücksichtigung verschiedener Einflußfaktoren durch Variation, Modifizierung und Ergänzung von Grundelementen. Dabei sind innere Beziehungen, in denen darzustellende Sachverhalte und Erscheinungen zueinander stehen, in einer gewissen Darstellungsverwandtschaft zu geordneten Signaturen zum Ausdruck zu bringen. Die darin enthaltene Übereinstimmung von Objektgesetzlichkeit und graphischer Eigengesetzlichkeit ist in der langfristigen städtebaulichen Planung an einige spezielle Anforderungen gebunden:

1. Die Differenzierungsfähigkeit der Zeichen nach Sachinhalt und Maßstab muß gegeben sein. Gleiche oder ähnliche Inhalts- und Zeichenstrukturen werden in unterschiedlichen Planungsphasen eingesetzt. Die dabei notwendige Verallgemeinerung bzw. Differenzierung umfaßt einen breiten Maßstabsbereich (1 : 2 000 bis 1 : 100 000) mit wechselnder Komplexität und Kompliziertheit des Kartengegenstandes. Alle Grundelemente des Signaturesystems müssen daher eine problemlose Überleitung von einer Darstellung zur anderen gestatten.
2. Der überwiegende Anteil der darzustellenden Sachverhalte und Erscheinungen ist nach Fachplanträgern geordnet. Dieses Ordnungsprinzip ist durch die Gruppenfähigkeit und Kombinationsfähigkeit der eingesetzten Signaturen zu unterstützen.
3. Die darzustellenden Sachverhalte und Erscheinungen weisen eine hohe Konzentration in Schwerpunktbereichen auf. Sie führt bereits in relativ großen Maßstäben zu Problemen in der lagetreuen Darstellung. Die Elemente des Signaturesystems müssen sich deshalb auf engstem Raum eindeutig anordnen lassen.
4. Die Grundelemente des Signaturesystems sollen auch für vereinfachte Darstellungen und Arbeitsskizzen sowie für Deckfolien zur Laufendhaltung in Schwarzweißmanier nutzbar sein.
5. Planung und ihre Realisierung sind eng miteinander verknüpft. Deshalb sollen alle Signaturen des Systems eine nach vergleichbaren Gesichtspunkten mögliche Fortschreibbarkeit gewährleisten.
6. Aus den Karten zur städtebaulichen Planung sollen unterschiedliche Nutzer möglichst die gleichen Kenntnisse und Schlußfolgerungen entnehmen. In diesem Zusammenhang spielt die Assoziation der Formen und Farben eine erhebliche Rolle. Der Einsatz von Leitsignaturen und Leitfarben erleichtert dem Benutzer das Lesen und Verstehen der Darstellungen.
7. Die Karten in der städtebaulichen Planung sind das Ergebnis einer gemeinsamen Arbeit unterschiedlicher Partner, die diese Darstellungen in ihre Dokumentation teilweise oder vollständig übernehmen. Daraus ergibt sich die Forderung nach weitgehender Übereinstimmung der in den einzelnen Arbeitsbereichen eingesetzten Signaturesysteme.
8. Für die Mehrzahl der Karten in der städtebaulichen Planung ist eine Vervielfältigung notwendig. Das eingesetzte Signaturesystem muß in diesem Zusammenhang die kartentechnischen und polygraphischen Möglichkeiten des Einsatzbereiches berücksichtigen.
9. Der Kartenentwurf erfolgt in der städtebaulichen Planung überwiegend durch den Planer. Gleichzeitig wird das Herausgabeoriginal im Prozeßablauf der Planung mehrfach als Unikatkarte genutzt. Die graphische Ausführung des aufzustellenden Signaturesystems muß diesen Aspekten Rechnung tragen. Entwurfshilfsmittel wie Montageelemente, Abreibetechnik oder Schablonen können hier eine gewisse Erleichterung schaffen.

Die genannten Anforderungen berücksichtigen aus dieser Sicht der langfristigen städtebaulichen Planung alle wesentlichen Aspekte der Gestaltung. Auf dieser Grundlage wurde unter Leitung des Autors im Büro für Städtebau Cottbus (später VEB Hauptauftraggeber Komplexer Wohnungsbau Cottbus) ein in sich abgestimmtes Signaturesystem für die Belange der Generalbebauungs- und Generalverkehrsplanung erarbeitet und über 10

Jahre genutzt. Es beruht auf einem Skelett von Leitsignaturen und Leitfarben aus denen nach einheitlichen Prinzipien Einzelsignaturen abgeleitet wurden (Beilage 2). Die Rolle der Gruppenfunktion übernahm dabei grundsätzlich die geometrische Form der Signaturen, während ihre Füllung der Detaillierung vorbehalten blieb. Als Füllungselemente kamen dabei geometrische Figuren, Buchstaben und im Generalverkehrsplan verstärkt bildhafte Elemente (Piktogramme) zum Einsatz. Beilage 2 zeigt zwei Beispiele der Variation der Füllung von Leitsignaturen.

Das Aufstellen und die Nutzung von Signaturesystemen in der Planung wirft zwangsläufig Probleme ihrer Vereinheitlichung auf. Aus dieser Sicht der Kartennutzung und der Optimierung kartentechnischer sowie technologischer Fragestellungen ist die Standardisierung von Signaturesystemen eine unabdingbare Forderung.

#### A n m e r k u n g e n :

1) Wenn hier über Kartenwerke einer jetzt überwundenen Epoche berichtet wird, ist es unvermeidlich eine Terminologie zu benutzen, die dieser Zeit angehört (vgl. Anlage 1); methodisch besteht wie gezeigt werden kann Konsens mit analogen Planwerken in den alten Bundesländern. Die in der Anlage 1 beigelegten begrifflichen Abgrenzungen des Autors entstanden in breiter Abstimmung mit der Planungspraxis und wurden weitgehend genutzt.

2) Die Karten der Planwerke waren in der Regel unveröffentlichte Dienstsachen. Nach den Planungsverordnungen waren die Hauptergebnisse (z. B. Flächennutzung) in "geeigneter" Form öffentlich auszulegen. Dies erfolgte häufig unter starken Vorbehalten seitens der Exekutive.

3) Der Fachbereichsstandard "Planwerk - Generalbebauung der Städte" entstand in enger Zusammenarbeit von Planern und Kartographen in den Jahren 1967 bis 1970.

4) Im allgemeinen wurden erarbeitet:

a) Karte des jeweils gegenwärtigen Zustandes.

b) Plan für den Planungszeitraum mit Hinweisen zu Vorbehaltsflächen des Perspektivzeitraums; Vorzugsmaßstab 1 : 10 000.

Die Anlage 2 gibt einen Überblick zu Themen und Maßstäben eines realisierten Planwerkes für die Stadt Hoyerswerda.

#### L i t e r a t u r :

ARNBERGER, E.: Handbuch der thematischen Kartographie. Wien 1966

GRIESS, H.: Die Gestaltung von Planungskarten im Städtebau. Verm.-technik, 30(1982)9

GRIESS, H.: Methoden zur kartographischen Bearbeitung und den Druck von Planungskarten. Arbeitsmaterial im Auftrage der Bauakademie der DDR. 1978

IMHOF, E.: Thematische Kartographie. Berlin. New York 1972

PAPE, H.: Stadtkartographie - Stadtplanung. In: Kartogr. Nachr., 1 (1973), S. 17-23

PILLEWIZER, W.: Die kartographische Gestaltung und Drucklegung von Raumplanungsergebnissen. Geowissensch. Mitteilungen Österreich. 1977, Heft 12

STAMS, W.: Begriffserläuterungen zur Kartengestaltung. In: Brockhaus Nachschlagewerk Kartenkunde. Hrsg. Ogrissek, Leipzig: F.A. Brockhaus Verlag 1980

TAEGER, G.: Der kartographische Standard zum Planwerk Generalbebauung der Städte in der DDR. Verm.-technik, 18(1970)5, S. 186.

WITT, W.: Thematische Kartographie. Veröff. d. Akad. f. Raumforsch. u. Landesplanung. Abhandl. Bd. 49, 2. Aufl., Hannover: Jänecke 1970.

WITT, W.: Planungskartographie. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung; Untersuchungen zur thematischen Kartographie 1. Forsch.- u. Sitz.- Ber. Bd. 51, 1969, S. 77-106.

## Anlage I

### Termini zum Einsatz der Karte in der städtebaulichen Planung

#### *In der Planungspraxis eingesetzte Begriffsbestimmungen des Verfassers zur Kartographie im Städtebau*

**Analyseeinheit**, ein nach bestimmten Kriterien abgegrenztes Teilgebiet, das als Grundbaustein für die Bestandsanalyse dient. Die A. bilden in den Bestandskarten und in der Regel auch in den entsprechenden Planungskarten die Darstellungseinheiten für den thematischen Inhalt.

**Bebauungsplan**, eine durch städtebauliche Planungsorgane erarbeitet und durch Ratsbeschluß einer Volksvertretung bestätigte kartographische Dokumentation für die bestehende und geplante städtebauliche Gestaltung von Teilbereichen in Städten und Dörfern. In Inhalt und kartographischer Gestaltung bestehen zwischen den Bezirken der DDR geringfügige Unterschiede. Einfarbige Bebauungspläne sind vorrangig in den Maßstäben 1 : 500 und 1 : 1 000 ausgeführt und werden durch Text und Tabellen ergänzt.

**Begründungskarte**, in der Planungspraxis die kartographische Dokumentation konzeptioneller Untersuchungen im Rahmen einer Antragstellung. Die beigefügten Karten sind je nach der Spezifik des Vorhabens in den Maßstäben 1 : 500 bis 1 : 25 000 ausgeführt.

**Bestandskarte**, Analysekarte, in der Planung die komplexe oder elementare kartographische Darstellung aller räumlich gebundenen Erscheinungen zum Zeitpunkt der Erfassung. Die Erarbeitung des Inhaltes von B. ist eng mit dem Einsatz von EDV-Anlagen in der Planung verbunden. Standortgebundene oder auf Analyseeinheiten bezogenen Erscheinungen werden künftig verstärkt rechenstechnisch aufbereitet und in kartographischer Form ausgegeben. Im Gegensatz zu Planungskarten unterscheiden sich B. in Anspruch und Gestaltung wenig von anderen thematischen Karten gleicher Themenstellung. Ihre Gestaltung und Ausführung muß eine für den Nutzer problemlose Laufendhaltung und den nahtlosen Anschluß der entsprechenden Planungskarte gestatten. Die Angabe der inhaltlichen Vollständigkeit und der Grenzgenauigkeit sowie der Nachweis der Quellen sind im Sinne einer kontinuierlichen Planungsarbeit eine notwendige Forderung.

**Bilanzkarte**, die kartographische Darstellung einer bilanzseitig abgesicherten Planung, eine Sonderform der Planungskarte. Für die B. ist die Grenzgenauigkeit und Lagetreue des Inhaltes von besonderer Bedeutung. Quantitative Angaben zur Kontrolle der Bilanzangabe müssen übersichtlich angeordnet sein. Maßstab und Gestaltung der Karten sind darauf auszurichten.

**Deckblattkarte**, eine Herausgabeform von Karten, bei denen einzelne Inhaltselemente auf transparenten Trägermaterialien stehen. Die Trennung der Inhaltselemente erfolgt nach unterschiedlichen Gesichtspunkten: Einsatz zur Verbesserung der Lesbarkeit inhaltlich überladener Karten; transparente Folie mit Zusatzinformationen, z. B. Grenzen; Einsatz zum Zweck der Laufendhaltung bestehender Karten; themengebundener Einsatz bei Dokumentation in Kartenform.

**Entscheidungskarte**, die kartenmäßige Darstellung einer Planungsentscheidung. In Verbindung mit dem beigefügten Text trägt diese Karte Weisungscharakter. Der Maßstab und die gewählte Gestaltung dürfen nur eine Interpretation gestatten.

**Ortsgestaltungskonzeption**, das gestalterische Leitbild zur allseitigen Entwicklung des sozialistischen Dorfes. Der Kartenteil besteht in der Regel aus einer Übersichtskarte, einer komplexen Bestandskarte, dem Plan zur Ortsgestaltung und weiteren Plänen zu den Fachbereichen Grünplanung, Verkehr und technische Versorgung. Die Karten haben meist den Maßstab 1 : 2 000. Für ihren Inhalt und ihre Gestaltung bestehen einheitliche Richtlinien.

**Planerische Laufendhaltung**, die Fortführung planerischer Gedanken unter Berücksichtigung neuer Ausgangsdaten und Erkenntnisse. Neben der Aktualisierung des sich ständig verändernden Bestandes hat die planerische L. einen wesentlichen Einfluß auf die Fortschreibung von Planungskarten. Bedingt durch wesentliche Inhaltsänderungen führt sie meist zur Neubearbeitung der Karten im Rahmen der Überarbeitung von Planwerken. Durch den Einsatz von transparenten Deckblättern sowie auch eine angepaßte Gestaltung und Herstellungstechnologie kann der Aufwand für die p. L. aus kartographischer Sicht wesentlich reduziert werden.

Planungsatlas. Planwerk, eine systematische Sammlung von Bestandskarten und Planungskarten in Atlasform einschließlich Text, Tabellen, Graphiken und Bildern über ein abgegrenztes Bearbeitungsgebiet und Thema. Die gegenseitige Integration der eingesetzten Kommunikationsmittel zu einem einheitlichen Gesamtwerk trägt zur objektiven Information der Nutzer bei. Ein durchgängig genutztes gestalterisches Gesamtkonzept und eine übersichtliche Maßstabsreihe erleichtern die Orientierung des Nutzers im P., ferner ermöglicht sie eine sichere gedankliche Kombination inhaltlich benachbarter Themen. Die Herausgabeform eines P. muß eine häufigere Laufendhaltung und Ergänzung ermöglichen.

Planungskarte, die kartographische Darstellung des künftigen Entwicklungsstandes eines Territoriums und deren Maßnahmen zur Realisierung. Unter Berücksichtigung der entsprechenden Bestandskarten sowie eines dem Zweck entsprechenden Maßstabes und Genauigkeitsgrades entstehen Karten planerischer Zustandsstufen oder Zeitstufenkarten (Abb. 1. 2.). Ziel, Anspruch, Gestaltung und Herausgabetechnologie der P. folgen den allgemein formulierten Grundsätzen der Planungskartographie. Grenzgenauigkeit, Nachvollziehbarkeit der Grundgedanken, eindeutige Gestaltung, Lagetreue, Flächentreue, verstärkter Einsatz quantitativer Angaben und Darstellung von Entwicklungsvorgängen charakterisieren diese Kartenart. Unter dem Einfluß von Inhalt und Einsatzzweck haben sich neben der allgemeinen P. mehrerer spezielle Varianten wie Prognosekarte, Problemkarte, Begründungskarte, Entscheidungskarte und Bilanzkarte herausgebildet.

Planungskartographie, ein Teilgebiet der thematischen Kartographie, das sich mit dem Einsatz der kartographischen Methode in der Leitung und Planung der Volkswirtschaft beschäftigt. Im Analyse- und Planungsprozeß entstehen in territorialer und fachspezifischer Verantwortung Bestandskarten und Planungskarten als Einzelkarten oder Planungsatlanten in unterschiedlichen Konzeptionen und Maßstabbereichen, die je nach der konkreten volkswirtschaftlichen Erfordernis als Planungsinstrumente wirksam werden. Trotz dieser Einsatzbreite in inhaltlich unterschiedlichen Bereichen bestehen typische Gemeinsamkeiten in Zielstellung, Gestaltung, Herstellungstechnologie und Nutzung der Ergebnisse.

Planungsraum, ein nach planerischen Gesichtspunkten abgegrenztes Gebiet. Auf Grund des Prinzips der territorialen Verantwortlichkeit werden die Grenzen der Planungsräume oft zu Unrecht mit den administrativen Grenzen gleichgesetzt.

Planungsstufe, ein zeitlich abgegrenzter Abschnitt einer Planung. Entsprechend der Planungssystematik beinhaltet die P. in der DDR in der Regel Intervalle von 5 Jahren oder einem Vielfachen davon. Die P. sind der zeitliche Grundbaustein für Zeitstufenkarten (Planungskarte).

Planungszeitraum, Planungshorizont, der Zeitabschnitt, auf den sich eine Planung bezieht. In Planungskarten werden zur Verdeutlichung der zeitlichen Komponente oft mehrere Entwicklungsstufen des Inhaltes dargestellt.

Prognosekarte, die kartographische Darstellung von Ergebnissen in der analytisch-prognostischen Phase der Planung. Diese Karten stellen Alternativplanungen dar und haben im Gegensatz zu den Planungskarten im engeren Sinne noch keine gesetzliche Verbindlichkeit. Ihre kartographischen Probleme sind mit denen der Planungskarten vergleichbar.

Problemkarte, die kartographische Darstellung aller notwendigen raumbezogenen Aussagen einer Analyse- und Planungsarbeit, die für eine bestimmte Entscheidungsfindung notwendig sind. P. setzen eine exakte Inhaltsbegrenzung unter Wahrung der gestalterischen und technischen Möglichkeiten des Herstellers voraus. Die Fähigkeiten des vorher bestimmten Nutzerkreises zum Lesen und Interpretieren des Karteninhaltes sind ein wesentlicher Einflußfaktor für die Gestaltung dieser Kartenart. Bei der Auswahl der kartographischen Ausdrucksform ist in Verbindung mit dem beigefügten Text die Möglichkeit der Kontrolle aller quantitativen Aussagen zu sichern. Maßstab und Generalisierung sind diesen Faktoren anzupassen.

Restbestand, der Teil des Bestandes an Inhaltselementen in Zeitstufenkarten, der nach Planungsmaßnahmen erhalten bleibt.

Unikatkarte, ein nicht vervielfältigtes Autorenoriginal. In der Planung werden Varianten und Spezialthemen oft nur in einfacher Ausfertigung hergestellt.

Anlage II

Themenliste der Karten im Generalbebauungs- und Generalverkehrsplan Hoyerswerda als Beispiel für eine Mittelstadt

1. Generalbebauungsplan

Kapitel: Stadt und Umland

Hauptkarten :	- Einordnung der Stadt ins Siedlungsnetz	1 : 300 000
	- Geomorphologische Übersicht	1 : 100 000
	- Baugrund	1 : 20 000
	- Tendenzen der forst- u. landwirtschaftl. Flächennutzung	1 : 20 000
	- Nutzungsbeschränkungen im Umland	1 : 100 000
	- Nutzungsbeschränkungen im Stadtgebiet	1 : 20 000

Nebenkarten :	- Karte der Bodengüte	1 : 40 000
	- Karte der ur- u. frühgeschichtl. Bodenfunde sowie Bodendenkmale	1 : 200 000
	- Arbeitskräfteentwicklung und das Verhältnis von Auspendlern zu Einpendlern	1 : 200 000

Kapitel: Bevölkerung und Arbeitskräfte

Hauptkarten :	- Einwohner- u. Arbeitskräfteverteilung, Stand 1975	1 : 20 000
	- Einwohner- u. Arbeitskräfteverteilung, Stand 2000	1 : 20 000

Kapitel: Stadtstruktur

Hauptkarten :	- Stadtgliederung	1 : 20 000
	- Denkmalgeschützte und sonstige erhaltenswerte Bauwerke	1 : 5 000
	- Stadtstruktur, Bestand u. Planung	1 : 20 000
	- Stadtkomposition	1 : 20 000
	- Flächennutzung - Bestand Bl. 1 u. Bl. 2	1 : 10 000
	- Flächennutzung - Planung Bl. 1 u. Bl. 2	1 : 10 000

Kapitel: Wohnungswirtschaft

Hauptkarten :	- Wohnungswirtschaft - Bestand	1 : 20 000
	- Wohnungswirtschaft - Planung	1 : 20 000

Kapitel: Stadttechnische Versorgung

Hauptkarten :	- Oberörtliches Versorgungsnetz - Bestand	1 : 100 000
	- Hauptnetz Technische Versorgung - Bestand	1 : 20 000
	- Hauptnetz Technische Versorgung - Planung	1 : 20 000

Nebenkarten :	- Belegung des ober- u. unterirdischen Bauraumes durch Haupttrassen und Hauptanlagen der TV	1 : 40 000
	- Karte Wasserwirtschaft	1 : 200 000
	- Übersicht über die Bestandskarten der Technischen Versorgung	1 : 40 000
	- Analysekarte Versorgungsgebiet	1 : 40 000
	- Analysekarte Wasserversorgung	1 : 40 000
	- Analysekarte Schmutzwasserableitung und -behandlung	1 : 40 000
	- Analysekarte Regenwasserableitung	1 : 40 000
	- Analysekarte Wärmeversorgung	1 : 40 000
	- Analysekarte Elektroenergieversorgung	1 : 40 000
	- Analysekarte Gasversorgung	1 : 40 000
	- Analysekarte Fernmeldewesen	1 : 40 000
	- Analysekarte Nachrichtenübertragung	1 : 40 000

Kapitel: Kommunalwirtschaft

Nebenkarten :	- Oberörtliche Versorgungsnetze der Kommunalwirtschaft	1 : 200 000
	- Stadtberäumung und Stadtreinigung	1 : 40 000
	- Stadtbeleuchtung	1 : 40 000

Kapitel: Gesellschaftliche Einrichtungen

Hauptkarten :	- Gesellschaftliche Einrichtungen - Bestand	1 : 5 000
	- Standorte für gesellschaftliche Einrichtungen - Planung	1 : 20 000

Kapitel: Erholung und Sport

Hauptkarte :	- Erholung und Sport	1 :	20 000
Nebenkarten :	- Parkanlagen, Tobepplätze, Friedhöfe	1 :	40 000
	- Kleingärten	1 :	40 000
	- Schulen, Sportplätze, Turnhallen - Bestand	1 :	40 000
	- Schulen, Sportplätze, Turnhallen - Planung	1 :	40 000

Kapitel: Landeskultur

Hauptkarte :	- Maßnahmen des Bergbaus	1 :	100 000
--------------	--------------------------	-----	---------

2. G e n e r a l v e r k e h r s p l a n

Hauptkarten :	- Einordnung der Stadt in das regionale Verkehrsnetz - Bestand 1979	1 :	300 000
	- Einordnung der Stadt in das regionale Verkehrsnetz - Planung	1 :	100 000
	- ÖPNV-Bestandsnetz	1 :	20 000
	- Karte der Erreichbarkeit - Zentrum	1 :	20 000
	- ÖPNV-Netz Stadtverkehr - Planung	1 :	20 000
	- Verkehrserschließung Altstadt - Endausbau	1 :	5 000
	- Geplanter Busbahnhof	1 :	1 000
	- Plan der Erreichbarkeit - Zentrum	1 :	20 000
	- Straßennetzklassifikation - Bestand	1 :	20 000
	- Belegung in Kfz/16h - Bestand 1976	1 :	20 000
	- Durchlaßfähigkeit und Belegung - Bestand 1976	1 :	20 000
	- Straßennetzklassifikation - Planung	1 :	20 000
	- Belegung in Kfz/24h - Planung	1 :	20 000
	- Rad- u. Fußgängerverkehr - Bestand u. Planung	1 :	20 000
	- Abdeckung des Stellplatzbedarfs - 2000	1 :	20 000
	- Flächensicherung der Verkehrsanlagen	1 :	20 000
	- Straßenverkehrslärm im Straßenhauptnetz - Planung	1 :	20 000
	- Trasse Nord - Süd - Verbindung 2 Bl.	1 :	2 000
	- Verkehrsknotenpunkt Groß-Zeißig 2 Bl.	1 :	2 000
Nebenkarten :	- ÖPNV - Streckenbelegung Nachmittagsspitzen-	1 :	40 000
	stunde Bestand 1976 - Winter		
	- Binnenverkehr mit KOM Nachmittagsspitzen-	1 :	40 000
	stunde Winter 1978		
	- Karte der Erreichbarkeit - Industriegebiet	1 :	40 000
	- ÖPNV - Streckenbelegung Nachmittagsspitzen-	1 :	40 000
	stunde Planung nach 2000 - Winter		
	- Binnenverkehr mit KOM Nachmittagsspitzen-	1 :	40 000
	stunde Planung nach 2000 - Winter		
	- ÖPNV - Liniennetz im Zwischenausbau	1 :	40 000
	- Plan der Erreichbarkeit - Industriegebiet	1 :	40 000
	- Vom ZFIV untersuchtes Obusnetz	1 :	40 000
	- Obusnetz - Planung	1 :	40 000
	- Karte der Verkehrsbezirke und Zählstellen	1 :	40 000
	- Spurenplan Kfz und Radfahrer - Bestand	1 :	40 000
	- Quell- u. Zielverkehr - Bestand, Kfz/16h	1 :	40 000
	- Binnenverkehr - Bestand 1976, Kfz/16h	1 :	40 000
	- Quell- u. Zielverkehr - Planung nach 2000, Kfz/24h	1 :	40 000
	- Binnenverkehr - Planung nach 2000, Kfz/24h	1 :	40 000
	- Spurenplan - Planung	1 :	40 000
	- Durchlaßfähigkeit und Belegung - Planung	1 :	40 000
	- Karte der Brauchbarkeit des Hauptstraßennetzes	1 :	40 000
	- Parkflächenbilanz 1977	1 :	40 000
	- Standortabhängige und standortunabhängige		
	Baumaßnahmen im Straßenhauptnetz	1 :	40 000
	- Straßenverkehrslärm im Straßenhauptnetz - Bestand	1 :	40 000

Gesamt:	5 Hauptkarten	1 :	1 000	bzw. 1 :	2 000	39 Nebenkarten	1 :	40 000
	3 Hauptkarten	1 :	5 000			4 Nebenkarten	1 :	200 000
	4 Hauptkarten	1 :	10 000					
	27 Hauptkarten	1 :	20 000					
	4 Hauptkarten	1 :	100 000					
	2 Hauptkarten	1 :	300 000					

## Wahrnehmbarkeit, Verständlichkeit und Handhabbarkeit allgemeinbildender kartographischer Erzeugnisse

---

Volkhard Gäbler

### 1. Wirkungsbedingungen

Bei Untersuchungen der Kommunikation mittels kartographischer Darstellungen erfahren die produktiven Aspekte eine angemessene Berücksichtigung. Für die rezeptive Seite dieses Prozesses wird dies erst durch die stärkere Aufarbeitung der Probleme der Nutzung kartographischer Erzeugnisse geschehen. Als bestimmende Faktoren wirken hierbei die Funktionsadäquatheit von Inhalt und Gestaltung dieser Erzeugnisse, die wiederum von den subjektiven und objektiven Bedingungen der Produktion in Kartographie und Polygraphie bestimmt wird. Weiterhin sind die Kommunikationsfähigkeit und -bereitschaft der Adressaten sowie die räumlichen und zeitlichen Rezeptionsbedingungen entscheidende Einflußfaktoren.

Da die Rezeption eine Synthese von geistigen und praktischen Leistungen beim Aneignen des Erzeugnisinhaltes ein komplexer Vorgang von Wissensaneignung, Unterhaltung und ästhetischem Genuß ist oder doch sein sollte, um seine potentielle in eine reale Wirksamkeit zu überführen, ist es unerläßlich, diesbezügliche Untersuchungen ganzheitlich und interdisziplinär zu konzipieren. Die Grundlage für die Rezeption, auch von Karten und Atlanten, bilden die anschaulichen Formen der sinnlichen Erkenntnis, wofür Wahrnehmbarkeit und Verständlichkeit sowie Handhabbarkeit als spezifische ergonomische Komponenten bedeutsam sind. Diese Eigenschaften werden durch inhaltliche und formale Aspekte in dialektischer Einheit determiniert (Einfluß der Handhabbarkeit auf die Wahrnehmung, der Erkennbarkeit auf die Handhabung usw.). Zur Untersetzung kartographischer Gestaltungsaufgaben als produktivem Aspekt der Kommunikation ist diese Komplexität durch eine weitgehende Systematisierung der rezeptionswirksamen Eigenschaften und ihrer Einflußfaktoren sowie durch die Aufhellung des Wechselspiels von Wirkungsabsichten und -effekten stets von neuem bewußt zu machen.

### 2. Wahrnehmbarkeit

Die Aufnahme von Informationen, deren Produktivität und Verarbeitung sowie die Möglichkeit ihrer Speicherung wird entscheidend durch die Wahrnehmbarkeit beeinflusst. Wenn auch bei der Untersuchung kartographischer Darstellungen der visuellen Wahrnehmung der Vorrang gebührt, ist künftig auch die taktile und automatische Wahrnehmbarkeit zu berücksichtigen. Nicht nur in dieser Hinsicht charakterisieren die Begriffe "Erkennbarkeit", "Unterscheidbarkeit" und "Erfäßbarkeit" zutreffender und umfassender die Komponenten dieser Eigenschaft als die Bezeichnung "Lesbarkeit", die im Bedeutungsinhalt nicht eindeutig fixiert ist, da mit ihr Aspekte der Verständnissfähigkeit und Verständlichkeit unterschiedlich einbezogen sind. Des weiteren grenzen diese Komponenten den Terminus "Wahrnehmung" nicht von vornherein auf die von kartographischen Zeichen und die der Mikrostrukturierung ein. So wirken beispielsweise bei der ganzheitlichen Wahrnehmung kartographischer Erzeugnisse verschiedene Komponenten als Rezeptionsanreiz für die Aufmerksamkeitserregung:

- Erkennbarkeit der (thematischen) Zuordnung eines Erzeugnisses durch seine kartographisch relevante äußere Gestaltung (Aufmachung) einschließlich Titelgebung; indem Teile von Darstellungen dafür ausgewählt werden, werden gerichtete Erwartungshaltungen und Kaufanregungen initiiert;
- Erkennbarkeit der Reihenzugehörigkeit von Karten auf Grund einer charakteristischen Reihengestaltung und vorhandener Wahrnehmungserfahrungen;

- Unterscheidbarkeit der Erzeugnisse von miteinander konkurrierenden Firmen durch gezielte Imagepflege und prägnantes Erscheinungsbild;
- Unterscheidbarkeit eines Erzeugnisses von Vorgängererzeugnissen mit geringerem Gebrauchswert;
- Erfassbarkeit der Nutzungsmöglichkeiten des Erzeugnisses, d.h. die konzipierte Zweckbestimmung muß für Nutzer leicht und unmißverständlich ablesbar sein, um keine falschen und unbegründeten Erwartungshaltungen herauszufordern.

Kennzeichnend für den Rezeptionsanreiz ist in diesem Zusammenhang ferner, daß der erste Eindruck von einem Erzeugnis stark emotional geprägt ist und bei positiver Wahrnehmung orientierend weiterwirkt. Originalität und ästhetische Qualität sind hierfür richtunggebend. Die Eigenart und das Unverwechselbare des Gegenstandes bilden dabei die objektive Seite dieser Eigenschaft, die durch die spezifische, schöpferische Gestaltung subjektiv bestimmt wird. Je ausgeprägter die Wiedergabe der objektiven Realität subjektive Züge trägt, desto höher ist der Grad der Originalität einer Darstellung. Dieser Ausdruck einer individuellen schöpferischen Leistung ist eine entscheidende Voraussetzung für ihren urheberrechtlichen Schutz. Die mit der Entwicklung der Kartographie einhergehende Verwissenschaftlichung nimmt ihren Erzeugnissen teilweise etwas an Originalität und Frische. Attraktiv und originell gestaltete Erzeugnisse reizen jedoch nicht nur zum Kauf, sondern auch zur wiederholten Nutzung, womit ein wichtiges Anliegen der Produzenten von massenwirksamen Erzeugnissen erfüllt wird. Aber nicht Neuheit und Originalität können allein den Ausschlag geben, sondern immer und zuerst die Marktchancen im umfassenden und längerfristigen Sinne.

Durch die Verwandlung der Energie der äußeren Reize in eine Bewußtseinstatsache wird die unwillkürliche Aufmerksamkeit von passiven Adressaten mit noch wenig konkret ausgeprägten Interessen und Bedürfnissen bewirkt, die auch den Übergang zur willkürlichen Aufmerksamkeit fördert. Eine weitgehende Übereinstimmung der Reize in Intensität und Mindestdauer mit der augenblicklichen Disposition des Adressaten erfordert von ihm nur geringe Willensanstrengungen zur Aufnahme der Rezeption. Unterschwellige Reize führen dagegen zu keiner Reaktion oder Empfindung bzw. erst nach mehrfacher Wiederholung in kurzen Zeitabständen. Für Adressaten mit sehr gerichteten Interessen und Bedürfnissen ist der Einfluß dieser äußeren Reize von geringerer Bedeutung für das Wecken und Erhalten der Aufmerksamkeit. Bei ihnen spielen frühere Erfahrungen, die Erwartung und allgemeine Gerichtetheit eine wichtige Rolle, die verglichen mit zufälligen Rezeptionssituationen beim kartographischen Rezeptionsprozeß als einem gelenkten Wahrnehmungsprozeß vorausgesetzt werden kann.

## 2.1. Makrostrukturierung

Die differenzierten Beziehungen zwischen den Inhaltskomplexen des Gesamtwerkes einerseits und der Einzeldarstellung andererseits werden durch deren Makro- und Mikrostrukturierung sichtbar gemacht. Das setzt eine klare und logische inhaltliche Strukturierung voraus, da die typographische und kartographische diese lediglich widerspiegeln kann. Veranschaulichend und verständnisfördernd für die ganzheitliche Erfassbarkeit des inhaltlichen Aufbaus können mannigfaltige Komponenten der kartographischen Gestaltung wirken:

- übersichtliche und leicht erkennbare Reflexion der inhaltlichen Grundstruktur und Hierarchien nach Komplexen, Teilkomplexen, Gruppen usw. (Segmentierung mit verschiedenfarbiger Kartenrandgestaltung, Seitenmarkierung, unterschiedlichen Papierqualitäten bzw. -farben, vorangestellten Blattweisern, Sammellegenden u.ä.);
- Strukturkonstanz und rhythmische Wiederholung einschließlich Farbgebung; das wiederholte Auftreten gleicher Strukturen bewirkt einen Lernprozeß, aus dem wiederum gezielte Erwartungen resultieren. Sie betreffen in Atlanten u.a. die Anordnung und Abfolge der Themen, Räume, Maßstäbe, die Titel- und Legendenanordnung sowie -gliederung usw. Abweichungen und Modifikationen traditioneller und vertrauter Strukturen beeinträchtigen die Wahrnehmungsleistung und Informationsaufnahme.

## 2.2. Mikrostrukturierung

Die Mikrostrukturierung einer einzelnen kartographischen Darstellung beginnt zu wirken, nachdem die Aufmerksamkeit des Rezipienten geweckt worden ist. Die Qualität dieser Strukturierung entscheidet bei positiver Wahrnehmung, ob die Rezeption unmittelbar, zu einem späteren Zeitpunkt oder gar nicht begonnen wird. In dieser Beziehung dient sie einer Vorschau, dem sich die eingehendere Rezeption anschließen wird. Daraus folgt, daß gestalterische Dominanten und ausgewogene, aber kontrastreiche Figur-Hintergrund-Beziehungen durch deutliche Unter- bzw. Oberordnung sowie Unterscheidbarkeit der Informationsebenen als Fixpunkte für den Rezipienten zu schaffen sind, um seine (un)willkürliche Aufmerksamkeit in eine willkürliche Beachtung zu überführen und ihm eine Suchstrategie vorzuzeichnen.

Bedeutenden Einfluß hierauf hat die graphische und visuelle Belastung und Dichte der Darstellung. Eine rezeptionsfördernde Mikrostrukturierung kann durch eine adäquate inhaltliche und kartographische Generalisierung und Koordinierung erreicht werden, die auch den Umfang der Beschriftung einschließt. Er soll in einem wohlüberlegten Verhältnis und inneren Zusammenhang mit der Differenzierung des Karteninhaltes stehen. Eine übertriebene Namendichte, u.U. gepaart mit einer wenig gegliederten Schriftwahl, erschwert nicht nur die Wahrnehmbarkeit und Rezeption, sondern täuscht ggf. eine nicht vorhandene Genauigkeit der Informationsvermittlung vor. Die Probleme der Schriftgestaltung sind demzufolge stets in kartographisch relevante wahrnehmungspsychologische Untersuchungen einzubeziehen. Ergebnisse der Typographie zu Leseleistung und Leseschwindigkeit sind allerdings bei kartographischen Darstellungen nur bedingt verallgemeinerungsfähig.

Im übrigen bestimmen die visuellen Variablen (Gestalt, Richtung, Farbe, Textur, Intensität, Größe) den Charakter der Mikrostrukturierung und die Effektivität der Wahrnehmung. Die Qualität der Kontrastbildung bei den einzelnen Variablen ist zum anderen für die Unterscheidbarkeit ausschlaggebend. Auf diese Weise lassen sich die vielfältigen Einflußfaktoren bei den jeweiligen Eigenschaften hierarchisch weit auffächern. Unter der Voraussetzung, daß die Mikrostrukturierung zweckentsprechend konzipiert ist, wird ihre wahrnehmungspsychologische Wirkung im weiteren entscheidend durch die produktionsseitige Realisierung in Kartographie und Polygraphie beeinflußt. Zur komplexen Bewertung der Erzeugnisse sind deshalb technologisches Niveau und Qualitätsparameter dieser Bereiche unbedingt einzubeziehen. So wirken u. a. material- und verfahrensbedingte Faktoren, die sich gegenseitig bedingen, auf die visuell wahrnehmbare Qualität der Zwischen- und Endprodukte und ggf. weitere Eigenschaften, z. B.

### - Kartographisch-technisch

#### \* *Zeichnungsträger und Schichtträger als Informationszwischenträger*

Oberflächenbeschaffenheit	Bezeichenbarkeit
Dimensionsstabilität	Paßgenauigkeit
Transparenz	Reproduktionsfähigkeit
Planlage	

#### \* *Beschichtungsqualität bei konventionellen Verfahren*

Haftfestigkeit	Wischfestigkeit
Schichtdicke	Gravierfähigkeit
Schichthomogenität	Abziehbarkeit
Lichtempfindlichkeit	Auswaschqualität
Farbempfindlichkeit	Randschärfe
Auflösungsvermögen	Strichbreiteneinhaltung
Reproduzierbarkeit von Halbtonvorlagen	Reproduktionsfähigkeit

### - Polygraphisch

#### \* *Material des Aufzugs- und Bedruckstoffes*

Kompressibilität	Paßgenauigkeit
Dehnung	Dublieren
Druckspannung	Detailauflösungsvermögen
Abwicklung	Tonen
Relaxationszeit	

\* *Druckqualität*

optische Dichte: Farbschichtdicke, Farbkonzentration

Farbwert: Farbton, Sättigungsstufe, Dunkelstufe

Konturenschärfe: Oberflächenbeschaffenheit des Bedruckstoffes,  
insbesondere Rauheit, Farbschichtdicke, Druckspannung,  
Abwicklung, Druckformwerkstoff

Passer: Fehler in der lagegenauen Bedruckstoffführung, Dehnung des  
Bedruckstoffes, falsche Druckabwicklung

Durch umfangreiche und systematische Untersuchungen der letztgenannten Faktoren sowie konstruktive Umsetzung der Ergebnisse wird ihr Einfluß zunehmend minimiert und die Produktionssicherheit deutlich verbessert. Die subjektiven Faktoren werden vor allem durch den Einsatz elektronischer und automatisierter Fertigungsabschnitte reduziert.

### 3. Verständlichkeit

Die hier bevorzugte Verwendung des Begriffes "Verständlichkeit" stützt sich auf eine analoge Verfahrensweise bei Untersuchungen der populärwissenschaftlichen Literatur, womit die rationelle Zugänglichkeit für den potentiellen Nutzerkreis charakterisiert wird. Damit allgemeinbildende kartographische Erzeugnisse von einem breiten Nutzerkreis akzeptiert und angenommen werden, sind nutzer-, situations- und erzeugnisbezogene Angemessenheit und Allgemeinverständlichkeit der Darstellung eine Grundbedingung. Um eine Brücke zwischen dem Alltagserleben des Adressaten im Sinne der sinnlichen Reproduktion von früher erzielten Wahrnehmungen (Vorstellungen) und der zu vermittelnden kartographischen Abstraktion schlagen zu können, ist von seinem alters- und gesundheitsabhängigen geistigen Entwicklungsstand, assoziativen Denkvermögen, Vorwissen und Bedeutungsvorrat, von seinen Kenntnissen über die Gestaltungsgrundsätze und Nutzungsmöglichkeiten kartographischer Darstellungen auszugehen. Adressaten, die unzureichend auf die Aneignung eines Karteninhaltes vorbereitet sind und wenig konkrete Vorstellungen über den dargestellten Gegenstand und die Art seiner Wiedergabe besitzen, eignen sich gewiß weniger Informationen an und prägen sie sich im allgemeinen nicht so bleibend ein. Sie werden ggf. die Rezeption wiederholen bzw. bei nächster Gelegenheit fortsetzen. Ansonsten gilt die von J. KEATES (1982) formulierte Informationsbarriere: der Nutzer ist unfähig, die Information wahrzunehmen und zu verstehen (vgl. auch KAPPEL, 1988).

Die Entscheidung, ob eine kartographische Darstellung im konkreten Fall die effektivste und rationellste Form der Veranschaulichung georäumlicher Information ist, hängt hauptsächlich von der Abstraktheit des darzustellenden Gegenstandes und seiner möglichen Wiedergabe ab. Verschiedentlich werden im Interesse einer verständlicheren Darlegung und höheren Assoziativität kartenverwandte Darstellungen zu bevorzugen sein, beispielsweise Blockbilder und Aufrisse für geologische Themen, topologische Netzpläne als Übersichten des Nahverkehrs.

Dem Übergang von ikonischen zu abstrakten semantischen Abbildern, von der Beschreibung einer Erscheinung materieller Objekte zur Aufdeckung ihres Wesens entspricht in gewisser Weise der Übergang von der kartographischen Element- zur Komplex- und Synthesedarstellung. Die Anpassung der Kompliziertheit und Schwierigkeit von Inhalt und Gestaltung an eine bestimmte Nutzerdisposition ist dabei nicht mit Unwissenschaftlichkeit und Simplifizierung gleichzusetzen. Vielmehr sind entsprechend der didaktischen Prinzipien der Faßlichkeit obere, sich ständig erhöhende und die Leistungsfähigkeit ausschöpfende Leistungsgrenzen als Maßstab zugrunde zu legen, die durch angemessene Anstrengungen und Denkkaktivität des Rezipienten ein bewußtes Eindringen in den Sachverhalt erfordern. Das schulische Grundwissen hat hierfür orientierenden Charakter, da damit von einem gleichen, minimierten Bedeutungsvorrat zwischen den Partnern (Produzent, Nutzer) ausgegangen werden kann. Als weitere Bezugsgrundlage können populärwissenschaftliche Nachschlagewerke herangezogen werden.

Das in der Didaktik auf der Grundlage der Einheit von Konkretem und Abstraktem formulierte Prinzip der Anschaulichkeit hat für die Verständlichkeit determinierenden Charakter. E. NEEF (1981) charakterisiert Anschaulichkeit als "ein Darstellungsprinzip, das als didaktische Forderung im Prozeß geistiger Kommunikation Geltung hat. Die Erleichter-

rung und Beschleunigung dieses geistigen Prozesses gilt als Maßstab für die Anschaulichkeit einer Darstellung". Das trifft hauptsächlich dann zu, "wenn sie die Form sinnlicher Abbilder hat oder nur von Begriffen der Alltagserfahrung Gebrauch macht". Die relativ rasche und verlustarme Informationsaufnahme und -verarbeitung wird somit zu einem wesentlichen Kriterium für die Allgemeinverständlichkeit und damit für eine rationale und "flüssige" Kartengestaltung. R. KNÖPFLI resümiert dazu, hohe Verständlichkeit bedeutet wenig Information (1980).

### 3.1. Gegenstand der kartographischen Darstellung

Für eine verständliche kartographische Darstellung ist als erstes die Auswahl und Aufbereitung eines Themenkomplexes maßgebend. So werden Karten über die Anzahl der Sonnen- und Regentage, über tägliche Temperaturschwankungen oder die Schneesicherheit für touristische Interessen einen größeren Rezeptionsanreiz bieten und hilfreicher sein als Darstellungen über mittlere Januar- und Juliniederschläge o.ä. Wesentlichen Einfluß auf diese Eigenschaft hat des weiteren die populärwissenschaftliche Darstellungsweise und Generalisierung des jeweiligen Gegenstandes. Das betrifft neben der Auswahl der einzelnen Inhaltselemente auch den Informationsumfang. Bei einer zu weitgehenden Differenzierung und zu hohen Inhaltsdichte wird dem Nutzer ein verwirrendes, unanschauliches und damit wenig verständliches Bild vermittelt, wodurch die Rezeption beeinträchtigt und im Tempo verringert wird. Eine zu geringe Inhaltsdichte oder ein zu groß gewählter Maßstab sind gleichfalls wenig verständlich.

Durch zweckentsprechendes Generalisieren ist ebenso deutlich zwischen Überblicks- und Detaildarstellungen zu unterscheiden:

- erstere dienen im Sinne der ganzheitlichen Gegenstandswahrnehmung dem Überfliegen, dem diagonalen Lesen und sind demzufolge großformatig anzulegen und auf die wesentlichen Aussagen zu konzentrieren (Prägnanz), um die großräumigen Zusammenhänge darlegen zu können und die Gleichzeitigkeit des Raumeindrucks nicht zu beeinträchtigen;
- für die Detaildarstellung ist dagegen eine punktuelle, separierende und selektierende Rezeption der elementaren Strukturiertheit kennzeichnend, wobei übergreifende Informationen zurücktreten.

Um die Faßlichkeit des dargestellten Gegenstandes in der definierten Weise zu garantieren, ist der Karteninhalt außerdem in seinen Sequenzen so aufzubereiten und in überschaubare Wahrnehmungseinheiten zu portionieren, daß er dem "Schrittmaß" des Erkennens, des gedanklichen Erfassens und Behaltens angepaßt ist. Mit einer demgemäßen Gliederung und Anordnung der Themenkomplexe, Zeitabschnitte und/oder Raumeinheiten wird das unterstützt. Die Auflösung umfassender Komplexe in Einzelkarten gleichen Maßstabs und die Kombination von Karten mit nichtkartographischen Darstellungsformen (verbal, graphisch, tabellarisch) sind unter diesem Gesichtspunkt vertretbare Lösungen.

### 3.2. Komponenten der kartographischen Gestaltung

#### 3.2.1. Topographische Bezugsgrundlage

Für eine verständliche und einprägsame kartographische Darstellung ist die Wahl der geeigneten projektiven oder topologischen Grundlage und ihrer wichtigsten Parameter eine elementare Voraussetzung. Insbesondere das globale Wirken in Politik, Wirtschaft, Kultur und Tourismus verbunden mit der entsprechenden Informationsverbreitung erfordert großräumige Darstellungen mit mathematischen Grundlagen, die reale Lage- und Größenvorstellungen der georäumlichen Informationen vermitteln. Eine Erläuterung dieser Grundlagen in Form einer Rezeptionshilfe, wie in zahlreichen Weltatlanten, unterstützt das Verständnis dafür.

Die kartographischen Maßstabsbeziehungen werden durch die Einhaltung folgender Forderungen anschaulicher und verständlicher:

- überschaubare Anzahl von verschiedenen Maßstäben,

- Verwendung möglichst "runder" Maßstäbe.
- unmittelbare Vergleichbarkeit der Maßstäbe, durch Aufbau und Unterteilung der Maßstabsleisten unterstützt,
- Angabe des Maßstabs auf jeder selbständigen Darstellung - sowohl numerisch als auch graphisch,
- bei Welt- und Regionalatlanten Einbeziehung eines bekannten Vergleichsraumes für realere Größenvergleiche,
- Optimierung der Maßstabsrelation für eine bessere Übersichtlichkeit.

Durch Hervorhebung bekannter Fakten, Sachverhalte und Objekte der topographischen Bezugsgrundlage bzw. -elemente wird nicht nur dem Nutzer eine wichtige Orientierungshilfe gegeben, sondern zugleich eine Wahrnehmungslenkung und Suchstrategie vom Bekannten zum weniger Bekannten als didaktisches Prinzip vorgezeichnet. Besonders augenfällig wird das bei touristischen Karten.

Einen wesentlichen Einfluß haben dabei Umfang sowie Art und Weise der Objektbeschriftung. Während der gegenstandsbezogene Umfang der Beschriftung für die Identifizierung der georäumlichen Informationen bedeutungsvoll ist, ist beispielsweise die Erläuterung fremdsprachlicher Gattungsbegriffe in allgemeinbildenden kartographischen Darstellungen für eine bessere und unmittelbare Faßlichkeit und Verständlichkeit geographischer Erscheinungen hilfreich. Diese Gattungsbegriffe lassen sich in besonderen Verzeichnissen, gruppiert nach Sprachverwandtschaften, zusammenstellen.

Die Anwendung der jeweils nationalen Schreibweise, ggf. mit nationalem Schriftsystem, ist z.B. in touristischen Karten gleichermaßen für die Orientierung und rasche Identifizierung vor Ort wie für die direkte Verständigung unerläßlich, womit die Zweideutigkeit dieser Komponente deutlich wird: Faßlichkeit, Verstehbarkeit einerseits, Sichverständigen andererseits.

### 3.2.2. Darstellungsmittel und -methoden

Die Bewertung kartographischer Darstellungsmittel und -methoden unter dem Aspekt der Verständlichkeit ist im Vergleich zu anderen Darstellungsformen (verbal, tabellarisch) schwierig, da gleichzeitig unterschiedliche Gestaltungsmittel zur Anwendung kommen. Daraus folgt, daß zunächst die einzelnen Mittel und Methoden sowie Ausdrucksformen unter der Voraussetzung einer adäquaten Wiedergabe der thematischen Aussagen unter Wahrung des Systemcharakters zu untersuchen sind. Daran muß sich die Analyse und Bewertung von möglichen Kombinationen anschließen.

Wie bereits festgestellt, widerspricht es dem genannten Kriterium, wenn Verständlichkeit mit Simplifizierung und Verniedlichung, mit Ikonozität und Naturalismus identifiziert wird. Letztgenannte Merkmale haben bei guter graphischer Gestaltung von kartographischen Zeichen- und Farbschlüsseln für die Bedeutungszuordnung gewisse Vorzüge bei der Kartennutzung (Einschränkung bzw. Verzicht auf das Legendenstudium). Die eindeutige und konsequente Zuordnung von geometrischen Gestaltmerkmalen zu bestimmten Inhaltskomplexen vermittelt allerdings im allgemeinen eine klarere Vorstellung von der Struktur und Hierarchie des Gegenstandes, wobei die zugrunde liegenden Prinzipien verständlicher erläutert werden können. Zahlreiche Untersuchungen unterstreichen diese Feststellung und die grundlegende Bedeutung des Systemcharakters von kartographischen Zeichen-, Schrift- und Farbschlüsseln. Hierbei sind die elementaren Forderungen der Zuordnung von inhaltlichen und formalen Aussagen einzuhalten, wie sie insbesondere von G. JENSCH (1969), E. SPIESS (1970) und E. IMHOF (1972) formuliert wurden.

### 3.2.3. Titel und Legende

Für die verbale Widerspiegelung der semantischen Struktur des Kartengegenstandes bieten Titel und Legende vielfältige typographische Gestaltungsmittel. Die verbale Sprache als Mittel der indirekten Kommunikation erfüllt bei der Rezeption kartographischer Darstellungen metasprachliche Funktionen.

Der grundlegende Aufbau eines Atlas läßt sich beispielsweise durch zusammenfassende Titel für Kartengruppen, Atlasdoppelseiten, Atlasseiten und schließlich Einzelkarten einprägsam zum Ausdruck bringen. Eine derartige Lösung läßt sich für Kartenwerke mit Querschnittscharakter im allgemeinen einfacher realisieren als bei solchen mit Längsschnittcharakter, bei denen die Zusammenfassung verschiedener Einzelkarten unter einem gemeinsamen Seiten- oder Doppelseitentitel problematischer ist. Unabhängig davon kann die inhaltliche Grundstruktur auch im Inhaltsverzeichnis verdeutlicht werden.

Während ein Kartentitel zur Rezeption einlädt, soll die Legende die inhaltlichen Gliederungsprinzipien und Zusammenhänge fehlerfrei im Bewußtsein des Rezipienten widerspiegeln, dem Kartenverständnis dienen und nicht verwirren. Voraussetzung ist, daß der Gegenstand für die Darstellung übersichtlich nach Bedeutungsebenen abgestuft und strukturiert vorliegt, was durch Klassenbildung mit Bedeutungsgruppen, Oberbegriffen und Unterbegriffen sowie Einzüge für untergeordnete und zusätzliche Erläuterungen bzw. differenzierte Betonung einzelner Aussagen typographisch verständlich vermittelt werden kann. Die "portionsweise" Aufteilung des Legendentextmassivs in Wahrnehmungseinheiten mit "Haltepunkten" (erkennbare Absätze mit unterschiedlichem Zeilendurchschuß) erleichtert dem Rezipienten das direkte Hineinlesen in den Gegenstand, das mitdenkende Ordnen und Zuordnen von Zeichen und Bedeutung. Gleichzeitig dient sie einer effektiveren Legendennutzung, indem zu einzelnen Legendenkomplexen ein punktueller Zugang mit minimierten Zugriffszeiten möglich ist. Dadurch wird die Aktivität, Motivation und Konzentration des Rezipienten bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung unterstützt, wobei gleichbleibende, sich wiederholende Gestaltungslösungen die Eindringlichkeit und Einprägsamkeit erhöhen.

Die Zusammenfassung der für einen Themenkomplex insgesamt gültigen Zeichenerklärungen in einer Sammellegende erlaubt umfassender als eine Kartenlegende, die im großen und ganzen eine regional determinierte Auswahl der Thematik vermittelt, die Struktur des gesamten Gegenstandes verständlich darzubieten. Die vielfältige inhaltliche Verflechtung der Thematik und die adäquate (karto)graphische Gestaltung läßt sich hierbei in einer Matrix verständnisfördernd erläutern. Trotz allem werden mit der Legende in erster Linie die direkten Informationen aufbereitet. Die Verständnisfähigkeit des Rezipienten für die Erschließung von indirekten Informationen kann in größeren Kartenwerken bis zu einem gewissen Grade über Interpretationsbeispiele geschult werden.

In bezug auf allgemeinverständliche verbale Darstellungen werden folgende Anforderungen formuliert: Einschränkungen bei der Verwendung von Fremdwörtern und Fachtermini sowie von Historismen und Anarchismen, die nur einem eng begrenzten Kommunikationskreis zugänglich sind. Im übertragenen Sinne müssen allgemeinbildende kartographische Darstellungen ebenfalls diesem Anspruch genügen. Auch Begriffe des offiziellen Sprachgebrauchs sind unter diesem Gesichtspunkt nicht erstrebenswert und sprachökonomisch (vgl. öffentlicher Fernsprecher - Telefon).

In gleicher Weise gilt bei der Abfassung der einzelnen Legendenformulierungen der Grundsatz: "Meide die blassen Oberbegriffe! Benutze die blutvollen Unterbegriffe!" (FAULSEIT, LADE, 1983). Demgemäß ist u. U. eine Aufzählung der einzelnen zugehörigen Objekte, Sachverhalte o. ä. für die Zeichenerläuterung angemessener als die Angabe der entsprechenden Klassenbezeichnungen. Sofern in der Legende dafür nicht genügend Platz zur Verfügung steht, ist eine lexikalische Aufführung als Kontext oder Rezeptionshilfe sinnvoll.

#### 4. Handhabbarkeit

Die physische Handhabbarkeit kartographischer Erzeugnisse ist vornehmlich unter dem Gesichtspunkt der körperlichen Disposition und der Rezeptionsgewohnheiten sowie -situationen der potentiellen Nutzer zu betrachten, die von der Funktion, den inhaltlichen Gebrauchswerteigenschaften, der Nutzungshäufigkeit und -dauer bestimmt wird. Obwohl sich die Rezeptionsbedingungen und Handhabungsbeanspruchungen der verschiedenen Erzeugnisarten deutlich unterscheiden, sind ihre Gebrauchsform und Ausstattung weitgehend identisch und damit unzureichend diesen Bedingungen angepaßt.

Als grundlegende erzeugnisbezogene Komponenten für eine zweckentsprechende Handhabung sind zu untersuchen:

- Verhältnis der Gesamt- und Teilgrößen des Erzeugnisses zum Nutzer.
- Erfäßbarkeit der Handhabung.
- Handhabbarkeit des Erzeugnisses und seiner Teile.

#### 4.1. Erzeugnis als Ganzes

In Abhängigkeit von der Gebrauchsform ist das Format – bei Hand- und Schulatlanten im besonderen die Masse – der wesentliche Parameter für die physische Handhabbarkeit, wofür gleichermaßen die polygraphischen Möglichkeiten ausschlaggebend sind. Bei Handkarten ist diesbezüglich nicht nur ein handliches Format der auseinandergefalteten und gut planlegenden Karte erstrebenswert, sondern ebenso ein günstiges und leicht erkennbares Falzschema (Art und Anzahl der Falzungen), das ein müheloses Auseinander- und Zusammenfalten erlaubt. Hierfür ist weiterhin eine der potentiellen Nutzungshäufigkeit angemessene Dauerbiegefestigkeit des Papiers zu berücksichtigen. Die Anwendung der Dachfaltung in Verbindung mit der Leporellofaltung sichert diese gute Handhabung auch bei der physischen Speicherung der Karten im Handel und bei der Aufbewahrung in einer Sammlung (vgl. auch BISCHOFF, 1988; MELLMANN, 1988).

Die Handhabbarkeit von Atlanten wird von folgenden Qualitätsmerkmalen der buchbinderischen Verarbeitung beeinflusst:

- Aufschlagbarkeit, die durch die Art des Fügeverfahrens bestimmt wird (z. B. Fadenheftung, Klebebinden, Fadensiegeln) und bei unangemessener Qualität lästig und hinderlich für die Nutzung und vergleichende Rezeption ist. Zur Verringerung der Klammerwirkung wird deshalb beim Umblättern häufig am Falz entlanggestrichen, wodurch der physische Verschleiß beschleunigt wird.
- Festigkeit des Buchblocks, der durch gleiche Kriterien bestimmt wird. Eine Klebebindung ist z. B. für größere Nachschlagewerke wie Atlanten wenig geeignet.
- Festigkeit der Buchdecke. Die Auswahl der hierfür einzusetzenden Materialien ist vor allem von den Rezeptionsbedingungen und der Nutzungshäufigkeit abzuleiten. Die Anwendung von kaschierten Broschürebinden ist beispielsweise für Wasserwanderatlanten unangebracht. Die Festigkeit der Buchdecke ist des Weiteren für die physische Speicherung (Lagerungsbeanspruchung) und die wiederholte Benutzung (Herausziehen aus dem Regal) von Bedeutung. Die Verwendung von flexiblen Plastikeinbänden ist unter diesem Gesichtspunkt gründlich zu überdenken.

#### 4.2. Erzeugnisdetails

Für eine nutzerfreundliche Handhabbarkeit von Kartenwerken und Atlanten ist im Sinne einer physiologisch zweckmäßigen Anordnung die einheitliche typographische Orientierung in Verbindung mit einer konsequenten Nordausrichtung bedeutsam. Das ansonsten unvermeidliche Drehen des Kartenwerkes erschwert nicht nur dessen physische Handhabung, sondern vor allem die Vergleichbarkeit und Auswertbarkeit der einzelnen Darstellungen. In unumgänglichen Fällen ist infolgedessen eine Drehung der gesamten Doppelseite oder der jeweils rechten Seite auf Grund des geringeren Betrachtungsabstandes zwischen Nutzer und Karte zu bevorzugen. Die Anwendung von Ausklappkarten ist dazu keine Alternative, da sie für eine wiederholte Nutzung wenig geeignet sind und technologische Schwierigkeiten bereiten. Ggf. sollten geographische Aspekte des Verwandtschaftsgrades beieinanderstehender Karten zugunsten einer einheitlichen typographischen Orientierung zurücktreten. Bei der Kartenblattaufteilung eines Kartenwerkes ist die einheitliche typographische Orientierung der einzelnen Ausschnitte, nach Möglichkeit mit gewisser Überlappung der angrenzenden Kartenblätter, unerlässlich, da andernfalls die Blattanschlüsse schwer zu verfolgen sind.

Gleichermaßen beeinflusst die Zeichen- und Schriftanordnung die Handhabung von Kartenwerken. Während in thematischen Karten eine randparallele Zeichen- und Schriftanordnung - offensichtlich ohne ernsthafte Bedenken für die Vermittlung realer Lage- und Orientierungsvorstellungen - zunehmend Verwendung findet, bleibt die gradnetzparallele Anordnung in physisch-geographischen Karten dominierend. Wichtig bleibt jedoch die Einhaltung genereller, auf allgemeinen Lesegewohnheiten basierender Regeln für die Zeichen- und Schriftanordnung, die graphischen Nebendarstellungen eingeschlossen.

Bei der Titel- und Legendengestaltung sind Aspekte der nutzerfreundlichen Handhabbarkeit gleichfalls zu berücksichtigen, obwohl die Rezeption von Karte und Legende in ihrer Wechselwirkung noch nicht umfassend analysiert ist. Sie betreffen vorzugsweise:

- die Anordnung der Kartentitel in Leserichtung der Karte,
- die Anordnung der Sammellegende sehr exponiert auf dem Vorsatz des Atlas und damit leicht zugänglich für die wiederholte Nutzung oder bei mehreren Themenkomplexen diesen jeweils vorangestellt,
- die Anordnung der Kartenlegende innerhalb des Kartenspiegels, aber deutlich abgehoben vom eigentlichen Karteninhalt, oder außerhalb in unmittelbarer Nähe der zugehörigen Darstellung.

## 5. Ausblick

Eine Darlegung von ausgewählten, überwiegend gestalterischen Aspekten der Nutzung kartographischer Darstellungen in ihrer Beziehung zu den produktiven Einflußfaktoren vermag die Vielfalt der zugehörigen Probleme nur anzureißen. In Analogie dazu sind unbedingt auch die inhaltlichen Aspekte dieses Beziehungsgefüges zu betrachten und zu untersuchen. So hat beispielsweise die Unterscheidbarkeit als Komponente der Wahrnehmbarkeit zugleich wesentliche semantische Aspekte, insbesondere hinsichtlich der Begriffsstruktur.

Nach und nach wird endlich mit diesen Bausteinen deren Hierarchie in Form eines Zielbaumes für die Bewertung der einzelnen Eigenschaften und ihrer Einflußfaktoren zusammengetragen. Die damit mögliche Verbesserung der Informationsübermittlung muß gewährleisten, daß die Nutzer ein Maximum an Informationen mit einem Minimum an Zeit- und Energieaufwand auswählen, erfassen, verarbeiten und wiederauffinden können.

## L i t e r a t u r

- FAULSEIT, D.; LADE, D.: Wie man Wissenschaft populär vermitteln kann. Berlin 1983
- GAEBLER, V.: Beitrag zur Gebrauchswertbestimmung von kartographischen Erzeugnissen mit dem Ziel der Erhöhung der Effektivität der ökonomischen Nutzung - vorwiegend am Beispiel allgemeinbildender Atlanten.  
Diss. TU Dresden 1987 (ungedruckt)
- GAEBLER, V.: Aktualität als Gebrauchswerteigenschaft kartographischer Erzeugnisse.  
In: Zum Problem der thematischen Weltatlanten.  
Gotha: Hermann Haack 1988, S. 166-171
- IMHOF, E.: Thematische Kartographie. Berlin: de Gruyter 1972 (= Lehrbuch der Allg. Geographie Bd. 10. Hrsg. v. E. OBST u. J. SCHMITHÖSEN)
- JENSCH, G.: Zum Grundprinzip der Zuordnung von Farbe, Form und Sachverhalt in thematischen Karten. In: Untersuchungen zur thematischen Kartographie.  
Hannover 1969, S. 27-42

- Kartengestaltung und Kartenentwurf. Ergebnisse des 16. Arbeitskurses Niederdollendorf 1986. Bonn 1988  
Vorstellungen/Wünsche des Kartenbenutzers zur Kartengestaltung  
z.B. S. BISCHOFF: z.B. Kartenverkauf, S. 137-143  
z.B. W. KAPPEL: Autofahrer, S. 121-127  
z.B. P. MELLMANN: Kartengestaltung bezüglich Legende/Kartenrahmen/  
Faltung/Papier usw., S. 183-192
- KEATES, J. S.: Understanding Maps. London: Longman Group Limited 1982
- KNÖPFLI, R.: Informationstheoretische Betrachtungen zur Verringerung von Ungewißheit durch Struktur. In: Int. Jahrb. f. Kartographie Bd. 20. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag 1980, S. 129-141
- KNÖPFLI, R.: Was ist eine Karte? Betrachtungen zum Informationsgehalt und zur Generalisierung.  
In: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik. 79(1981)9. S. 1-8
- NEEF, E.: Der Verlust der Anschaulichkeit in der Geographie und das Problem der Kulturlandschaft. In: Sitzungsberichte der SAW zu Leipzig, Math.-naturw. Klasse., Berlin (1981)6, Band 116
- OGRISSEK, R.: Theoretische Kartographie. Gotha: Hermann Haack 1987
- RIESE, R.: Rationalisierung durch Standardisierung.  
In: Neue Werbung. Berlin 30(1983)1, S. 16-19
- SPIESS, E.: Eigenschaften von Kombinationen graphischer Variablen.  
In: Grundsatzfragen der Kartographie. Hrsg. v. d. Österr. Geogr. Ges. Red. E. ARNBERGER. Wien 1970, S. 279-293
- TOMS, M.: Der Gebrauchswert und seine Messung. Berlin 1988

## Zur arbeitswissenschaftlichen Seite automatisierter Kartenherstellung

---

Peter Herrmann

### 1. Einleitung

Arbeitswissenschaftliche Durchdringung ist eine Grundvoraussetzung für die Überleitung automatisierter Technologien. Sie muß die Bedingungen für Arbeitsfreude, Schöpferium und Einsatzbereitschaft schaffen, kognitive und soziale Handlungsfähigkeit des Menschen gewährleisten. Die Ausführungen sollen dazu dienen, bereits zum Zeitpunkt des Technologieentwurfs auf einzelne Zusammenhänge hinzuweisen, ohne bereits auf speziellen Belastungstests oder ähnlichem aufbauen zu können.

### 2. Charakterisierung der Technologie automatisierter Kartenherstellung

Die automatisierte Kartenherstellung wird als informationsverarbeitende Technologie mit den Mitteln der elektronischen Datenverarbeitung entwickelt. Dem internationalen Trend zum Einsatz durchgängiger automatisierter Systeme folgend, soll eine optimale Durchgängigkeit unter Bildung komplexer technologischer Vorgänge (Stapelverarbeitung) angestrebt werden. Die Besonderheiten der Kartenherstellung, insbesondere die Korrektur unter Ansicht des Gesamtkartenblattes, und die Kompliziertheit von Verarbeitungsaufgaben, insbesondere der qualitativen Generalisierung unter Beachtung vorhandener Inhaltsstrukturen, erfordern jedoch technologische Trennungen mit Übergang zur interaktiven Weiterbearbeitung. Das damit erreichte Automatisierungsniveau entspricht der Stufe 3 der vierstufigen Skala nach JACOBI (1982): "Partiell komplexe Automatisierungslösungen". Dabei wird selbst für die Stufe 4 "Komplexe, durchgängige Automatisierungslösungen" ein Automatisierungsgrad von nicht über 90% empfohlen (LUDWIG 1987). Er garantiert, daß unvorhergesehene Einflüsse durch den Menschen weiterhin bewältigt werden können und sorgt auf der anderen Seite für die Minimierung von Wartezeiten. Partielle Komplexität kommt sowohl der wachsenden Aufgabenbreite der Technologie, als auch der schrittweisen Überführung in die Produktion entgegen und berücksichtigt darüber hinaus den hohen Kompliziertheitsgrad der Entwicklung. Mit  $K = N + S$  nach HACKER (1989) ( $K$  = Kompliziertheitsgrad,  $N$  = Neuheitsgrad in 5 Gruppen,  $S$  = Schwierigkeitsgrad in 5 Gruppen) nähert er sich dem Maximalwert 10, wenn das neue Produkt "digitale territoriumsbezogene Daten" in die Bewertung einbezogen wird.

Die Überführung in die Praxis muß davon ausgehen, daß der Hauptanteil benötigter Arbeitskräfte aus dem Personal der gegenwärtigen Kartenherstellung gewonnen werden wird. Die Kartenherstellung erfolgt gegenwärtig überwiegend auf dem Wege einer mechanischen Technologie. Die Verarbeitung topographischer Informationen geschieht "stoffverarbeitend" unter Nutzung von Gravier-, Abzieh-, Zeichen- u.a. Verfahren. Die Hauptbelastung ist feinmotorischer Art (Graviergeräte), gekoppelt mit geistiger Tätigkeit (Gravergeneralisierung) oder ausschließlich visuell-geistiger Tätigkeit (Korrekturlesung). Psychische Beanspruchungen entstehen durch quantitative (Zeit-)Vorgaben bei gleichzeitig erforderlicher Qualitätsarbeit. Kennzeichnend ist jedoch eine ausgeprägte Eigensteuerung, die offenbar auch bei langandauerndem Gravieren Monotonleerschneunungen überbrückt. Der Herstellungsgang ist unkompliziert und für jeden überschaubar. Er entspricht der Organisationsform "Reihenverlauf mit Zentralverteilung". Indirekte psychische Belastungen spielen kaum eine Rolle. Es ist davon auszugehen, daß der bisherige kartographische Bearbeiter im wesentlichen vor einer neuen arbeitswissenschaftlichen Situation stehen wird.

### 3. Tätigkeit im automatisierten Kartenherstellungsprozeß

Leistungsvoraussetzung wird zunehmend die Bewältigung von Wahrnehmungs-, Denk- und Gedächtnisprozessen auf dem Wege der Informationsaufnahme, -verarbeitung und -speicherung mit dem Ziel jeweiliger Antwortreaktionen. Zukünftige Beanspruchungen

betreffen die psychische, weniger die körperliche Seite menschlicher Tätigkeit. Daraus resultiert die zunehmende Bedeutung der wissenschaftlichen Arbeitsgestaltung hinsichtlich der komplexen Bedingungen des Arbeitsplatzes und des Arbeitsablaufes.

Sie muß in der

- optimalen Funktionstellung zwischen Mensch und Maschine, d.h. den in die automatisierte Technologie integrierten Arbeitsstationen und ihrer Peripherie,
  - Optimierung der Arbeitsplatzbedingungen, der Umweltfaktoren unter Kenntnis der psychophysischen Leistungscharakteristika des Menschen und
  - optimalen Prozeß- und Erzeugnisgestaltung
- ihren Niederschlag finden.

Einen Überblick über die möglichen Angriffspunkte innerhalb der konzipierten Technologie automatisierter Kartenherstellung zeigt Bild 1.

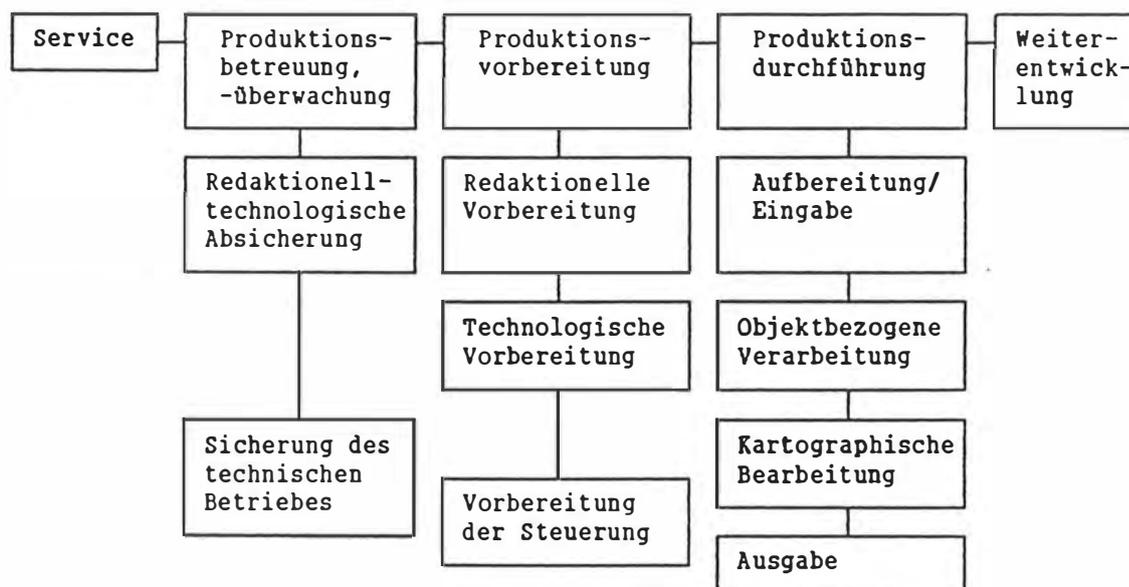


Bild 1: Zielorientierung menschlicher Tätigkeit im automatisierten Kartenherstellungsprozeß

Bis auf wenige rein manuelle Tätigkeiten (Vorlagenbearbeitungen, Korrekturlesungen) ist der Produktionsablauf an automatisierte Stationen gebunden, auf denen Stapelprozesse gestartet oder kartographische Aufgaben unmittelbar im Dialog anhand von Terminal und graphischem Bildschirm bearbeitet werden. Sämtliche Tätigkeiten erfordern hauptsächlich geistige Arbeit mit Wahrnehmungsleistungen, sensomotorischer Koordination, Aufmerksamkeit, Konzentration und geistiger Beweglichkeit. Stets sind Probleme zu erkennen, Prozesse zu überwachen, Entscheidungen zu finden und bei Erfordernis Eingriffe in die Prozesse vorzunehmen. Angesichts des Überwechsels von Arbeitskräften in die neue, informationsverarbeitende Technologie ist die Wirkung der damit eingebrachten Vorerfahrungen von Interesse. Dabei ist zu berücksichtigen, daß in bestimmtem Umfang bereits Erfahrungen mit informationsverarbeitenden Teiltechnologien, z. B. hinsichtlich der Bearbeitung der geodätischen Grundlage oder der Kartennamen, bestehen.

- Vorerfahrungen wirken positiv, wenn neue Lösungen generell oder z. T. mit der Erfahrungsaufgabe übereinstimmen. Diese Erkenntnis spricht eindeutig für die Eingliederung interaktiver Prozesse, durch die mit dem (farbigen) Kartenbild, jetzt lediglich auf dem Bildschirm, gearbeitet werden kann.
- Vorerfahrungen wirken negativ, wenn die neue Lösung äußerlich mit den Erfahrungswerten übereinstimmt und zur Übernahme uneffektiver Verfahrensweisen führt. Dabei herrscht hinsichtlich der Lösungsstrategie die Tendenz, das bisherige Organisationsniveau beizubehalten.
- Vorerfahrungen dieser Art können hemmend wirken, wenn bedingt durch Spezialisierung, durch Nichteinsehbarkeit des Gesamtkartenbildes, durch fehlenden Nachbarkontakt u. a. die Anpassung erschwert wird.

Mit der wissenschaftlichen Durchdringung kann und muß soweit vorgebeugt werden, daß technologisch neue Wege sicher gegangen werden können.

Neue Arbeitsaufgaben erfordern hohe Lerneffekte bei möglichst geringem Aufwand. Hervorgehoben wird vor allem die Notwendigkeit von ausreichendem Training, ohne dem z.B. Betriebssysteme oder der Dialogablauf schwer beherrscht werden können. Der hohe Kompliziertheitsgrad fordert die Spezialisierung für einzelne Arbeitsstationen. Es bleibt dann noch immer ein ausreichender Handlungsspielraum im Sinne der Vermeidung von Monotonieerscheinungen. Über die optimale Komplexität eines durch eine Person zu bewältigenden Prozeßabschnittes kann nur durch Analysen der wissenschaftlichen Arbeitsorganisation unter Einbeziehung des Zeitbedarfs entschieden werden.

Dabei muß die Individualisierung der Tätigkeit als Möglichkeit persönlichkeitsfördernder Arbeitsgestaltung berücksichtigt werden. ULRICH (1980) spricht von dem grundsätzlichen Irrtum, daß es für jede Tätigkeit einen "one best way" geben müsse und empfiehlt eine Arbeitsgestaltung, die unterschiedliche Arbeitsweisen zulassen muß. Interaktive Tätigkeit scheint dieser Empfehlung nahezukommen, da die Wahl der Routinen oder zu behandelnder Objekte im Ermessen der handelnden Person liegt.

Ein Grundanliegen ist die richtige, d.h. optimale Tätigkeitszuweisung im kartenherstellenden Mensch-Rechner-System (Bild 2).

A u f g a b e	M e n s c h	M a s c h i n e
Lernen	+ hochentwickelt	- gering lernfähig
Objektansprache	- nicht vollständig formalisiert	+ vollständig formalisiert
Auswahl von Operationen	+ sehr variabel	- vorprogrammiert
Zielverfolgung	+ selbstgesteckte Ziele	- keine Eigenziele
Arbeitsweise	- weitgehend fehlende Reproduzierbarkeit	+ feststehende Arbeitsweise
Messen	- mit internem Bezug	+ objektiver Vergleich
Abfragen	+ erwartungsgesteuert	- zyklisch oder prioritätsgesteuert
Zählen	- aufmerksamkeitsgebunden	+ ermüdungsfrei
Verknüpfen	- einfach	+ komplex möglich
logische Steuerung	+ flexibel	- starr
Adaptionen	+ improvisierfähig	- vorprogrammiert
Rechnen	- zufällige Fehler	+ kaum zufällige Fehler
Optimieren	- begrenzt	+ umfangreich
Planen	+ möglich	- nicht möglich
Prüfen	+ am Gedächtnisbild	+ am Modell
Problemlösen	+ schöpferisch	- vorprogrammiert

Bild 2: Starke (+) und schwache (-) Seiten von Mensch und Maschine bei relevanten kartographiebezogenen Tätigkeiten (nach LUDWIG 1987).

Der Mensch wird im allgemeinen immer dann wirksam, wenn

- die technischen Mittel nicht greifbar sind,
  - die Aufgaben zu komplex sind,
  - deren Ergebnisse zu ungenau sind,
- sowie bei
- unvorhergesehenen Ereignissen,
  - nicht vorher berechenbaren Situationen und
  - stark veränderbaren Betriebszuständen.

Die Mensch-Rechner-Arbeitsstellung geschieht einestells bei der Projektierung des Rechereinsatzes, anderenteils mit der Erarbeitung des Dialogprogramms.

#### 4. Belastungen im technologischen Ablauf

Arbeitsmedizinische Einflußnahme hat zu ergonomisch optimierter Arbeitsplatz- und Arbeitsraumgestaltung geführt. Bei der Technologieentwicklung muß jedoch auch die psychoneurale Belastung beachtet werden; höhere Bedeutung erhält daher die richtige Verteilung von Erholungspausen.

Nach KRUEGER (1983) sinkt der Erholungswert einer Pause mit zunehmender Dauer überproportional ab. Pausen müssen daher gleichmäßig über die Arbeitszeit verteilt werden. Für Bildschirmarbeit werden 5 ... 10 Minuten Pause nach einer Arbeitsstunde bzw. 15 ... 20 Minuten nach 2 Stunden empfohlen. Pause ist dabei nicht mit Arbeitsruhe, sondern Unterbrechung mit Übernahme einer anders gearteten Tätigkeit, z. B. unabhängig vom Bildschirm, gleichzusetzen. Neben der Entmüdfungsfunktion sind nach HACKER (1989) als spezifische Pausenwirkung auch Pufferfunktion (Aufholen von Rückständen), Informationsfunktion (Gedankenaustausch) und Vermittlungsfunktion (Arbeitsumstellung) einzubeziehen. Die Summe belastender Wirkungen hat zur Forderung nach Beschränkung der Bildschirmarbeitsdauer geführt. HACKER (1989) spricht von nicht vertretbaren psychischen Belastungen bei ganztägigen Bildschirmsitzungen und weist auf die international an CAD/CAM-Stationen bewährte Mehrfachnutzung durch 2 ... 4 Ingenieure je Schicht hin. Wachsende Kompliziertheit verlangt Konzentration und ungestörtes Arbeiten, wobei der dominierende "Gesprächspartner" ein technisches Gerät sein wird. Ein Gedankenaustausch bleibt jedoch Grundbedingung. Es muß das Anliegen humaner Arbeitsgestaltung sein, die Arbeitsstellung nur soweit voranzutreiben, wie es der soziale Charakter der Arbeit zuläßt. Bei technologiebedingten Arbeitsstationen handelt es sich um Einzelarbeitsplätze, die jedoch auch in der konventionellen Kartenherstellung dominieren und als "gewohnt" voraussetzbar sind.

#### 5. Zusammenfassung

Die Einführung einer informationsverarbeitenden Technologie in der Kartenherstellung konfrontiert die Beteiligten mit einer neuen arbeitswissenschaftlichen Situation. Eingebrachte Erfahrungen aus der herkömmlichen Kartenherstellung sind nur zum Teil nutzbar. Charakteristisch ist eine Konzentration auf das Gebiet "Bildschirmarbeitsplatz"; dagegen ist der Forschungsstand bezüglich Durchdringung gesamter automatisierter Technologien gegenwärtig noch unzureichend, so daß vor allem mit Analogieschlüssen gearbeitet werden muß.

Es wird aber deutlich, daß vor allem

- physische Belastungen bei Zwangshaltung, mit erschwerten visuellen Wahrnehmen,
- direkte psychische Belastungen durch Daueraufmerksamkeit,
- Monotonie durch Spezialisierung, durch Abhängigkeit vom System, durch Einflußlosigkeit auf Antwortzeiten, durch Verständnisschwierigkeiten mit dem System und
- indirekte psychische Belastungen durch fehlende/verzögerte Ergebnissrückkopplung, durch Reduktion der Eigensteuerung, durch fehlende Einsicht in den technologischen Ablauf, durch Kontaktarmut, geringere Nutzung der eigenen Qualifikation

die wesentliche Rolle in zukünftigen Arbeitsstudien spielen werden. Beim Entwurf der Technologie ist es notwendig, durch Gliederung des Gesamtprozesses unter Berücksichtigung manueller und interaktiver technologischer Vorgänge den Menschen aktiv einzubeziehen. Die Funktionsordnung in einem Mensch-Maschine-System muß die starken Seiten beider Partner berücksichtigen und dabei die Belastung des Menschen minimieren.

L i t e r a t u r

- HACKER, W.; RAUM, H.; RENTZSCH, M.; VÖLKER, K.:  
Bildschirmarbeit - arbeitswissenschaftliche Empfehlungen,  
Analyse und Gestaltung rechnergestützter Arbeit.  
Berlin: Verlag Die Wirtschaft, 1989
- JACOBI, H.-J.:  
Zu einigen Fragen der Qualitätssicherung und Standardisierung bei der  
Automatisierung der Vorbereitung und Durchführung der Produk-  
tion. In: Beiträge zur Ökonomie der Automatisierung.  
TU Dresden, WB Kartographie, 1982, S.73-85
- KRUEGER, H.; MÜLLER-LIMMROTH, W.:  
Arbeiten mit dem Bildschirm - aber richtig.  
Bayrisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung.  
München: Max Schick Verlag, 1983
- LUDWIG, J.:  
Ingenieurpsychologische Gestaltungsprinzipien für die Automatisie-  
rungstechnik. (Reihe Automatisierungstechnik Heft 223)  
Berlin: Verlag Technik, 1987
- ULRICH, E.; UDRIS, I.; FREI, F.; ALIOTH, A.:  
Zur Frage der Individualisierung von Arbeitstätigkeiten.  
In: HACKER, W.; Raum, H.: Optimierung von kognitiven Arbeitsanfor-  
derungen.  
Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1980, S. 65-69

## Automatisierte kartographische Expertensysteme der Generalisierung - Ein kybernetischer Modellansatz

---

Frank Hoffmann

### 1. Einführung

Die wissenschaftliche Durchdringung kartographischer Prozesse der Analyse, der Projektierung, des Entwurfs und der Herausgabe kartographischer Erzeugnisse erfordert unter dem Aspekt ihrer rechnergestützten Bearbeitung zunehmend mathematische, statistische, stochastische, algorithmische, logische und heuristische Verfahren zu ihrer Systematisierung und Reglementierung. Eines der methodologischen Grundprobleme der Automatisierung kartographischer Prozesse (AKP) ist die Generalisierung des topographisch-geographischen sowie des thematischen Karteninhalts. Bisherige Forschungsarbeiten zur Automatisierung der kartographischen Generalisierung haben jedoch noch zu keinen produktiv relevanten Verfahrenslösungen geführt, da die Expertise des generalisierenden Kartographen unzureichend in den verschiedenen mathematischen, statistischen, stochastischen sowie algorithmischen Modellierungsansätzen berücksichtigt wurde (HOFFMANN, 1985; MEYER, 1989; JÄGER, 1990). Wir möchten deshalb nachfolgend das Konzept eines kybernetisierten Modellierungsansatzes vorstellen, welches einen Beitrag zur Entwicklung kartographischer Expertensysteme zur Generalisierung topographischer Landschaftsmodelle darstellt. Dieser heuristisch-kybernetisierte Modellansatz setzt experimentelle Untersuchungen fort, die der Verfasser Anfang der 70er Jahre unter der Leitung des Verdienten Wissenschaftlers der RSFSR, Prof. V. I. SUCHOV (1907-1977), während seines Aufenthaltes an der Kartographischen Fakultät der Moskauer Hochschule für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartographie (MIIGAiK) durchführte. Die Anregung und Förderung für dieses Forschungsstudium an einer der größten geodätisch-kartographischen Hochschulen der Welt verdankt der Verfasser seinem früheren Hochschullehrer, Herrn Prof. PILLEWIZER, der 1968 als Direktor des damaligen Institutes für Kartographie an der TU Dresden die Voraussetzungen für einen mehrjährigen Aufenthalt an dieser sowjetischen Hochschule schuf. Der Einsatz rechnerintegrierter Verfahren heuristischer Wissensverarbeitung wurde von uns als notwendige Entwicklungsrichtung der kartographischen Generalisierungsforschung bereits zu einem früheren Zeitpunkt herausgestellt (HOFFMANN und BOCHOW, 1985). Ich widme den nachfolgenden Beitrag zur heuristisch-kybernetischen Modellierung des Generalisierungsprozesses Herrn Prof. PILLEWIZER (Wien) aus Anlaß seines 80. Geburtstages.

### 2. Historische Entwicklung und Forschungsstand zur kartographischen Generalisierung

Die Generalisierung topographischer und geographischer Karten ist der wichtigste Prozess im Ablauf der Kartenherstellung. Nach dem sowjetischen Fachbereichsstandard der Kartographie wird die kartographische Generalisierung als Prozeß der Auswahl und Verallgemeinerung der Abbildung eines Teiles der Erdoberfläche entsprechend der Zweckbestimmung und dem Maßstab der Karte sowie der Besonderheiten des zu kartographierenden<sup>1)</sup> Territoriums charakterisiert.

Historisch gesehen beschäftigte sich ECKERT (1921) bereits sehr frühzeitig mit dem Wesen und den Faktoren der kartographischen Generalisierung. Er kam jedoch über eine Wertung der Generalisierung als ein subjektiver Prozeß nicht hinaus. Zu den methodologisch interessantesten sind die Arbeiten zur Generalisierung topographischer Kartenwerke aus den 40er und 50er Jahren führender sowjetischer Militärkartographen (KOMKOV, FILIPPOV, BOČAROV, NIKOLAEV und SUCHOV) zu nennen, die aus der allseitigen dialektischen Untersuchung der kartographischen Generalisierung erstmalig von einem objektiven Prozeß sprechen, der auf dem Verständnis und der Berücksichtigung des allseitigen inhaltlichen Wesens der zu kartographierenden Sachverhalte beruht. Als logische Konsequenz schlug SUCHOV (1950) erstmals ein quantitatives Generalisierungsgesetz vor, welches leider nachfolgend weder in der deutschsprachigen noch in der anglo-amerikanischen kartographischen Fachliteratur hinsichtlich seiner grundlegenden Bedeutung erkannt wurde.

$$(1) \quad G = A \cdot V = V \frac{10^{12} \cdot (1/M)^2 \cdot p}{q}$$

Hierin bedeuten: G - Generalisierungskoeffizient; A - Auswahlgrad; V - Verallgemeinerungsgrad; 1/M - Kartenmaßstab; p - Dichtewert der Kartenobjekte pro 1 cm x 1 cm Kartenfläche; q - Dichtewert der Geobjekte pro 10 km x 10 km Landschaftsfläche.

Zu Beginn der 60er Jahre versuchte TÖPFER, den Auswahlprozeß durch das maßstabsabhängige "Wurzelgesetz" in mathematische Form zu fassen. Spätere Modifikationen durch mehrere Korrekturfaktoren für maßstabsabhängige Zeichenschlüssel und Objektbedeutung sollten eine homogenisierte Abfolge mehrerer Auswahlstufen herbeiführen. Das "Wurzelgesetz" berücksichtigt jedoch die strukturellen Besonderheiten der auszuwählenden Geobjekte nicht unmittelbar.

In dieser Hinsicht ging SRNKA (1968) bereits einen wesentlichen Schritt weiter und führte in Fortsetzung des von SUCHOV begründeten mathematisch-statistischen Ansatzes der Auswahl und Verallgemeinerung mehrparametrische Potenzfunktionen als Generalisierungsansatz ein, wobei landschaftsbezogene Strukturmaße der Geobjekte durch experimentelle Untersuchungen mathematisch-statistisch analysiert und verallgemeinert werden sollten.

Einen vorläufigen Abschluß fanden diese Arbeiten mit der im Jahre 1974 erschienenen Monographie von TÖPFER, in der dieser mit dem Vorschlag zur Anwendung von mathematisch-statistischen Verteilungsfunktionen (Exponentialverteilung für die Auswahl landschaftsabhängiger Mindestlängen in Flußnetzen) nunmehr ebenfalls einen mathematisch-statistisch geprägten Lösungsweg einschlug, wie dieser bereits in den Arbeiten sowjetischer, tschechischer und slowakischer (Militär-)Kartographen vorgezeichnet wurde (SUCHOV, 1950; NIKOLAEV und BOČAROV, 1957; IVANOV, 1965; ZNAMENŠČIKOV, 1965; MARTINEK, 1967; SRNKA, 1968; HÁJEK, 1974 u.a.).

Auf dem Hintergrund dieser Forschungsarbeiten liefen in den 70er Jahren intensive Bemühungen zur Automatisierung der formalisierbaren kartographischen Prozesse. Wegen der aus technisch-technologischer Sicht jedoch unzureichenden Mittel der Informationssowie der Kommunikationstechnik, kam es jedoch nicht zu den erhofften Fortschritten auf dem Gebiet der rechnergestützten Generalisierung. Hinzu kommt, daß die 70er Jahre geprägt wurden durch den international geführten Meinungsstreit über die informationstheoretische oder erkenntnistheoretische Priorität bei der Bestimmung des Gegenstandes der Kartographie. Davon blieb die Forschung zur kartographischen Generalisierung jedoch nicht unberührt.

Eine wesentliche Stütze der kommunikativ orientierten Forschungsarbeiten stellte die Informationstheorie dar, mit deren Hilfe der zufolge Generalisierung eintretende "Informationsverlust" zu minimieren sei. Ein solcher Ansatz ist nach unserer Auffassung jedoch nicht mit dem systemtheoretischen Verständnis des Gegenstandes der Kartographie zu vereinbaren, welches von einer ganzheitlichen Betrachtungsweise von Form und Inhalt der zu modellierenden und generalisierenden Landschaft ausgeht.

Im Unterschied dazu gehen Forschungsarbeiten, die primär von einem erkenntnistheoretischen Ansatz geprägt sind, von einer wesentlichen Eigenschaft der kartographischen Generalisierung aus, nämlich von der Wahrung der dialektischen Einheit von Form und Inhalt zu modellierender Geosysteme.

Dieses Prinzip findet seine Bestätigung in der heuristisch-regulativen Tätigkeit des kartographischen Generalisierungsexperten, der auf der Basis eines fundierten topometrisch-topologischen sowie geographisch-geomorphologischen Wissens die wesentlichen Merkmale und Besonderheiten von Geosystemen unterschiedlicher Hierarchiestufen und räumlicher Dimension durch Beachtung des Widerspruchs von "geometrischer Genauigkeit" einerseits und "geographischer Richtigkeit" andererseits beim Übergang in kleinere Maßstäbe abstrahiert und generalisiert. Dabei wird das qualitativ und quantitativ neu zu strukturierende Wissen heuristisch abgeleitet und danach kartographisch visualisiert. Mit einem solchen Herangehen wird zugleich eine wissenschaftlich fundierte Begründung für eine notwendige universitäre kartographische Ausbildung im Spannungsfeld von Geo-

däsie und Geographie formuliert, den eine eigenständige Fachrichtung Kartographie zu erfüllen hat.

Das erkenntnistheoretisch geprägte Geosystem-Verständnis der Kartographie im allgemeinen und der kybernetisch-heuristischen Funktion der kartographischen Generalisierung im besonderen geht von der Existenz natürlicher und sozial-ökonomischer Geokomplexe aus, deren elementare Komponenten und Relationen auf unterschiedlichen Hierarchiestufen und in verschiedenen räumlich-maßstäblichen Dimensionen ausgeprägt sind.

Ein wichtiges Ziel der Systemkartographierung besteht deshalb in der allseitigen Analyse der Landschaft, der Modellierung ihrer wesentlichen Elemente und Relationen sowie in der Simulation ihrer maßstabsabhängigen Visualisierung durch systemhafte Auswahl und Verallgemeinerung. Auf jeder maßstabsbezogenen Stufe der Systemhierarchie erfordern deshalb Inhalt und Funktion des zu generalisierenden Geokomplexes eine geometrische Umstrukturierung sowohl seiner Form, als auch seiner Struktur unter Wahrung der geographischen Besonderheiten der Landschaft. Insbesondere bei topographischen Karten führt Maßstabswechsel, d.h. Änderung der georäumlichen Hierarchie der Geokomplexe, zum Widerspruch zwischen Form und Inhalt, also zwischen geodätischer Genauigkeit einerseits und geographischer Richtigkeit andererseits. Kartographische Analysen der typologischen Landschaftsstrukturen in verschiedenen physisch-geographischen Regionen gehören daher zu den wesentlichen Arbeiten der theoretischen Kartographie in der UdSSR (SALISČEV, 1982).

### 3. Zur Modellierung von Generalisierungsprozessen

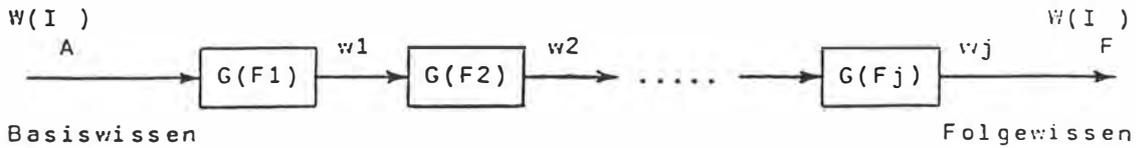
Ein wesentliches Ziel der rechnergestützten Generalisierung liegt in der Aufdeckung der allgemeingültigen Prinzipien der generalisierenden Tätigkeit des Kartographen, der sein topographisches und geographisches Expertenwissen in Form von Fakten, Regeln und Mustern zielgerichtet assoziativ (symbolisch) verknüpft und auf vorhandene Abbilder (Geländemodelle, Karten, Bilder, Beschreibungen u.a.) geographischer Landschaften anwendet. Dies ist in erster Linie ein erkenntnistheoretisch geprägter Prozeß und setzt deshalb eine fundierte geowissenschaftliche Ausbildung voraus.

Kartenthema, Zweckbestimmung, Landschaftsmerkmale, Maßstab und Visualisierungsprinzipien beeinflussen Auswahl und Verallgemeinerung der Geoobjekte und Geokomplexe hinsichtlich Form (Gestalt), Inhalt (Eigenschaften), Struktur (Objekt-Beziehungen) und Funktion (System-Beziehungen). Auf Grund des stochastischen Charakters der sich räumlich und zeitlich verändernden dynamischen Landschaftsstrukturen und ihrer generalisierten Abbildung auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus konnten mit mathematisch-statistischen Modellen bisher die logischen Gesetzmäßigkeiten von Generalisierungsprozessen nicht allseitig aufgeklärt werden. Verfahren der stochastischen Analyse der Signalverarbeitung (KELLER und MEIER, 1990) können ihrerseits nur der Steuerung von strukturellen Aspekten bei der Abbildung von Geosystemen dienen, da sie das dialektische Prinzip der Einheit von Form und Inhalt einseitig behandeln. Die regulative (rückgekoppelte) Tätigkeit des Kartographen im Generalisierungsprozeß führt demzufolge zum Konzept der kybernetischen Modellierung durch gesteuerte Übertragung des geographischen Wissens über die Einheit von Form und Inhalt von Geokomplexen, welches in einem interaktiv geregelten (bisher ausschließlich manuellen) Rückkopplungsprozeß die Struktur und Funktion der Geoobjekte in dem maßstabsabhängigen übergeordneten Geosystem bewertet, interpretiert und als neues Strukturwissen visualisiert.

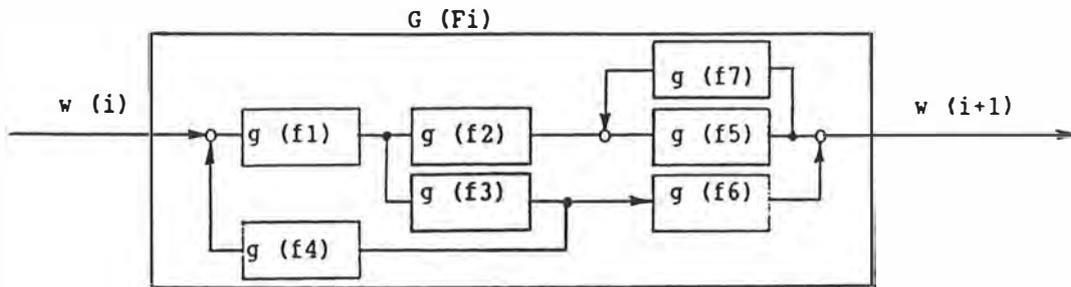
Diese These eines kybernetisierten Generalisierungsmodells unter Einschluß des regulativen Expertenwissens des Kartographen setzt hypothetisch voraus, daß im Verlaufe des gesteuerten und geregelten Generalisierungsprozesses eine Transformation der Strukturparameter aus dem untergeordneten zum übergeordneten Geosystem erfolgt, wobei nicht etwa ein zu minimierender Informationsverlust eintritt, sondern im Gegenteil, qualitativ neu strukturiertes Wissen übertragen wird. Nachfolgend werden wir versuchen, diese These in einem formalisierbaren Modellansatz systemtheoretisch zu beschreiben und als Generalisierungsmodell zu formulieren.

Betrachten wir zunächst den Generalisierungsprozeß unter dem Aspekt der ausschließlich gesteuerten Umformung des topographisch-geographischen Basiswissens über die Landschaft  $W(I_A)$  im Grundmaßstab  $[1:M_A]$ , so erhalten wir infolge 'n' linear geschalteter

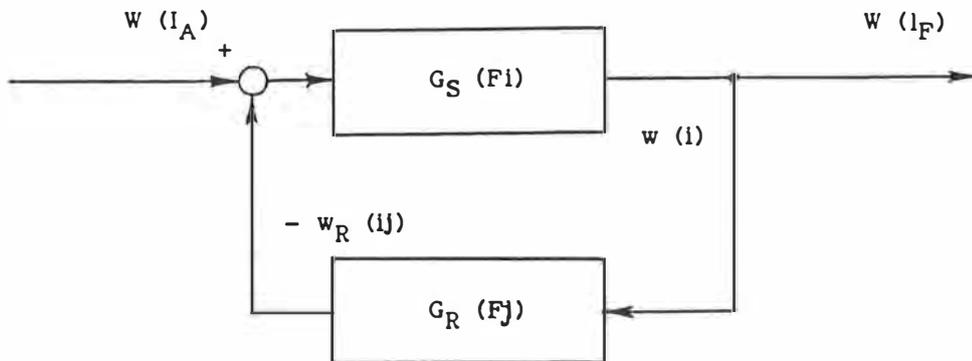
Generalisierungsprozeduren  $G(F_i)$  für  $[i=1,n]$  im Folgemaßstab  $[1:M_F]$  das bewertete, interpretierte und generalisierte Folgewissen  $W(I_F)$ :



In diesem Fall wirken die einzelnen Generalisierungsprozeduren ausschließlich über mathematische Begrenzungsparameter für unwesentliche Objekte und Relationen (Längenzensus, Auswahlnorm, Mindestgröße usw.). Die topographisch-geographische Kartenanalyse zeigt jedoch, daß die einzelnen Generalisierungsprozeduren mit kleiner werdendem Maßstab zur Wahrung der Einheit von Form und Inhalt zunehmend das Prinzip geometrischer Genauigkeit zugunsten des Prinzips geographischer Richtigkeit betonen. Dies bedeutet, daß sich die innere Struktur der steuernden Generalisierungsprozeduren durch einen komplexen Aufbau mit komplizierten Verknüpfungen und Wechselbeziehungen auszeichnet, so daß selektierende, integrierende, differenzierende, multiplizierende, partionierende, expandierende usw. Wirkungen erzeugt werden können:



Berücksichtigen wir schließlich das regulative Wirken des kartographischen Experten als einen weiteren Generalisierungsfaktor, so müssen wir das lineare Modell der gesteuerten Wissensübertragung durch ein **dynamisches** rückgekoppeltes Modell der regulativen Wissensübertragung mittels kartographischer Expertise ersetzen. Dieses kybernetisierte Generalisierungsmodell wird sich bei einer rechnergestützten Realisierung durch Simulation der Tätigkeit eines Kartographen in Form eines Geo-Experten-Systems vollziehen.



Bei der geregelten Wissensübertragung erfolgt am Ausgang des steuernden Generalisierungsfaktors  $G(F_i)$  eine permanente Analyse der übertragenen Informationen  $w(i)$  und an Hand der gespeicherten Fakten, Regeln und Muster erfolgt der Abgleich mit dem ursprünglichen Wissen auf der hierarchisch niederen Stufe des Geosystems.

Man muß konstatieren, daß sich bisherige Ansätze für ein geregeltes Generalisierungs-Experten-System (GENEX-System) noch im Anfangsstadium ihrer Entwicklung befinden und demzufolge auch in der kartographischen Forschungsliteratur nur begrenzt diskutiert werden (HOFFMANN, 1985; COOK, 1990; MEYER, 1990; MULLER, 1990; RAASCH, 1990).

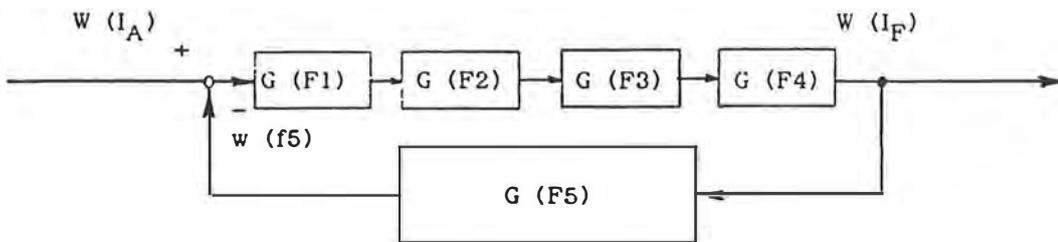
#### 4. Der Generalisierungsprozeß als kybernetisches Modell

Wir führen nachfolgende Generalisierungsprozeduren als Steuerfaktoren des kartographischen Generalisierungsprozesses ein:

- G (F1) - Kartentyp und Thema
- G (F2) - Kartenzweck und Nutzung
- G (F3) - Kartenmaßstab und Design
- G (F4) - Besonderheiten der Landschaftsobjekte.

Als Regulationsfaktor zum Abgleich des abgeleiteten Folgewissens mit dem Basiswissen durch Rückkopplung an Hand von Fakten, Regeln und Mustern benutzen wir:

- G (F5) - regulative Rückkopplung des kartographischen Geo-Experten-Systems



Die Übertragungscharakteristik jeder Generalisierungsprozedur  $G(F_i)$  bestimmen wir an Hand der Transformation objektbezogener Informationsparameter  $I(t)$  aus dem Basismaßstab  $[1:M_A]$  in den Folge-Maßstab  $[1:M_F]$ . Als Informationsparameter werden Form- und Strukturverteilungsmuster beobachtet. Aus unveröffentlichten sowjetischen Forschungsarbeiten ist dem Verfasser bekannt, daß z.B. für die automatische Objekterkennung auf topographischen Karten bis zu 20 Strukturparameter benutzt wurden.

Zur Beschreibung der statischen und dynamischen Merkmale und Eigenschaften eines solchen kybernetisierten Modellansatzes benutzen wir eine spezielle Klasse gewöhnlicher Differentialgleichungen (DG) mit reellen Koeffizienten (IVACHNENKO, 1969; DOBESCH, 1970). Es gilt für Folge- und Basiswissen:

$$(2) \quad \frac{d^m \left( \frac{d^p}{dt^p} \cdot W(t) \right)}{dt^m} = \frac{d^n \left( \frac{d^q}{dt^q} \cdot W(t) \right)}{dt^n}$$

$m, n$  - Ordnung der linearen Differentialgleichungen.

Wegen

$$(3.1) \quad \mathcal{L} \left\{ \frac{d^k}{dt^k} w(t) \right\} = \tau^k \cdot w(\tau) - \sum_{l=1}^k W^{(l-1)}(+0) \cdot \tau^{(k-l)}$$

gilt:

$$(3.2) \quad \mathcal{L} \left\{ P \frac{d^p}{dt^p} W(t) \right\} = P_0 \cdot \mathcal{L} \left\{ W(t) \right\} + P_1 \cdot \mathcal{L} \left\{ W^{(1)}(t) \right\} + \dots + P_m \cdot \mathcal{L} \left\{ W^{(m)}(t) \right\}$$

und analog:

$$(3.3) \quad \mathcal{L} \left\{ Q \frac{d^q}{dt^q} W(t) \right\} = Q_0 \cdot \mathcal{L} \left\{ W(t) \right\} + Q_1 \cdot \mathcal{L} \left\{ W^{(1)}(t) \right\} + \dots + Q_n \cdot \mathcal{L} \left\{ W^{(n)}(t) \right\}$$

Im Falle des vorherrschenden selektierenden Einflusses der Generalisierungsprozeduren, also  $q=0$  für  $j \geq 1$ , vereinfacht sich die Beschreibung des Basiswissens, und wir erhalten:

$$(4) \quad \frac{d \underset{m}{p} \cdot \underset{F}{W} (t)}{dt} = \underset{0}{q} \cdot \underset{A}{W} (t)$$

An Hand statistischer Untersuchungen der Generalisierung von Gewässernetzen in unterschiedlichen geographischen Regionen der Sowjetunion sowie in Mitteleuropa konnten wir bereits nachweisen, daß der Einfluß der einzelnen Faktoren der Generalisierung auf die Auswahl der Anzahl durch eine dem 'Wurzelgesetz' entsprechende maßstabsabhängige Potenzfunktion (5) gesteuert wird

$$(5) \quad N_F = N_A \cdot \left( \frac{M_F}{M_A} \right)^x \quad \text{für } x \geq 0$$

Außerdem wurde experimentell nachgewiesen, daß bei der Umformung in Geokomplexe höherer Rangordnung eine meßbare Transformation der Verteilungsstruktur untergeordneter Geokomplexe stattfindet (PIRIEV, 1966; SRNKA, 1970; HOFFMANN, 1972). Diese differenzierte Strukturumwandlung zufolge des regulativen Generalisierungsfaktors kann in (4) dadurch simuliert werden, daß eine wechselnde Anzahl von elementaren Faktoren linear geschaltet wird.

Durch Summierung der Differentialgleichungen der Elementarfaktoren läßt sich die Ordnung der beschreibenden Differentialgleichung einer Generalisierungsprozedur als Summe der Ordnungen der DG der Elementarfaktoren bestimmen. Wie von uns gezeigt (HOFFMANN, 1972), kann das entstehende DG-System mittels der LAPLACE-Transformation in eine algebraische Funktion überführt und mittels der LAPLACE-Rücktransformation eine Lösung für die Übertragungseigenschaften eines kybernetisch geregelten Generalisierungsprozesses angegeben werden.

Unter der Voraussetzung, daß bei einer projizierten Grenze  $\delta$  der kommunikativen Visualisierung eines Geobjektes dessen 'Überlebenswahrscheinlichkeit' gegen Null strebt

$$(6) \quad \lim_{t \rightarrow \delta} \underset{A}{W} (t) = 0$$

erhalten wir die algebraische Lösung der DG für die LAPLACE-Transformation des Basis- und abgeleiteten Folgewissens wie folgt:

$$(7) \quad \mathcal{L} \left\{ \underset{m}{P} \cdot \underset{F}{W} (t) \right\} = \underset{F}{w} (\tau) \cdot \left[ \underset{0}{P} + \underset{1}{P} \cdot \tau^1 + \underset{2}{P} \cdot \tau^2 + \dots + \underset{m}{P} \cdot \tau^m \right]$$

und

$$(8) \quad \mathcal{L} \left\{ \underset{n}{Q} \cdot \underset{A}{W} (t) \right\} = \underset{A}{w} (\tau) \cdot \left[ \underset{0}{Q} + \underset{1}{Q} \cdot \tau^1 + \underset{2}{Q} \cdot \tau^2 + \dots + \underset{n}{Q} \cdot \tau^n \right]$$

$W_A(t)$  - Basiswissen:  $W_F(t)$  - Folgewissen.

Hieraus folgt die Übertragungscharakteristik (Operator der Generalisierung) des geregelten Systems mit:

$$(9) \quad G(\tau) = \gamma \frac{(\tau-b_1) (\tau-b_2) (\tau-b_3) \dots (\tau-b_n)}{(\tau-a_1) (\tau-a_2) (\tau-a_3) \dots (\tau-a_m)}$$

beziehungsweise

$$(10) \quad G(\tau) = \gamma \prod_{i,j=1}^{m,n} \frac{(\tau - b_j)}{(\tau - a_i)}$$

Interpretieren wir nunmehr die Übertragungscharakteristik eines selektierend geregelten Generalisierungsmodells, so können wir schlußfolgern:

- die Ordnung der DG einer Generalisierungsprozedur ergibt sich aus der Summe linear geschalteter Elementarglieder
- der differenzierende Einfluß einzelner Generalisierungsprozeduren auf die Verteilungsstruktur wird durch linear und parallel geschaltete Elementarfaktoren erster Ordnung erreicht
- bei konstanten Selektionskoeffizienten eines elementaren Generalisierungsfaktors ist demzufolge der Auswahlgrad nur von der Ordnung der DG abhängig, so daß in (10) die gewichteten Wurzeln  $a(i)$  und  $b(j)$  als identisch betrachtet werden können.

Vereinfachen wir (10) für den Fall  $a(i) = b(j) = -\alpha$ , so erhalten wir für den Generalisierungsoperator:

$$(11) \quad G(\tau) = \gamma^1 \frac{1}{(\tau + \alpha)^{m-n}}$$

Wir ersetzen:  $\beta = (m-n)$  und erhalten für den Generalisierungsoperator des regulativen Generalisierungsmodells:

$$(12) \quad G(\tau) = \gamma^1 (\tau + \alpha)^{-\beta}$$

$\alpha, \beta, \gamma^1$  - Übertragungsparameter.

Nach Interpretation von (12) kommen wir zu der Erkenntnis, daß

- das geographische Basiswissen mittels der Übertragungsparameter des Generalisierungsmodells in neu strukturiertes Folgewissen übertragen und a priori beschrieben werden kann.
- durch eine rechnergestützte Steuerung und Regulation der inhaltlich-funktional geprägte Einfluß auf den geometrisch-strukturellen Aufbau des Folgewissens modelliert und simuliert werden kann,
- durch quantitative Bewertung des Charakters und der Struktur des Basiswissens formalisierte Parameter zur Entwicklung kartographischer GENEX-Systeme gewonnen werden können.

Unter Verwendung der Ergebnisse der geographischen Landschaftsanalyse von DAVYDOV (1953), welcher Aufbau und Struktur von Flußnetzen in unterschiedlichen Regionen der Sowjetunion (Kaukasus, Nordrußland, Wolgahügelland, Donniederung) analysierte, beschreiben wir nunmehr das Verhalten unseres allgemeingültigen Generalisierungsmodells mit Berücksichtigung von (7) und (8) wie folgt:

$$(13) \quad \mathcal{L}\{W_F(t)\} = G(\tau) \cdot \mathcal{L}\{W_A(t)\}$$

Hieraus bestimmen wir durch LAPLACE-Rücktransformation die Verteilungsfunktion einer generalisierten Struktur des Gewässernetzes:

$$(14) \quad W_F(t) = \mathcal{L}^{-1} \left\{ G(\tau) \cdot \mathcal{L}\{W_A(t)\} \right\}$$

Wegen

$$(15) \quad w_A(\tau) = \mathcal{L}\{W_A(t)\} = \int_0^{\infty} \exp(-\tau t) \cdot W_A(t) dt$$

und

$$(16) \quad W_A(t) = \begin{cases} N_A & \text{für } t > 0 \\ 0 & \text{für } t \leq 0 \end{cases}$$

erhalten wir die Verteilungsdichte der ungeneralisierten Gewässerstrukturen zu

$$(17) \quad w_A(\tau) = \int_0^{\infty} \exp(-\tau t) \cdot N_A dt .$$

Unter Berücksichtigung von

$$(18) \quad \lim_{t \rightarrow \infty} (\exp(-\tau t)) = 0$$

ergibt sich:

$$(19) \quad w_A(\tau) = N_A \cdot \tau^{-1} .$$

Damit erhalten wir aus (12) und (14) das selektierte Folgewissen

$$(20) \quad W_F(t) = \mathcal{L}^{-1} \left\{ N_A \cdot \gamma^{\beta} \frac{1}{\tau(\tau + \alpha)^{\beta}} \right\}$$

und

$$(21) \quad \frac{d}{dt} W_F(t) = \mathcal{L}^{-1} \left\{ N_A \cdot \gamma^{\beta} \frac{1}{(\tau + \alpha)^{\beta}} \right\}$$

Nach Auflösung unter Verwendung von LAPLACE-Tabellen (vgl. DOBESCH, 1970, S. 192 ff.) bestimmen wir die Verteilungsdichte von (14), d.h. der generalisierten Gewässerstruktur mit

$$(22) \quad w_F(t) = \begin{cases} N_A \cdot \gamma^{\beta} \cdot t^{(\beta-1)} \cdot \exp(-\alpha t) & \text{für } t > 0 \\ 0 & \text{für } t \leq 0 \end{cases}$$

Die gesuchte Verteilungsfunktion zur Beschreibung der generalisierten Gewässernetzstruktur in verschiedenen geographischen Landschaftsräumen erhalten wir nach Integration von (22), also

$$(23) \quad W_F(t) = W_A(t) \cdot \gamma^{\beta} \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} t^{(\beta-1)} \cdot \exp(-\alpha t) dt$$

- $W_F(t)$  - Strukturwissen über das generalisierte Gewässernetz
- $W_A(t)$  - Strukturwissen über das ungeneralisierte Gewässernetz
- $\alpha$  - Gradationsparameter des Generalisierungsmodells
- $\beta$  - Formparameter des Generalisierungsmodells
- $\gamma^{\beta}$  - Auswahlparameter des Generalisierungsmodells unter Beachtung von Maßstabsrelation, Designparameter und Bedeutungskoeffizienten

- max
- t - landschaftsabhängige Grenzparameter der Flußlängen.
- min

Aus einer rechnergestützten Kartenanalyse der Abbildung von Gewässerläufen sowohl im topographischen Maßstab 1 : 25 000 als auch im stark generalisierten chorographischen Maßstabsbereich 1 : 750 000 bis 1 : 2 Mio. wurde die Allgemeingültigkeit von (23) nachgewiesen. Als wesentliche Erkenntnis konnte dabei belegt werden, daß der in den

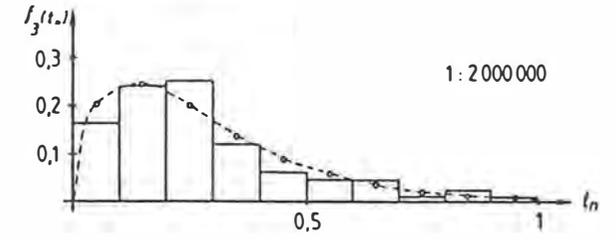
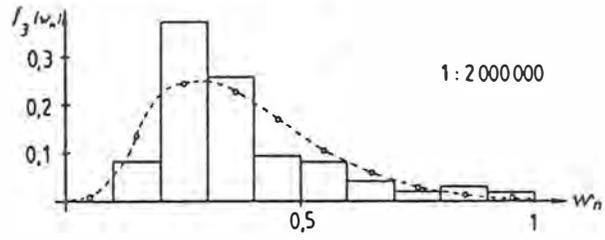
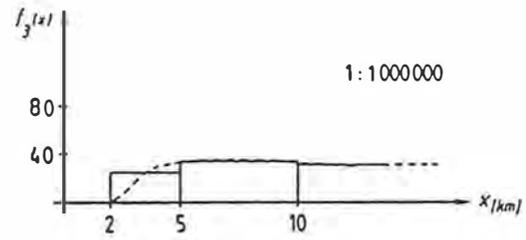
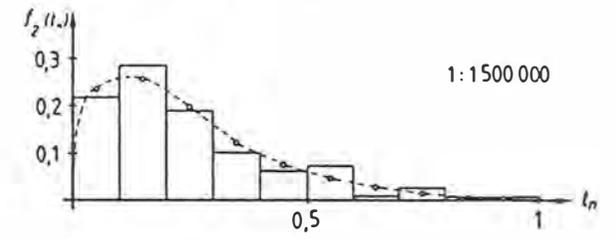
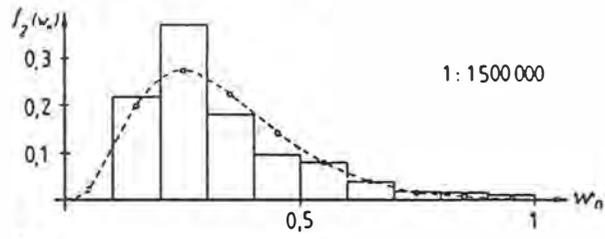
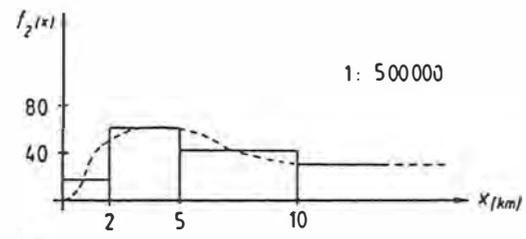
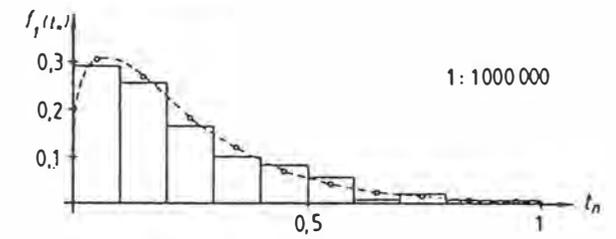
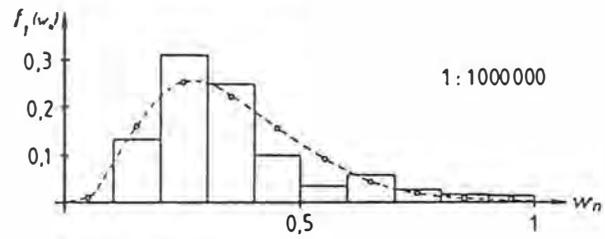
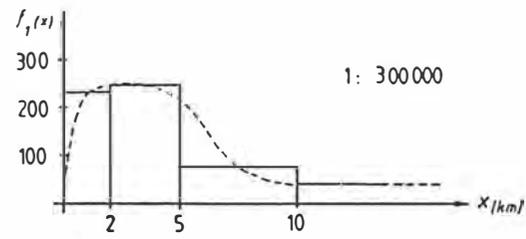
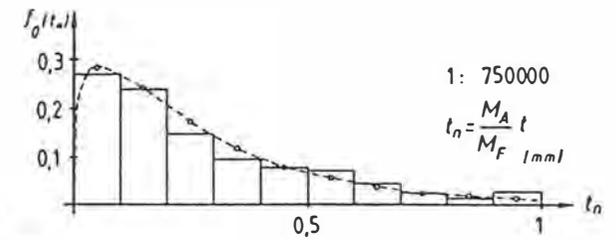
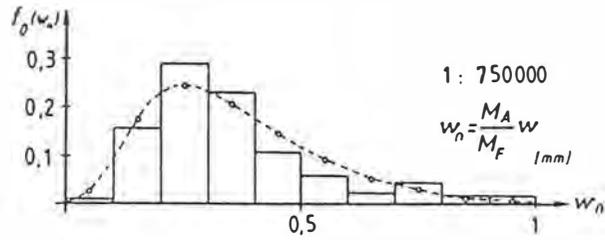
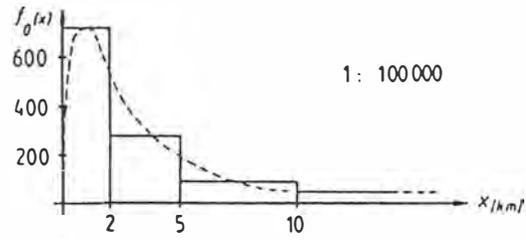


Bild 1: Einfluß der Generalisierungsmaßnahme "Auswahl" auf die Transformation der Verteilungsstrukturdichte (Anzahl und Länge) in Gewässernetzen (Quelle: PIRIEV, 1966)

Bild 2: Theoretischer und empirischer Einfluß der Generalisierungsmaßnahme "Verallgemeinerung" auf die Transformation der Verteilungsstrukturdichte (Abstandsmaß der Tangentenwendepunkte) elementarer Flußwindungen (Quelle: HOFFMANN, 1972)

Bild 3: Theoretischer und empirischer Einfluß der Generalisierungsmaßnahme "Verallgemeinerung" auf die Transformation der Verteilungsstrukturdichte (Abstandsmaß der Windungstiefe) elementarer Flußwindungen (Quelle: HOFFMANN, 1972)

großräumigen sowjetischen Landschaften nachweisbare Effekt der Strukturumformung zufolge Generalisierung (Bild 1) beispielsweise auch bei der experimentellen Analyse der Windungsstruktur mitteldeutscher Gewässernetze auftritt (Bild 2 und 3). Dies bekräftigt die These, daß das Modell zur rechnergestützten Simulation der gesteuerten und regulativen Generalisierung dem erkenntnistheoretisch geprägten Paradigma folgt, demzufolge Auswahl und Verallgemeinerung einen "Informationsgewinn" durch Ableitung neu zu strukturierender geographischer Erkenntnisse ergeben.

1) Wir verwenden den Begriff "kartographieren" im Unterschied zu "kartieren" zwecks Charakteristik der umfassenden Interpretation der Kartenherstellung nicht nur durch unmittelbare Geländeaufnahme, sondern durch allseitige Nutzung kartographischer Informationsquellen (Geländekartierung, Bildinterpolation, Kartenanalyse, Geostatistik, Raumdatenverarbeitung).

#### L i t e r a t u r :

- BOČAROV, M.K.; NIKOLAEV, S.A.: Matematicko-statističeskie metody v kartografii (Mathematisch-statistische Methoden in der Kartographie). Moskva: Geodezizdat 1957, 158 S.
- COOK, A.C. u.a.: A PROLOG Interface to a Cartographic Database for Name Placement (Eine PROLOG-Schnittstelle zu einer kartographischen Datenbasis für Kartennamen). In: Proceed. of the 4th ISSDH. Zürich: University 1990. S.701-710
- DOBESCH, H.; SULANKE, H.: Theoretische Grundlagen der technischen Kybernetik (Theorie und Anwendung von Zeitfunktionen). Berlin: Verlag Technik 1970, 227 S.
- HÁJEK, M.: Kartograficka generalizace (Kartographische Generalisierung). In: Kartografie, Praha: GPK 1987, Abschn. 6, S. 96-131
- HOFFMANN, F.: Issledovanija i razrabotka metodov analiza i generalizacii linij rek na kartach (Untersuchungen und Ausarbeitung von Methoden der Analyse und Generalisierung von Flüssen auf Karten). Dissertation, Moskva: MIIGAik 1972, 162 S. und Anlagenband.
- HOFFMANN, F.: Mathematical modelling as a basis of cartometrical analysis and automated generalization (Mathematische Modellierung als Grundlage der kartometrischen Analyse und automatisierten Generalisierung). In: Automation. The new trend in cartography. Budapest: ICA 1974, S. 53-60
- HOFFMANN, F.: Informatika-Geoinformatika-Kartomatika: Tendencii razvitija i opyt primenija gibkich avtomatizirovannyh kartografičeskich sistem (Informatik - Geoinformatik - Kartomatik: Entwicklungstendenzen und Anwendungserfahrungen flexibler AKS). In: 4. Meždunarodnoj seminar CAD/CAM. Dresden: TU 1985, S. 192-199
- HOFFMANN, F.; BOCHOW, A.: Untersuchung zur Anwendung 'Künstlicher Intelligenz' in der Kartographie. Forschungsstudie. Dresden: TU 1985
- IVACHNENKO, A.G.: Samoobučajuščiesja sistemy raspoznavanija i avtomatičeskogo upravlenija (Lernfähige Erkennungssysteme und automatische Steuerungssysteme). Kiev: Izdat. Technika 1969
- IVANOV, V.V.: O nekotorych vozmožnostjach avtomatizacii sostavlenija topografičeskich kart (Über einige Möglichkeiten der Automatisierung des Entwurfs topographischer Karten). In: Geodezija i kartografija. Moskva 10(1965)1, S. 62-73
- JÄGER, E.: Untersuchungen zur kartographischen Symbolisierung und Verdrängung im Rasterdatenformat. Dissertation, Hannover: IfK 1990

- KELLER, W.; MEIER, S.: Das Töpfer'sche Wurzelgesetz im Lichte der stochastischen Geometrie. In: Wiss. Zeitschr. d. TU Dresden (im Druck)
- KOMKOV, A.M. u.a.: Hidrografičeskaja set' i ee izobrazenie na topografičeskich kartach. (Das Gewässernetz und seine Abbildung auf topographischen Karten). Moskva: Izdat. VTU 1945, vyp. 2
- MARTINEK, M.: Die mathematische Statistik-Grundlage für die quantitative Erfassung thematischer Sachverhalte. In: Fachtagung Kartographie Dresden: KDT 1967. S. 111-142
- MEYER, U.: Generalisierung der Siedlungsdarstellung in digitalen Situationsmodellen. Dissertation, Hannover: IfK 1989
- MULLER, J.C.: Rule Based Generalization: Potentials and Inpediments (Regelbasierte Generalisierung: Möglichkeiten und Grenzen). In: Proceed. of the 4th ISSDH. Zürich: University 1990. S. 137-334
- PIRIEV, R.Ch.: O vlijanii masštaba kart na sostav i polnotu izobraženija rek (Über den Einfluß des Kartenmaßstabs auf den Bestand und die Vollständigkeit der Darstellung von Flüssen). In: Učenyje zapiski Az. GU, serija geolog-geogr. nauk, Baku 1967 vyp. 2, S. 66-71
- RAASCH, I.: Expertensysteme in der Kartographie: Ein vergleichender Überblick. In: Vermessungstechnik, Berlin 38(1990)4, S. 110-113
- SALIŠČEV, K.I.: Idei i teoretičeskie problemy v kartografii 80-ch godov. (Ideen und theoretische Probleme in der Kartographie der 80er Jahre). In: Itogi nauki i tehniki, Kartografija. Moskva: VINITI 1982
- SRNKA, E.: Matematicko-logické modely generalizace a jejich využití při automatizovaném vyhotovení map (Mathematisch-logische Modelle der Generalisierung und ihre Anwendung bei der automatisierten Kartenherstellung). In: Zborník z 3. Kartogr. Konferencie, Bratislava: ČSVTS 1972, S. 126-153
- SUCHOV, V.I.: Analitičeskij metod generalizacii (Eine analytische Methode der Generalisierung). In: Trudy MIIGAiK, Moskva: Geodezizdat 1950, vyp. 5, S. 3-14
- SUCHOV, V.I.: Osnovy generalizacii na topografičeskich kartach (Grundlagen der Generalisierung auf topographischen Karten). In: Sostavlenie i proektirovanie obščegeografičeskich kart. Moskva: Geodezizdat 1957, S. 28-124
- TÖPFER, F.: Kartographische Generalisierung. Gotha: Hermann Haack 1974, 336 S.
- WIENER, N.: Kybernetics or control and communication in the animal and the machine (Kybernetik oder Steuerung und Kommunikation im Menschen und in der Maschine) New York/London 1948
- ZNAMENŠČIKOV, G.I.: Issledovanie nekotorych voprosov kartometrii metodom modelirovanija (Untersuchung einiger Fragen der Kartometrie mittels der Modellierungsmethode). Dissertation, Moskva: MIIGAiK 1965

## Atlas Ost- und Südosteuropa (AOS) - photomechanische und digitale Kartenoriginalherstellung

---

Fritz Kelnhofer u. Johannes Kribbel

(mit 3 Farbbeilagen im Anhang)

### 1 Vorbemerkungen

Das Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik (IKR) der TU Wien stellt seit 1989 zusammen mit dem Österreichischen Ost- und Südosteuropa Institut (OSI) im Rahmen eines mehrjährigen wissenschaftlich-technischen Kooperationsvertrages den Atlas Ost- und Südosteuropa her.<sup>1</sup> In dieser Zusammenarbeit ist vorgesehen, daß seitens des OSI die Sachdatenerhebung bzw. -bearbeitung bis zu Entwurfsvorlagen durchgeführt wird, während dem IKR die kartographisch-methodische sowie technische Datenumsetzung zu Kartenoriginalen obliegt. Als eines der Ziele der Kooperation wurde auch festgelegt, daß für das gesamte Darstellungsgebiet, gegliedert in einzelne Maßstabsbereiche, schrittweise digitale geometrische Datenbasen aufzubauen sind, um aktuelle Daten in möglichst kurzer Zeit EDV-unterstützt als Kartenoriginalen erzeugen zu können. Bisher liegen acht Karten zu unterschiedlichen Themen in verschiedenen Maßstäben vor, weitere drei Karten befinden sich in der Phase der technischen Bearbeitung. Der EDV-Einsatz bei den vorliegenden Karten beschränkte sich auf die Berechnung und Zeichnung der Kartennetze, sowie der EDV-unterstützten Konstruktion von z. T. komplizierten Signaturen, was bereits eine entscheidende Arbeitserleichterung darstellte. Alle übrigen technischen Arbeitsschritte wurden unter massivem Einsatz photomechanischer Technologien ausgeführt, sodaß die hergestellten Karten in ihrem graphischen Duktus konventionellen kartographischen Erzeugnissen hoher Qualität entsprechen. Damit war die Zielvorgabe für den Einsatz digitaler Technologien eindeutig markiert, nämlich die EDV-unterstützte Kartenoriginalherstellung so auszulegen, daß sich diese Karten von den bisher erzeugten Karten in ihrer graphischen Aufmachung nicht unterscheiden. Denn für den Käufer der Karten ist die eingesetzte Technologie von höchst untergeordnetem Interesse, da für ihn aktuelle Sachverhalte in übersichtlich gestalteter Kartengraphik wesentlich höheren Stellenwert besitzen. Daraus resultiert, daß sich nicht die graphischen Gestaltungsmöglichkeiten an die verfügbaren EDV-Technologien am IKR anpassen können, sondern umgekehrt, diese Arbeitsverfahren so weiter zu entwickeln bzw. auszurichten sind, daß die erzielten graphischen Ausgaben von den bisher konventionell hergestellten Karten nach Möglichkeit nicht zu unterscheiden sind.

### 2 Gesamtanlage des "Atlas Ost- und Südosteuropa" (AOS)

Der Atlas Ost- und Südosteuropa umfaßt einen Darstellungsraum, welcher in der Nord-Süd-Erstreckung von der Ostsee bis zum Ägäischen Meer reicht und eine Ost-West-Ausdehnung von der West-Ukraine bis in den süddeutschen Raum aufweist. Die Gesamtanlage war ursprünglich so ausgerichtet worden, daß alle ehemals sozialistischen Länder zu Übersichtszielen auf einem Kartenblatt 1:3 Mio. abgebildet werden konnten. Bei der Konzeption des Gesamtkartenwerkes konnte allerdings niemand ahnen, daß genau zum richtigen Zeitpunkt ein in Zukunft politisch wie ökonomisch höchst interessanter Raum einer umfassenden kartographischen Bearbeitung zugeführt wurde (vgl. Abbildung 1). Da in einem Atlas üblicherweise die Kartenblätter eine einheitliche Gestaltung besitzen, hat man sich für eine einfache Leporellofaltung im A4-Format entschieden, sodaß jeweils Karte und der deutsch- bzw. englisch-sprachige Kommentar in einer gemeinsamen Klarsichthülle untergebracht werden können. Der Kartenkäufer kann sich somit seine

---

<sup>1</sup> Redaktionelle Gesamtleitung: Peter Jordan, Österreichisches Ost- und Südosteuropainstitut  
Technische Leitung: Fritz Kelnhofer, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, TU Wien



Abbildung 1: Gesamtdarstellungsraum und AOS-Maßstabskonzepte

Atlaskarten selbst nach Länder oder Sachthemen Gruppen mittels gleichbleibenden Leitfarben auf den Titelblättern ordnen, was bei Einzelblattlieferungen über einen längeren Zeitraum zweckmäßig erscheint.

Infolge dieses fix vorgegebenen Layouts ergeben sich naturgemäß für flächenmäßig unterschiedlich große Länder auch unterschiedlich große Maßstäbe, welche sich aber grob in drei Gruppen gliedern lassen.

- Der Gesamtdarstellungsraum wird als Übersichtskarte im Maßstab 1:3 Mio wiedergegeben. In diesem Maßstab sollen Themen präsentiert werden, welche für den Gesamttraum von der Datenlage her bearbeitet werden können und für eine i. a. synthetische Zusammenschau geeignet erscheinen.
- Als nächste Maßstabebene fungieren die einzelnen Länder in den Maßstäben zwischen 1:1 Mio bis 1:1.6 Mio, wobei in erster Linie statistische Angaben bezogen auf administrative Gebietseinheiten kartographisch umgesetzt werden.
- Die dritte Gruppe von Maßstäben ist vornehmlich regionalen Fragestellungen vorbehalten, wobei die Einzelmaßstäbe i. a. größer als 1:500.000 sein werden. Eine Flächendeckung für den Gesamtdarstellungsraum wird in dieser Maßstabebene nicht angestrebt.

Für das IKR folgt daraus, daß die digitalen Geometriebezugsbasen zunächst für 1:3 Mio und in der Folge für die Ländermaßstabebene anzulegen sind, da für diese Maßstabsgruppen - schon aufgrund der Daten der amtlichen Statistiken - mit den meisten kartographischen Umsetzungen zu rechnen ist. Dies ist auch der Arbeitsbereich, wo durch Mehrfachnutzung der Geometriedaten die Anlage eines solchen kartographischen Informationssystems ökonomisch vertretbar erscheint. Das IKR hat daher in Zukunft die Erfassung und Laufendhaltung der Kartengeometrien sicherzustellen, so daß bei Vorliegen neuer Sachdaten in möglichst kurzer Zeit ein neues Kartenthema inklusive der Kartenoriginale bearbeitet werden kann. Es könnte sich auch die Perspektive eröffnen, diese Daten für einen "elektronischen Atlas" aufzubereiten und damit neue Interessentengruppen zu erschließen.

### 3 Konventionelle Kartenoriginalherstellung des AOS-Atlases

Die für den Entwurf der topographischen Bezugsgrundlage der AOS-Karten verfügbaren Quellen sind sowohl im Hinblick auf Kartenmaßstäbe, aber auch hinsichtlich ihrer Verlässlichkeit oft sehr heterogen. Aus diesem Grund hat es sich als zweckmäßig erwiesen, zunächst Linearzüge verbunden mit einer für den Zielmaßstab angepaßten kartographischen Generalisierung auszuführen, und diese im Publikationsmaßstab in das Kartennetz durch Montage einzufügen. Für die Berechnung der Kartennetze (flächentreuer Kegelentwurf mit zwei längentreuen Parallelkreisen) steht das Programm GEONET des Instituts für Angewandte Geodäsie in Frankfurt am Main zur Verfügung. Die Kartennetze selbst werden auf einer Zeichenmaschine ausgraviert, wobei der Kartenrahmen auf konventionellem Wege hergestellt wurde, da die Präzision der Zeichenmaschine den graphischen Anforderungen in der Kartenoriginalherstellung nicht genügen konnte. Da die Netzentwürfe des Ausgangsmaterials vielfach nicht mit dem Netzentwurf des AOS korrespondierten, mußte durch penible Montage ein vertretbarer Ausgleich geschaffen werden. Der Vorteil dieser Vorgangsweise liegt in der kontrollierten Überwachung, welche Unzulänglichkeiten sofort erkennen läßt. Zieht man die geometrischen Unsicherheiten des Ausgangsmaterials sowie die Publikationsmaßstäbe der AOS-Karten in Betracht, so genügt diese einfache Methode des montagemäßigen Ausgleiches auch im Hinblick auf geometrische Anforderungen. Alle linearen Kartenelemente werden mittels Schichtgravur erzeugt, während für positionsbezogene Signaturen immer wieder - v. a. bei Diagrammfiguren in stufenlosen graphischen Signaturenmaßstäben - EDV-Unterstützung bei der graphischen Ausgabe der Signaturen eingesetzt wird, welche dann - wie die Kartenschrift auch - durch Montage in die übrigen Kartenelemente eingefügt werden.

Aufgrund der Linearauszüge der Kartenelemente kann als nächstes die photomechanische Stripmaskenherstellung vorgenommen werden, aus denen schließlich die Farbdecker hervorgehen. Naturgemäß werden für die Herstellung der Kartenoriginale noch Freistellmasken, Überstrahlungsmasken u. ä. benötigt, welche alle auf photomechanischem Wege geschaffen werden. Durch die Verwendung der kurzen Skala für die Flächenfarben ergeben sich zum Teil komplexe Kopierstrategien, die schließlich dann zu den farbgetrennten Kartenoriginalen führen (vgl. Abbildung 2).

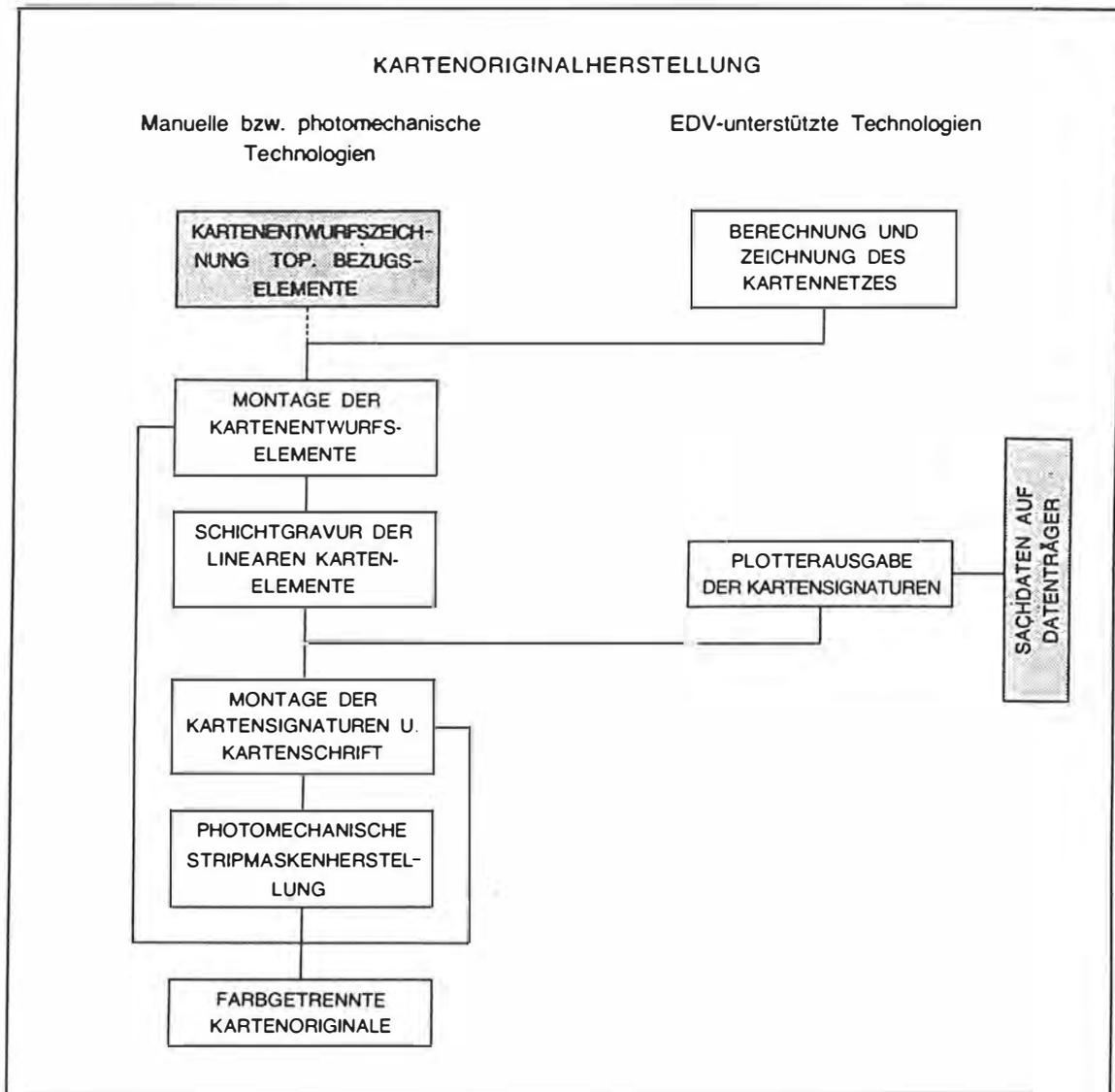


Abbildung 2: Konventionelle Kartenoriginalherstellung des AOS-Atlas

#### 4 DIGMAP - ein Werkzeug digitaler Technologie in der Kartographie

##### 4.1 Überblick über die Funktionsweise von DIGMAP

DIGMAP (Digital Map) ist eine Entwicklung des Instituts für Kartographie und Reproduktionstechnik, welche vordergründig auf den Aufbau eines themakartographischen Informationssystems (THEKIS) und zur Herstellung von Kartenoriginalen ausgerichtet ist. Diese Zielsetzung ergab sich unter anderem auch aus der wissenschaftlich-technischen Kooperation im Rahmen des AOS-Projektes, wengleich natürlich DIGMAP keineswegs auf diese Bedürfnisse allein zugeschnitten ist, sondern vorsugsweise themakartographische Problemstellungen unterstützt.

DIGMAP bietet zunächst die Möglichkeit, über einen interaktiven graphischen Arbeitsplatz (am IKR in Form eines großformatigen Aristo-Digitizers, Farbgraphikterminal und alphanumerisches Terminal ausgelegt) die Geometrieerfassung im Vektorformat durchzuführen, wobei Einzelpunkterfassung wie auch streaming-mode optional sind. Im Rahmen der Geometriedatenerfassung erfolgt auch die Objektattribuierung mittels eines Objektschlüsselkataloges (OSKA), der im Zuge der Kartenerstellung vom Benutzer

kreiert wird. Die so erzeugten attributierten Geometriedaten werden von der Datenbank (ORACLE) verwaltet und können über SQL selektiert und kombiniert werden. Die UNIRAS- Software hat innerhalb DIGMAP eine zweifache Funktion zu erfüllen. Einerseits wird sie zum Visualisieren im Rahmen der Digitalisierung eingesetzt, indem während des Digitalisierens unsignaturiert (d.h. in Skelettform) der Digitalisiervorgang mitverfolgt werden kann, bzw. digitalisierte Daten in einfacher, farblich unterstützter Linien- wie Flächengraphik, veranschaulicht werden können. Zum anderen hat UNIRAS die Aufgabe, die Vektorgeometrie in eine Rastergeometrie überzuführen und nach entsprechender Objektselektion aus der Vektordatenbank die signaturierten farbgetrennten Kartenoriginale in der UNIRAS-Datenbank digital vorzuhalten.

DIGMAP bietet die Möglichkeit im Bereich der Vektorgraphik alle notwendigen interaktiven Operationen wie z. B. Objektidentifikation, -deletion, -neueintragung, -umbenennung usw. durchzuführen. Dagegen sind ähnliche Operationen im Rastermodus nicht möglich, da die Rasterdaten in der UNIRAS-Rasterdatenbank derzeit nur passiv für Eintragungen angesprochen werden können. Insofern stellt DIGMAP ein teilhybrides System dar, bei welchem alle geometrischen Interaktionen im Vektorformat und lediglich die Herstellung des eigentlichen Kartenoriginals zur Ansteuerung eines Rasterplotters im Rasterformat erfolgt (vgl. Abbildung 3).

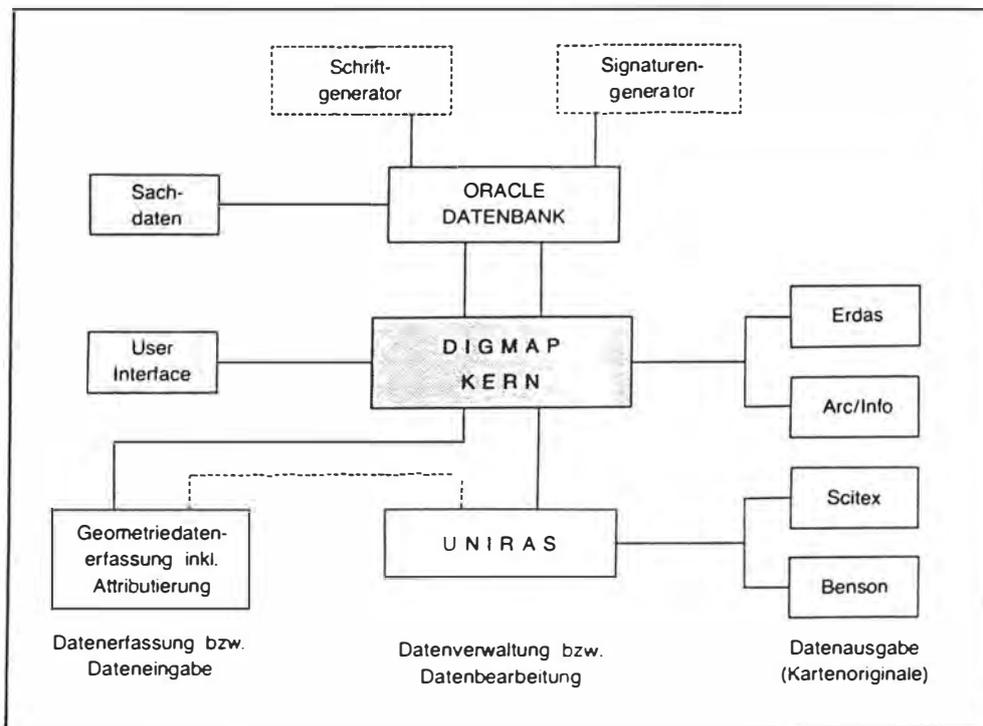


Abbildung 3: Softwarekomponenten und Datenfluß in DIGMAP

Die eigentliche graphische Gestaltung der Karte erfolgt in der UNIRAS- Rasterdatenbank (RDB), wobei Liniensignaturen ohne periodischer Musterwiederholung wie z. B. doppelinige Straßen, Autobahnen u. ä. durch mehrmaligen Eintrag in die RDB erzielt werden, wobei natürlich die Freistellung im Bereich einander kreuzender Doppellinien problemlos zu vollziehen ist. Für positionsbezogene Einzelsignaturen sowie für Liniensignaturen mit periodisch wiederholten Musterelementen stellt DIGMAP einen Signaturengenerator zur Verfügung, in welchem das "abzuwickelnde Muster" vektoriell definiert wird. Die eigentliche Signaturenerzeugung erfolgt zweckmäßigerweise erst in der RDB, wobei die vektoriell definierten Muster aufgerastert werden. Von der Kartengraphik aus gesehen, kann DIGMAP relativ flexibel vielen darstellerischen Bedingungen in der thematischen Kartographie gerecht werden, wobei auch Flächenmuster in einer die farbigen Grundstrukturen überlagernden Form möglich sind.

Für die Kartenbeschriftung können derzeit nur die von UNIRAS angebotenen Normfonts eingesetzt werden, welche gehobenen kartographischen Ansprüchen nicht gerecht werden. Aus diesem Grund wurde die Grundform eines Schriftgenerators entwickelt, welcher eine nach kartographischen Gesichtspunkten geeignete Fontdefinition ermöglichen soll. Auf diese Weise könnten dann die vertrauten und auch bewährten kartographischen Schriften nachgebildet werden, sodaß im Zuge eines interaktiven Schriftplatzierungsprogrammes auch diese kartographische Aufgabe einer EDV-Lösung zugeführt werden kann.

DIGMAP ist als Eigenentwicklung des Instituts für Kartographie und Reproduktionstechnik zunächst als Instrument zur Kartenoriginalherstellung am eigenen Institut ausgelegt worden, wobei - auch aus Zeitgründen - auf eine entsprechend ausgestattete Benutzeroberfläche verzichtet wurde.

Zum einen wird auch in Hinkunft an DIGMAP weiterentwickelt werden, zum anderen ist das Leitmotiv der "Institutsphilosophie", daß kartographische Aufgaben auch in Zukunft von speziell dafür ausgebildeten Fachleuten durchgeführt werden sollen, für die ein abgeschlossenes Produkt mit maugesteuerter Benutzeroberfläche vielfach Restriktionen nach sich ziehen würde. EDV-Werkzeuge in der Kartographie haben nicht die Aufgabe in Form eines Computerspieles eingesetzt zu werden, sondern haben den gleichen methodisch-technischen Paradigmen zu genügen, wie dies auch bei anderen in der Kartographie eingesetzten Technologien der Fall ist.

#### 4.2 Exemplarische Lösungen kartographischer Aufgaben in DIGMAP

Im folgenden sollen beispielhaft Problemstellungen, die sich bei der digitalen kartographischen Umsetzung ergeben, in ihrer Lösung in DIGMAP präsentiert werden.

Der graphische Duktus topographischer wie auch thematischer Karten geht in vielen Fällen auf den Kupferstich des vergangenen Jahrhunderts zurück, in dem man durch den Einfarbindruck zu variationsreicher Signaturoausbildung greifen mußte, welche bereits durch Schichtgravur wie auch photomechanische Ergänzungstechniken nur mit hohem Aufwand nachgestaltet werden kann und welche den Einsatz digitaler Arbeitsverfahren nicht unbedingt fördert. Die Farben besitzen in solchen komplexen graphischen Strukturen vielfach nur die Aufgabe der Flächenfüllung, da durch die Gestaltung der Flächenbegrenzungslinie die Fläche bereits attributiv belegt wird. Ein Beispiel dafür ist die Flächenfüllung in doppellinigen Straßensignaturen, die eine redundante Aussagefunktion besitzt.

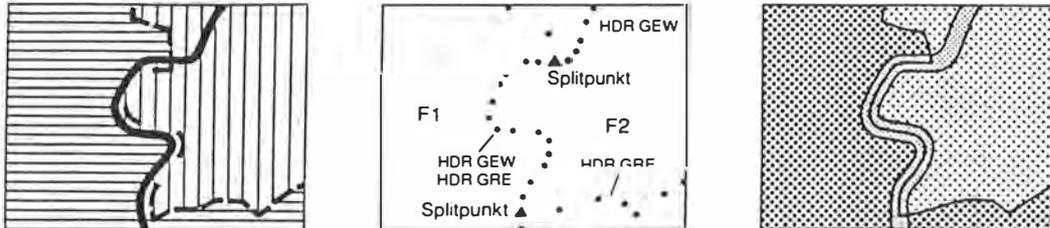
Die kartographische Farbgebung ist gleichsam in das Kartenlineament eingespannt, wobei lineare Kartenelemente vielfach die Funktion der Farbtrennung übernehmen, wenngleich die farbliche Differenzierung zweier Flächen eine "Trennlinie" in sachlicher Hinsicht bereits impliziert. Reprotechnisch haben diese - meist in Unbuntfarben ausgeführten Trennlinien - die Aufgabe, das Zusammenstoßen der einkopierten Raster nach der photomechanischen Deckerauflösung abzudecken.

Da in den Vektordaten Flächen nur durch die Umgrenzungslinien zu definieren sind, müssen bei komplexen graphischen Strukturen die topologischen Zusammenhänge entweder bei der Geometriedatenerfassung explizit berücksichtigt werden, oder durch Verschneidung verschiedener Layer und einem "geometriebereinenden" Ausgleichungs(Merge)-Prozeß erfaßt werden.

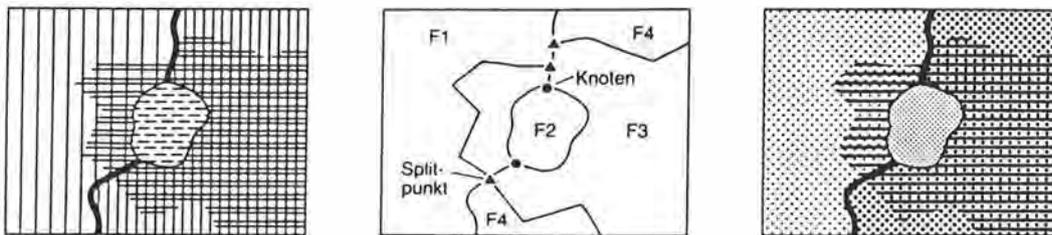
In DIGMAP wurde die Konzeption der expliziten Deklaration topologischer Zusammenhänge gewählt, da von einer rigorosen Geometrieerfassung ausgegangen wird, die durch Merge-Prozesse naturgemäß verwaschen werden müßte. Das heißt, eine bereits einmal erfaßte Geometrie wird - nicht zuletzt auch aus Gründen der Zeitersparnis - nicht nochmal digitalisiert, sondern punktident übernommen. Dies tritt - wie aus Abbildung 4 ersichtlich - stets an Grenzlinien zwischen Flächen (z.B. Administrativeinheiten) auf, wird aber dann besonders wichtig, wenn eine andere topologische Struktur partiell auch als Grenzlinie zwischen Flächen auftritt. Als Beispiel sind in diesem Zusammenhang Gewässerläufe zu nennen, die an bestimmten Stellen auch Administrativgrenzen darstellen. DIGMAP behandelt dieses Problem flächenorientiert, in dem im Zuge der Grenzlinienerfassung das bereits digitalisierte Gewässernetz über Splitpunkte aufgetrennt wird und als identes Segment in den Grenzlinienzug eingefügt wird. Die nachfolgende graphische Gestaltung von Linear- und Flächenelementen baut auf diesen Strukturen auf, da Flächen als geschlossene Polygone vorliegen müssen.

Derartige Geometrieüberlagerungen können bei mehreren graphischen Aussageschichten sehr bald zu komplexen Topologiebezügen führen, die beim Digitalisieren dann auch einige Mühe verursachen. Wie aus Abbildung 4 zu ersehen ist, bildet die Seekontur in der Bildmitte sowohl die Grenze zwischen zwei Bezugseinheiten F1 und F4, jedoch auch eine Enklave in der Fläche F3, schließlich auch noch die Seefläche F2 selbst.

Punktidentente Geometrien



Geometrieüberlagerungen bei mehreren graphischen Aussageschichten



Kartographisches Höhenmodell (KHM)

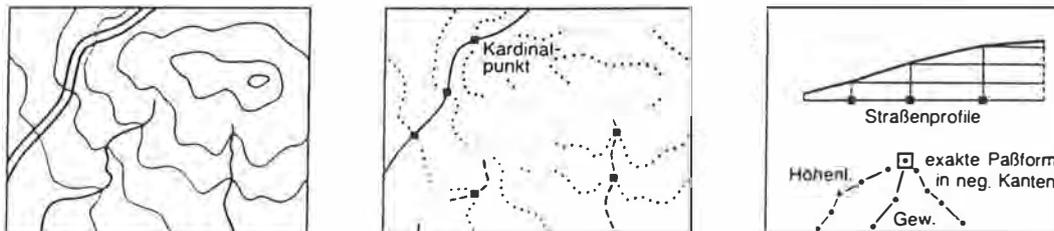


Abbildung 4: Datenerfassung in DIGMAP

Mit Hilfe von DIGMAP kann ein kartographisches Höhenmodell (KHM) angelegt werden, in dem alle Situationselemente (DSM) gegenüber einem zuvor digitalisierten Höhenlinienplan höhenmäßig festgelegt werden. Damit ist in der EDV-unterstützten Kartographie die gleiche Situation wie in der konventionellen Kartographie erreicht, wo der Höhenlinienplan implizit die Situationselemente höhenmäßig festlegt, nur daß im Falle des KHM alle Schnittpunkte Situation/ Höhenlinien explizit mit einer Höhenangabe versehen sind. Damit können - sofern der Maßstab dies zuläßt - die EDV-unterstützte Kartometrie bzw. erste Ansätze der Karteninterpretation in Angriff genommen werden. Die treibende Idee der Realisierung des KHM war nicht die EDV-Kartometrie, sondern ein weit weniger hochtrabendes Ziel, nämlich der Wunsch nach einem "exakten Passen" eines digitalisierten Gewässerlaufes in seinen Höhenlinien. Diese als "Kardinalpunkte" bezeichneten identen Punkte zwischen zwei Layern können auch bei kartographischen Generalisierungsaufgaben eine Rolle spielen.

In DIGMAP besteht in der derzeitigen Ausbaustufe kein Ansatz, kartographische Generalisierungsaufgaben auszuführen. Es kann davon ausgegangen werden, daß erfahrene Kartographen die Wahl der Stützpunkte so vornehmen werden, daß die zu erfassenden Objekte zweckmäßig repräsentiert werden. Dies gilt jedoch

unter der Bedingung, daß bei dichteren Lineament in der Signaturengestaltung zwischen Digitalisiervorlage und Rasterplot keine großen Dimensionsunterschiede zugelassen werden. Man sollte schließlich nicht vergessen, daß auch eine Änderung der Signaturendimensionen ohne maßstäbliche Veränderung bereits Generalisierungsmaßnahmen nach sich zieht. DIGMAP bietet in der derzeitigen Form keine Unterstützung, um z.B. Überlagerungen von Kartenelementen automatisch zu erkennen.

## 5 Digitale Kartenoriginalherstellung des AOS-Atlases

### 5.1 Kartengestaltung und Ausgabe der Kartenoriginale

Mit dem Einsatz von DIGMAP in Kartenoriginalherstellung für das AOS-Projekt ist die Idee verbunden, daß für alle statistischen Karten - sofern die Grenznetzwerke und übrigen Situationselemente digital vorliegen - dem Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik die Sachdaten auf Diskette übergeben werden, und dann in kurzer Zeit die Druckvorlagen erstellt werden können. Im allgemeinen schafft erst die mehrmalige Nutzung digitaler Geometrien einen positiven ökonomischen Effekt. Wie aus Abbildung 5 zu

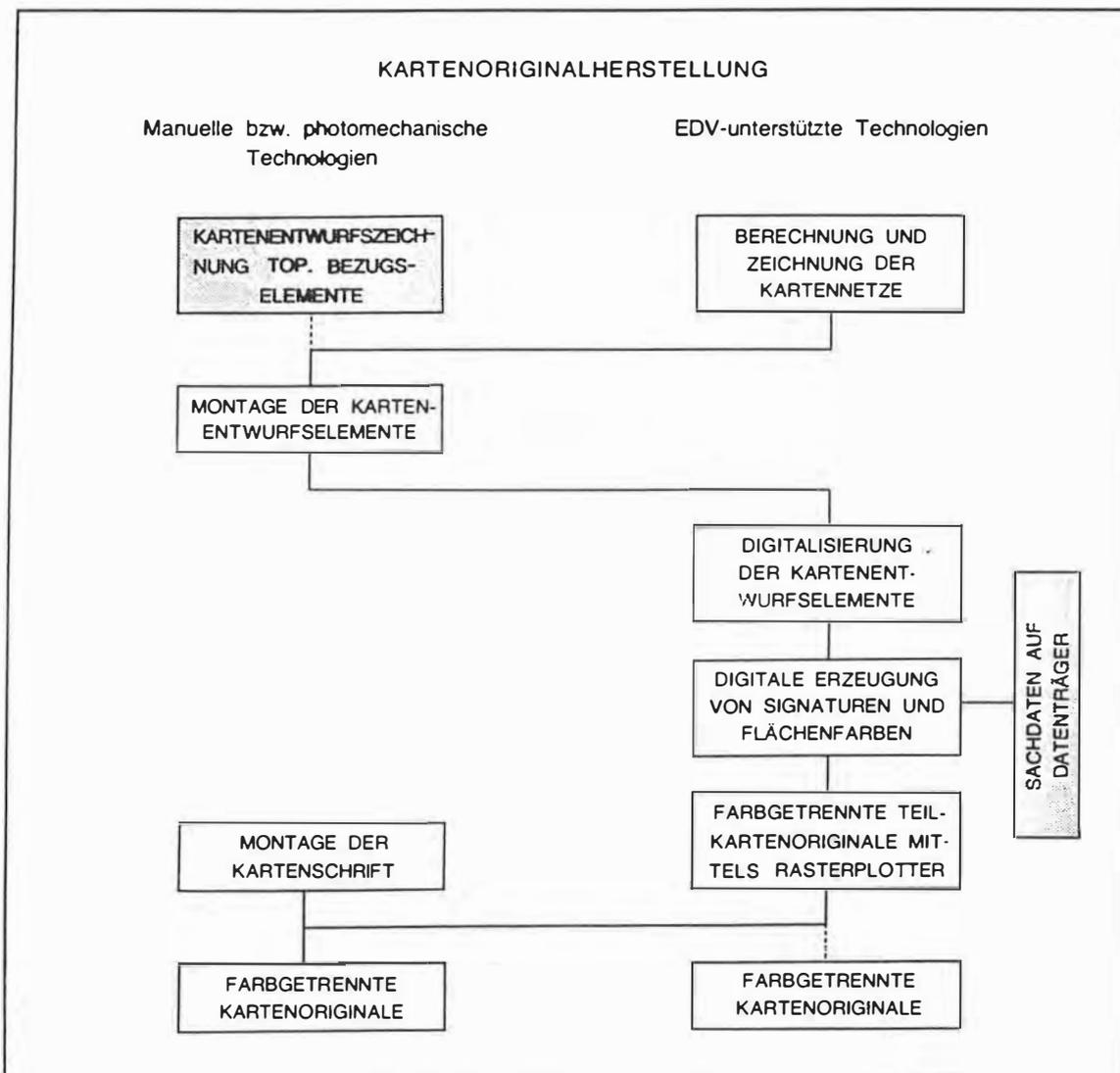


Abbildung 5: Digitale Kartenoriginalherstellung für AOS

erkennen ist, kann durch den Einsatz von DIGMAP eine entscheidende Umschichtung in den Herstellungsschritten zugunsten von EDV-Technologie erzielt werden. Der Kartenentwurf und damit die Entwicklung eines generalisierten Sujets wird von DIGMAP ebenso nicht berührt werden, wie die Montage der Kartentwurfselemente. Es ist aber geplant, Kartenentwürfe aus anderen Netzentwürfen in die Abbildung von AOS zu transformieren. Ebenso soll die Blattschnittfreiheit in einer bestimmten Maßstabsebene realisiert werden. Da an einem interaktiven Kartenbeschriftungssystem erst gearbeitet wird, muß die Kartenschrift, Legende usw. derzeit noch über Montage erzielt werden. Alle übrigen Arbeitsschritte kann DIGMAP bereits übernehmen. Die Flächenfüllung bei photomechanischen Stripmasken erfolgt entweder so, daß mit einem "großen open window" gearbeitet wird, wodurch zur eigentlichen Fläche noch die Kontur hinzutritt und deshalb Überlagerungen der Raster unter einer Kontur entstehen, welche durch das Überdrucken mit der Kontur beseitigt werden müssen. Das bedeutet, daß ein Druck nach Farbedckern mit "großen open windows" ohne Konturen nicht zweckmäßig ist. "Große open windows" geben zweifelsohne bessere Paßsicherheit im Druck, ziehen aber erhebliche Abdeckerarbeit außerhalb der Stripflächen nach sich. Bei sogenannten "kleinen open windows" bleiben die Konturen nach dem Strippen stehen, wodurch die gesamte Abdeckerarbeit eingespart wird. Allerdings neigt dieses Arbeitsverfahren im Druck zu "Blitzereffekten", welche den Gesamteindruck erheblich stören können. Als man die Decker noch manuell herstellte, wurde die Deckerkontur möglichst auf Mitte der Begrenzungslinie geführt, wodurch die bei den photomechanischen Verfahren genannten Effekte nicht auftreten können. Wird die Flächenfüllung digital durchgeführt, so stoßen alle Flächen an mathematisch definierten Linien zusammen, über denen auf Mitte wieder Konturen abgewickelt werden können. Die mit DIGMAP aufgerasterten Flächen zeichnen sich durch eine hohe Paßgenauigkeit aus (vgl. Abb. 6).

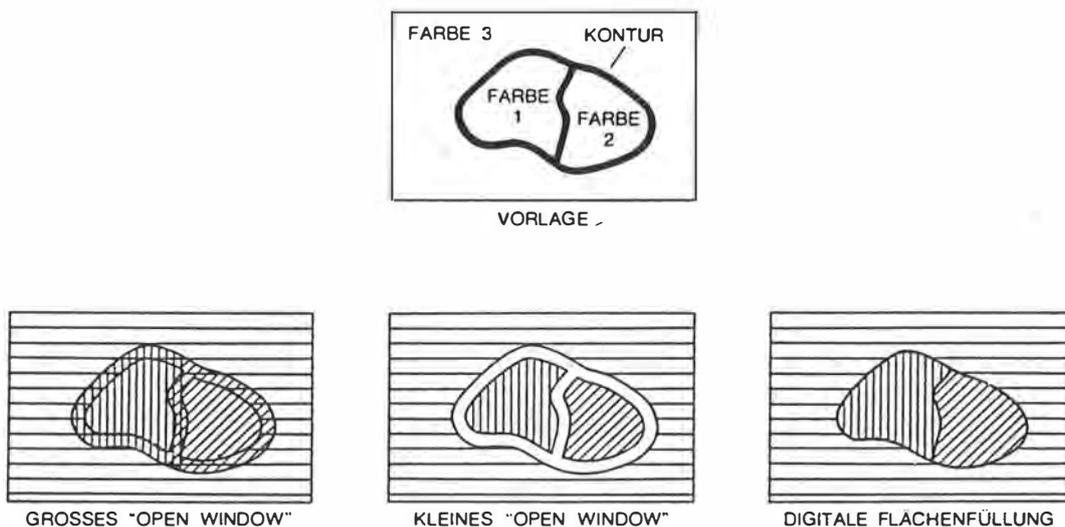
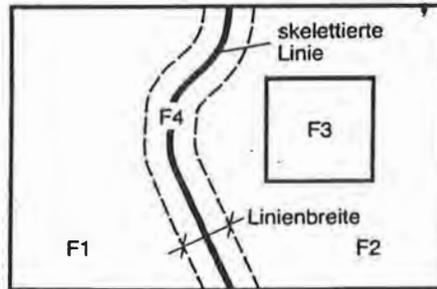


Abbildung 6: Photomechanische und digitale Flächenfüllung

Im folgenden soll noch der Herstellungsgang des Kartenoriginals in der UNIRAS-Rasterdatenbank kurz skizziert werden.

In Abbildung 7 ist die Vektor/Rasterkonvertierung von drei Flächen (F1, F2 und F3) sowie einer Linie (F4) - die in der graphischen Ausgabe naturgemäß eine Linienbreite aufweisen muß, was in der Rasterdatenverarbeitung der Umsetzung einer schmalen Fläche (F4) entspricht - dargestellt. Die Aufrasterung der Kartenelemente wird zunächst mit den Flächen beginnen, wobei Flächenfarben bzw. Tonwerte F1 und F2 sich bei Kartogrammen aus der Zuordnung der jeweiligen statistischen Einheit gemäß ihres Sachdatenwertes zu einer bestimmten Klasse ergeben. In den Rasterpixeln wird daher nur die Klasse als indizierte Variable festgehalten. Die Begrenzungslinie F4 überschreibt in Abhängigkeit ihrer Linienbreite die bereits eingetragenen Variablen in den Rasterpixeln mit jener für die Linie F4. In ähnlicher Form wird die kleinere Fläche F3 in F2 eingetragen. Über eine Look-up-Table können die entsprechenden Farbwerte der

kurzen Skala zu den Rasterpixeln zugeordnet werden, so daß für die Ausgabe am Rasterplotter schließlich Scanlines erzeugt werden können, welche die Informationen in den Farbanteilen für die Steuerung des Rasterrechners in der Ausgabe besitzen, mit denen schließlich farbetrennte Kartenoriginale ausgeplottet werden können.



VEKTORDATEN

1	1	1	1	1	1						
1	1	1	1	1	1						
1	1	1	1	1	1						
1	1	1	1	1	1						
1	1	1	1	1	1						
1	1	1	1	1	1						
1	1	1	1	1	1						
1	1	1	1	1	1						

1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2

1	1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2
1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2

1	1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2
1	1	1	1	4	4	2	2	3	3	3	2
1	1	1	1	4	4	2	2	3	3	3	2
1	1	1	1	4	4	2	2	3	3	3	2
1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2

	Y	M	C	S
1	40	20	0	0
2	0	80	40	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	100

Abbildung 7: Vektor - Raster Konvertierung

## 5.2 Kartenproben mit DIGMAP

In der Beilage 8 ist ein erster Versuch eines Kartodiagrammes über "Erwerbstätigkeit in Osttirol" wiedergegeben. Die auf der Kartenprobe enthaltenen Schriften wurden mit UNIRAS erzeugt und entsprechen nicht ganz kartographischen Vorstellungen. Davon abgesehen weist UNIRAS kein kartographischen Anforderungen genügendes interaktives Beschriftungssystem auf.

Auf diesem Versuch aufbauend entstand als nächster Schritt die digitale Nachbildung einer bereits vor zwei Jahren am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik in konventioneller Manier hergestellten Karte über die "Bevölkerungsverteilung in den ländlichen Gemeinden Rumäniens". Die Karte wurde in 6 Farben (Cyan, Yellow, Magenta, Dunkelblau, Grau und Schwarz) gedruckt und baut sich aus drei graphischen Aussageebenen (Flächenstufenfarben, Figurensignaturen und Flächenmuster) auf. Mit Hilfe von DIGMAP wurde das Gewässernetz, das Grenznetzwerk und die Bezugspunkte der Figurensignaturen digital erfaßt.

Aufgrund der Sachdaten für die administrativen Bezugseinheiten erfolgte - wie bereits dargelegt wurde - die Datengruppierung für die positionsbezogenen und flächenbezogenen Signaturen sowie die für die Kartenoriginalherstellung festgelegten Farbkombinationen in der kurzen Skala (vgl. Beilage 9 und 10). Da in kleineren Kartenmaßstäben positionsbezogene Signaturen üblicherweise breitenkreisparallel ausgerichtet werden, wurde dies für die digital erzeugte Karte mit Hilfe einer affinen Umbildung ebenfalls bewirkt.

Das Ziel der digital erstellten Karte war, diese möglichst exakt der konventionell erzeugten nachzugestalten, da sich solche Karten möglichst unauffällig in die Gesamtkartenserie einzufügen haben. Der hohe Grad an Farbtreue wurde dadurch erreicht, daß in den photomechanisch erzeugten Farbplatten die integralen Dichten ermittelt wurden und diese in der Look-up-Table für Plotterausgabe eingesetzt wurden. Damit kann auch der reprotchnisch erzeugte Farbatlas des IKR für die digitalen Karten eingesetzt werden.

Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Digitalisieraufwand der für die Datenerfassung des gesamten Kartenblattes notwendig war, wobei das Gewässernetz teilweise in Streaming-mode mit einem Punktabstand von 0.2 mm erfaßt wurde. Die Rasterdatenausgabe mit 30 µm ergab sich aus der Notwendigkeit, für lineare Kartenelemente eine relativ hohe Auflösung zu wählen, die allerdings auch für flächenhafte Kartenelemente in der RDB beibehalten werden muß, wengleich sie für die Erzeugung der Reprorasterpunkte durchaus gröber sein könnte.

VEKTORDATENERFASSUNG		
Gewässernetz	} 9629 Segmente	} 113 757 Punkte
2976 Gemeinden		
2957 positionsbezogene Signaturen		
RASTERDATENAUSGABE		
Kartenformat: 600 x 600 mm <sup>2</sup>		
Auflösung: 30 µm		
Zahl der Bildelemente: 400 000 000		

Tabelle 1: AOS Rumänien 1:1. 5 Mio  
Statistische Übersicht

## 6 Schlußbetrachtung

Die digitale Kartenoriginalherstellung in Verbindung mit einem kartographischen Informationssystem (KIS) eröffnet dem Atlas Ost- und Südosteuropa (AOS) neue Möglichkeiten in der Gestaltung und Realisierung der Kartenoriginale. Die über den Rasterplotter erzeugten Kartenoriginale sind in der Farbgestaltung

nicht mehr von den starren Flächendeckungsgraden (Prozentwerten) der Einkopierraster abhängig, da jeder beliebige Farbtonwert über die Look-up-Table gebildet werden kann. Die linearen Kartenelemente sind in ihren Linienbreiten nicht mehr an normierte Sticheldimensionen der manuellen bzw. maschinellen Schichtgravur gebunden, wodurch eine wesentlich freiere graphische Gestaltung möglich wird. Wenngleich die Rasterplots eine hohe Paßgenauigkeit besitzen, wird man bei geringen Linienbreiten dennoch keine Normfarbentrennung bei farbigen Linien anstreben können, da die Paßgenauigkeit im Druck im allgemeinen dafür nicht ausreichen wird. Durch das sequentielle Überzeichnen von Linien in der Rasterdatenbank können einander kreuzende Doppellinien freigestellt werden. Der in DIGMAP enthaltene Signaturengenerator bietet die Möglichkeit, auch komplizierte Positionssignaturen zu generieren, die auch - wie in mittleren und kleinen Kartenmaßstäben üblich - nach dem Gradnetz ausgerichtet werden können. Es lassen sich auch einfache Strukturraster erzeugen, sodaß mehrere graphische Aussageebenen kombiniert werden können. Sofern in DIGMAP die Abwicklung von Linienmustern und die interaktive Platzierung der Kartenschrift gelöst sind, wird eine praktisch lückenlose EDV-unterstützte Technologie für die Herstellung der Kartenoriginale zur Verfügung stehen.

DIGMAP besitzt derzeit keine Möglichkeiten graphische Überlagerungen von Signaturen in der RDB zu erkennen, bzw. diese im Sinne kartographischer Generalisierung zu manipulieren. Aus diesem Grund können Kartenoriginale zweckmäßigerweise auch nur im jeweiligen Datenerfassungsmaßstab ausgegeben werden.

Infolge der Größe des Druckformates von AOS (74 x 59 cm) wird eine AOS-Karte mit einer relativ schlechten Auflösung am Bildschirm wiedergegeben, sodaß eine Beurteilung der Kartengraphik nur mit großen Einschränkungen möglich ist. Es fällt weniger ins Gewicht, daß die additiven Bildschirmfarben nicht mit den Druckfarben korrespondieren, da man gewohnt ist, in der Kartographie Farben über Farbatlanten für den Druck aufzubauen. Wesentlich unangenehmer ist es, diffizile graphische Strukturen lediglich rudimentär erkennen zu können und erst nach dem Rasterplot das Zusammenspiel der graphischen Elemente in den tatsächlichen Dimensionen zu sehen.

DIGMAP wurde nicht als kommerzielles Softwarepaket konzipiert, da es notwendigerweise auf die am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik vorhandene Hard- bzw. lizenzierte Software aufsetzen mußte. Die Entwicklungsleitlinie war zunächst auf die Herstellung thematischer Karten bzw. von Kartogrammen ausgerichtet, wobei eine Weiterentwicklung für topographische Karten im Grundkonzept vorgesehen ist.

## Literatur

- [1] ARC/INFO, Geographic Information Software Descriptions ESRI Environmental Systems Research Institute, Redlands California
- [2] DIGMAP Computer Aided Cartography, User & Reference Manual, Version 1. 0 (for internal use only), Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, TU Wien, 1991
- [3] EGENHOFER, M. : Spatial Query Languages, PhDthesis, Orono, University of Maine, 1989
- [4] FINDEISEN, D. : Datenstruktur und Abfragesprachen für raumbezogene Informationen, Heft 19, Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie der Universität Bonn, 1989
- [5] HOFMAYER, A. : Der "Atlas Ost- und Südosteuropa" - eine neue Kategorie internationaler kartographischer Information? In: Österreichische Osthefte, 33 Jg. Wien 1991, Heft 1. S. 127-146.
- [6] JORDAN, P. : A Thematic Map Series on Eastern and Southeastern Europe as a New Type of Regional Atlases. In: Abstracts 14th World Conference-ICA, hg. v. Janos Lerner, Agnes Ajtay und Ferenc Csillag. Budapest 1989, S. 353-354.
- [7] JORDAN, P. : Eine Karte über den Boom des Westtourismus nach Ungarn am Beginn des neuen Atlas Ost- und Südosteuropa. In: GW-Unterricht Nr. 36, 1989, S. 17-19.

- [8] JORDAN, P. : Aktuelle Karten über den ländlichen Raum in Rumänien im neuen Atlas Ost- und Südosteuropa. In: Geographischer Jahresbericht aus Österreich, XL VII. Bd. (1988), Wien 1990, S. 7-41.
- [9] JORDAN, P. : Der neue Atlas Ost- und Südosteuropa. In Österreich in Geschichte und Literatur mit Geographie, 34. Jg. , 1990/1, S. 55-56.
- [10] JORDAN, P. : Der neue Atlas Ost- und Südosteuropa. In: Grundlagen der Weiterbildung - Zeitschrift, 1. Jg. , 1990/2, S. 104-105.
- [11] JORDAN, P. : The Changing Spatial Structures of Eastern and Southeastern Europe in the Mirror of a New Scientific Map Series. In: IV World Congress for Soviet and East European Studies Harrogate 21-26 July 1990, Abstracts, hg. v. R. HUTCHINGS, Croydon 1990 S. 64.
- [12] JORDAN, P. : A Series of Thematic Maps on Eastern and Southeastern Europe - A New Breed of Atlases of a Larger Geographic Region. In: Internationales Jahrbuch für Kartographie. Bd. 30, 1990. Im Druck.
- [13] KELNHOFER, F. : EDV-unterstützte Kartographie am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 1, 1987.
- [14] KELNHOFER, F. : Themakartographische Siganturengestaltung unter Berücksichtigung perzeptiver Parameter, Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 4, 1989.
- [15] KRIBBEL, J. : UNIRAS-SCITEX Driver Documentation, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, TU Wien, 1990.
- [16] KRIBBEL, J. - F. KELNHOFER: DIGMAP - a tool for making maps, Euro Carto IX, Proceedings S. 88 - 95, Warschau 1991.
- [17] KPS-Kartographisches Programm System - Dokumentation, Institut für Angewandte Geodäsie Frankfurt am Main, 1986.
- [18] MONMONIER, M. : Computer-Cartography - Principles and Prospects, London 1982.
- [19] SCHILCHER, M. : CAD (Computer Aided Design) - Kartographie: Anwendungen in der Praxis, Karlsruhe 1985.

## Der Kontrast im Bild thematischer Karten

---

Wolf Günther Koch

Ein halbes Jahrhundert kartographischer Entwicklung" hat der Jubilar in einem Vortrag 1985 betrachtet und mit einem optimistischen Ausblick auf eine "weitere gute Entwicklung der kartographischen Lehre und Forschung im Hochschulbereich" (PILLEWIZER, 1986) abgeschlossen. Die folgenden im Überlagerungsbereich von Kartographie und Wahrnehmungspsychologie angesiedelten Erörterungen sollen in diesem Sinne anknüpfen und einen Beitrag zur Erhöhung der Effizienz von Kartengestaltung und Kartennutzung - in ihrer Wechselwirkung - leisten.

### 1. Theoretische Grundlagen der Kontrasterscheinungen

#### 1.1. Begriffsdefinition und Wesen

Neben den bei der Figuralwahrnehmung auftretenden Täuschungserscheinungen, die sich (mit wenigen Ausnahmen) auf die *Abmessungen bzw. metrischen Verhältnisse* und weitere Komponenten der Formwahrnehmung beziehen, sind unter bestimmten Bedingungen bei der Betrachtung verschiedener anderer (gelegentlich auch gleicher) bunter und unbunter Objekte und Strukturen Wahrnehmungstäuschungen zu verzeichnen. Derartige Beeinträchtigungen der Wahrnehmung der objektiven Realität bezüglich ihres sich aus den Komponenten Helligkeit, Farbton und Sättigung zusammengesetzten *Farbwertes* lassen sich fast ausschließlich auf die Erscheinung des *Kontrastes* zurückführen.

In der Umgangssprache versteht man unter Kontrast im allgemeinen einen deutlich auffallenden *Unterschied*. Es ist durchaus üblich, den Begriff in diesem Sinne auch begrenzt in der Praxis anzuwenden, beispielsweise in der Malerei, der Photographie, aber auch in der Kartographie, worauf noch im einzelnen einzugehen sein wird. Mit Recht verweist aber SCHOBER (1964) darauf, daß diese Gleichsetzung mit dem Reizunterschied dem Wesen des Kontrastes bei weitem *nicht* gerecht wird. Der Kontrast stellt vielmehr "eine aktive physiologische und psychologische Funktion des Sehorgans dar, durch die in der Wahrnehmung die *Reizunterschiede stark verändert* werden können" (ebenda, S. 316). Er ist die Voraussetzung dafür, daß das optische Bild auf der Netzhaut des Auges zu einer scharfen Abbildung geformt wird. Der Kontrast bewirkt weiterhin, daß die vom Menschen empfundenen Helligkeits- und Leuchtdichteunterschiede auf annähernd allen Adaptionsebenen gleich bleiben. Täuschungserscheinungen durch Irradiation wirkt er entgegen. Durch den *Simultankontrast*, eine Kontrasterscheinung, der spezielle experimentelle Untersuchungen des Verfassers gewidmet waren, entstehen z. B. erst die für die Kartographie relativ wichtigen Farben Braun und Oliv im Vergleich zur andersfarbigen Umgebung. Der Kontrast kann somit als eine *physiologisch-psychologische Eigenschaft des Gesichtssinns* gekennzeichnet werden, die bei der visuellen Wahrnehmung eine außerordentliche Rolle spielt.

Der o.g. Charakterisierung des Kontrastes nach SCHOBER soll eine Definition aus psychologischer Sicht hinzugefügt werden, die allgemeine Gültigkeit beanspruchen kann und somit u. a. auch die Wahrnehmung geometrischer Figuren einbezieht. Danach ist Kontrast eine "Sammelbezeichnung für psychologische Phänomene, die eine Vergrößerung des Unterschiedes zwischen der subjektiven Ausprägung einer Größe und einem Bezugswert beinhalten und durch objektiv gegensätzliche Reize hervorgerufen werden" (CLAUSS u.a., 1978, S. 291). Als Kontraste bezeichnet man also die auslösenden Erscheinungen bzw. Prozesse, die eine Veränderung des subjektiven Farbeindrucks nach sich ziehen und nicht die Farbveränderung selbst, wie es z. B. GERICKE und SCHÖNE (1973, S. 116) tun.

#### 1.2. Klassifizierung

Die Vielfalt der Kontrasterscheinungen erfordert eine Klassifizierung. Zu unterscheiden ist primär zwischen dem (reinen) *Helligkeitskontrast*, der die Leuchtdichte-Unterschieds-

schwelen und die Sehschärfe beeinflusst (SCHOBER, 1964, S. 316) und dem *Farbkontrast*, der Helligkeit, Ton und Sättigung verändert. Weiterhin kann unterschieden werden zwischen dem an Stellen starker Änderung der Leuchtdichte auftretenden *Randkontrast* (Match-band-illusion; vgl. SÖLLNER, 1982) und dem *Flächenkontrast*. Beide sind sowohl bei unbunten als auch bei bunten Strukturen wirksam. Der Randkontrast äußert sich derart, daß beim Betrachten von Grenzabschnitten zwischen Flächen mit einem deutlichen Leuchtdichteunterschied, aber gleichmäßigem Reflexionsverhalten, eine Verstärkung des wahrgenommenen Helligkeitsunterschiedes auftritt. Bei starker Ausprägung sind bandartige Strukturen sichtbar (Kontraststreifen, match-bands, Machsche Bänder). Bild 1 zeigt schematisch den Verlauf der Leuchtdichteintensität beim Randkontrast.

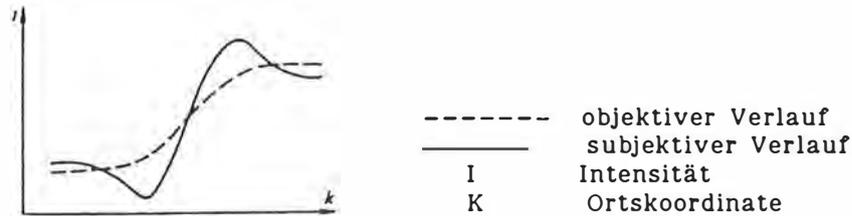


Bild 1: Schematische Darstellung des objektiven und des subjektiven Intensitätsverlaufs beim Randkontrast (nach CLAUSS u.a., 1978)

Beim Flächenkontrast erfolgt die Helligkeits- bzw. Farbveränderung durchweg flächenhaft. Auf dem Merkmal der zeitlichen Abfolge der die Netzhaut treffenden Lichtreize basiert die Einteilung in *Simultankontrast* (Nebenkcontrast) und *Sukzessivkontrast* (Nachkontrast), wobei nach SCHOBER (1964) letzterer ein Sonderfall der Nachbilder ist. Der größte Teil dieser Erscheinungen (ebenda, S. 332 ff.) ist für die Kartographie jedoch kaum von Belang. Den simultanen Helligkeitskontrast kann man als Spezialfall des simultanen Farbkontrastes auffassen (CLAUSS u. a., 1978).

Eine gewisse Sonderstellung nimmt das Hermannsche Kontrastgitter (Hermannsche Straßeneckentäuschung) ein. Diese Täuschung äußert sich darin, daß bei einem dunklen (positiven) Gitter die Kreuzungsstellen heller getönt wahrgenommen werden, bei einem hellen (negativen) Gitter hingegen grau getönt. In Bild 2 sind die Zusammenhänge zwischen den Kontrasterscheinungen modellhaft dargestellt.

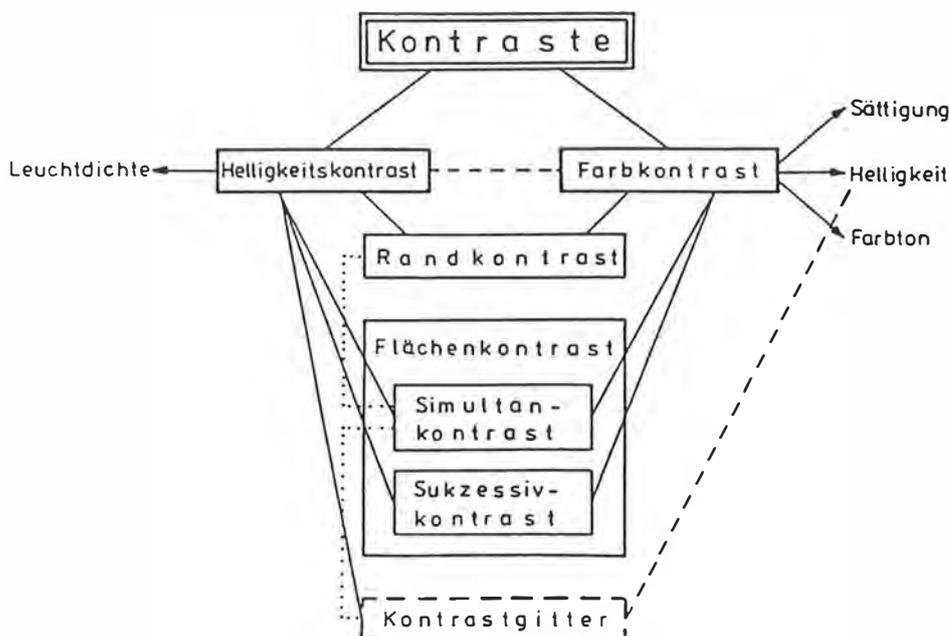


Bild 2: Gliederung der Kontraste und Zusammenhänge zwischen ihnen

Verschiedentlich werden noch andere Komposita in Verbindung mit dem Begriff Kontrast verwendet, teilweise nicht der oben gegebenen Definition folgend und teilweise an Aspekten orientiert, die mit keiner Farbveränderung in Verbindung stehen (GERICKE und SCHÖNE, 1973; MARX, 1973; ROJC, 1979).

### 1.3. Ursachen der Kontraste

Intensive Bemühungen um eine wissenschaftliche Klärung der Ursachen der Kontraste waren bereits im 19. Jahrhundert zu verzeichnen. Zur Erklärung der Erscheinung des Simultankontrastes wurden zu Beginn unseres Jahrhunderts von HELMHOLTZ (1911) und von HERING (1905) Theorien entwickelt, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Eine Wertung bringt u. a. RUBINSTEIN (1977). Entscheidende Fortschritte brachten neurophysiologische und psychologische Untersuchungen der letzten Jahrzehnte in Verbindung mit der Entwicklung der Informationstheorie (vgl. SCHÖBER, 1964; KLIX, 1979; RÖDIGER, 1982; SÖLLNER, 1982; u. a.).

Die Struktur der Netzhaut einschließlich der Art und Weise der Verkopplung der einzelnen Neuronen und Neuronenschichten, die eine *Inhibitionswirkung* zur Folge hat, wird heute als wesentlichste Ursache für die Kontrastentstehung angesehen. Auf diese Weise lassen sich zumindest Simultankontrast, Randkontrast und Hermannsches Kontrastgitter erklären (RÖDIGER, 1982; CLAUSS u.a., 1978; u.a.). Nach SÖLLNER (1982, S. 16) wirkt die neuronale Netzstruktur-Organisation "als Filter für die Ortsfrequenzen der auf dem Rezeptormosaik herrschenden örtlichen Helligkeitsverteilung, indem sie hohe Frequenzen verstärken und niedrige schwächen". Diese Vorgänge entsprechen informationstheoretisch einer Hochpaßfilterung (vgl. auch SCHMIDT-FALKENBERG, 1970).

Die endgültige Erforschung der genaueren Ursachen des Sukzessivkontrastes, wie überhaupt der Nachbilderscheinungen, steht noch aus. Man führt sie teils auf neuronale Vorgänge in der Netzhaut (positive Nachbilder), teils auf Lokaladaptions- und Ermüdungsvorgänge (negative Nachbilder/Sukzessivkontrast) bzw. periphere oder zentrale Adaptionsvorgänge (CLAUSS u.a., 1978, S. 360) zurück.

### 1.4. Kontraste als allgemeines Problem der Praxis

Die grundsätzliche Bedeutung der Kontraste für das Sehen wurde zu Beginn des Kapitels bereits erwähnt und soll hier nicht weiter verfolgt werden. Noch bevor die kartographische Relevanz der Kontraste, vor allem der von diesen ausgelösten Wahrnehmungstäuschungen erkannt, beschrieben und ersten Analysen unterzogen wurde, hat man sich mit ihnen in der Praxis von *Malerei, Graphik, Photographie, Drucktechnik* und anderen künstlerischen und technischen Disziplinen auseinandergesetzt. Bereits LEONARDO DA VINCI (1452-1519) hat Farbveränderungen durch den Simultankontrast beschrieben und berücksichtigt (ARTAMONOW, 1982). Heute müssen modernste technische Entwicklungen, so die Videotechnik und ihre verschiedenen Anwendungen, Fernerkundungstechnologien usw. die Kontrastproblematik berücksichtigen. Mit großer Deutlichkeit werden die Wirkungen der Kontraste in bezug auf die Malerei und Graphik u. a. von METZGER (1953), ARNHEIM (1965), GERICKE und SCHÖNE (1973) sowie WEBER (1984) dargelegt. Erwartungsgemäß stehen dabei andere Zielstellungen im Mittelpunkt des Interesses als bei der Auswertung von kartographischen Darstellungen oder Fernerkundungsaufzeichnungen. Zielfunktion ist hier die ästhetische Wirkung, die unter Nutzung der ganzen Vielfalt von Farbmöglichkeiten in ihrem Zusammenspiel, in ihrer Einwirkung aufeinander und in der Verbindung mit der figuralen Gestaltung beim Betrachter erzielt wird. Die gegenwärtigen und künftigen Anforderungen an Karten und deren Nutzung verlangen zwar auch ästhetisch wirkungsvolle Darstellungen, aber doch primär Erzeugnisse, die in qualitativer und quantitativer Hinsicht eine rasche und sichere Informationsentnahme ermöglichen.

### 1.5. Kontrasterscheinungen als spezielles kartographisches Problem

Wie bei der Betrachtung jeder ein- oder mehrfarbigen bildhaften Darstellung, so wird auch der Sehvorgang beim *Kartenlesen* bzw. bei der Kartennutzung mehr oder weniger stark von Kontrasterscheinungen beeinflusst. Natürlich wird sich der Benutzer einer Kar-

te dessen in der Regel nicht bewußt, es sei denn, er hat sich speziell mit dem Sachverhalt vertraut gemacht oder bemerkt ihn spontan bei extremen Fällen.

Zum einen wird die *Unterscheidbarkeit* der graphischen Elemente als eine Grundvoraussetzung für die Entnahme von Informationen aus der Karte überhaupt erst möglich. Bereits die einfachste Definition des Kontrastbegriffes (Reizunterschied bzw. deutlich auffallender Unterschied) läßt die Bedeutung für Kartengestaltung und Kartennutzung sichtbar werden. Signaturen, Beschriftungen, Linien und Flächen verschiedenster Art müssen gegenüber dem Untergrund (dem weißen bzw. getönten Papier oder einer anderen Darstellungsschicht) ausreichend kontrastieren, besonders hinsichtlich Helligkeit und Farbton, aber auch bezüglich der anderen graphischen Variablen. Zum anderen haben die Kontrasterscheinungen in Karten auch negative Auswirkungen. Je nach Aussehen des Kartenbildes und in Abhängigkeit von einer Reihe von Einflußfaktoren kann eine geringe oder stärkere Veränderung des subjektiven Empfindens von Helligkeit, Farbton und Sättigung der durch manuelle Verfahren, Druck oder farbphotographischen Prozeß aufgebrauchten oder erzeugten Farben hervorgerufen werden. Der gestaltende Kartograph kann die farblich-ästhetische Wirkung einer Karte erst dann vollgültig beurteilen, wenn diese komplett vorliegt, wenn die farbliche Mosaikstruktur vom Auge als Gesamtheit und im Detail wahrgenommen werden kann.

Die wissenschaftliche Kartographie hat diesen ganzen Problemkreis schon recht frühzeitig zur Kenntnis genommen, aber nur zaghaft versucht, Schlußfolgerungen für die Praxis der Kartengestaltung und Kartennutzung zu ziehen. So setzte sich bereits HERMANN HAACK mit der Farbinduktion und den Kontrasterscheinungen in Karten auseinander und betonte, "daß es durchaus nicht allein auf die zahlenmäßige objektive Festlegung der Farben ankommt, sondern ebenso sehr auf die psychische Wirkung, die sie auf den Beschauer ausüben, also nicht nur auf das, was die Farbe selbst wirklich ist, sondern auch darauf, wie sie dem normalen farbentüchtigen Auge erscheint" (HAACK, 1924, S. 217/218). Zu Beginn der 50er Jahre hat ROBINSON (1953) auf Kontrastwirkungen in Karten hingewiesen. Er erkannte zumindest das durch den simultanen Helligkeitskontrast hervorgerufene Problem einer sichtlichen Erschwernis der Zuordnung von Flächen mit unterschiedlichem Tonwert bei wechselnden Umgebungshelligkeiten in seiner Tragweite. Der Kartograph müsse, so betonte ROBINSON, mit diesem Phänomen unbedingt vertraut sein. In seiner grundsätzlichen Arbeit zu psychologischen Aspekten der Farbe in der Kartographie geht der gleiche Autor erneut auf den Simultankontrast ein. Dieser sei u.a. "bei gestuften Wertschichtenfärbungen geographischer Erscheinungen, z. B. der Temperatur ..., unverkennbar" (ROBINSON, 1967, S. 54). In seinem bemerkenswerten Aufsatz zu Fragen der Kartenwahrnehmung hat WOOD (1968, S. 56) das Auftreten des Simultankontrastes in kartographischen Darstellungen als Ursache für "bestimmte fehlerhafte Wahrnehmungen hinsichtlich Helligkeit, Sättigung und Farbton" charakterisiert.

In der Folgezeit wurden Fragen der Kontrastwirkung und der Täuschungerscheinungen durch Kontraste in größeren Monographien und Lehrbüchern zur Kartographie bzw. Kartengestaltung behandelt, wenn auch zumeist nur randlich. So verweist IMHOF (1965) auf "Kontrasteffekte" und nennt Beispiele für Farbwertverschiebungen. Von ihm wird auch der für die visuelle Kartennutzung problematische Umstand genannt, daß Legendenfelder zur Erklärung von Flächen- und Signaturfarben meist auf weißem Untergrund stehen, im Gegensatz zum Kartenbild, und somit Einflüssen des Simultankontrastes mehr oder weniger stark unterliegen (vgl. auch ROBINSON, 1967). SCHOPPMAYER (1978, S.38/39) demonstriert die Auswirkungen des flächenhaften Simultankontrastes in dessen unbunter Variante durch überzeugende Abbildungen.

Bereits 1975 machte ARNBERGER (1975) auf die Komponenten des farbigen Simultankontrastes bezüglich Helligkeit, Farbton und Sättigung, verbunden mit der Möglichkeit einer wesentlichen Täuschung der Nachbarfarben (besonders stark bei kleinen Farbflächen, farbigen Kleinsignaturen und Linien, die sich in großen satten Farbflächen befinden), aufmerksam. Auch die kartographische Relevanz der Veränderung des Farbtons grauer Strukturen auf farbigem Untergrund in Richtung der Komplementärfarbe (z.B. bei Linienscharen auf Farbflächen) wird herausgestellt. Gerade dieser nicht unwesentliche Aspekt der Tendenz grauer Strukturen zum Komplement der umgebenden Farbe ist auch von OGRISSEK (1983) unter Anführung einer Reihe prägnanter Beispiele in seiner kartographischen Bedeutung unterstrichen worden. Die Verstärkung der Gegensätze an den "Grenzstellen" durch das auf den Randkontrast zurückgehende Auftreten von "Grenzsäumen" und "Grenzwallbildung" bei Karten mit farbigem (buntem) Flächenmosaik wird von

ARNBERGER (1975, S. 231) ausdrücklich erwähnt (vgl. auch SCHOPPEMEYER, 1978) und als Abhilfe hierfür eine deutliche Konturierung empfohlen. Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß eine scharfe und betonte Grenzdarstellung bei verschiedenen in der Natur diskret-flächenhaft vorkommenden Darstellungsgegenständen (beisp. geologische Bildungen, Böden), deren Verteilungscharakter durch Übergangssäume und keinen abrupten Wechsel gekennzeichnet ist, nur bedingt vertretbar wäre.

An einem konkret nachgeprüften Beispiel des Schulatlas "Atlas der Erdkunde" für die Unterstufe hat BREETZ (1977) den Einfluß des flächenhaften Farbkontrastes beschrieben, wo die Helligkeitskomponente gelber Flächen in Abhängigkeit von der Umgebung Veränderungen unterliegt. Neuere, in der UdSSR erschienene Lehrbücher (WOSTOKOWA, 1985 und LOSSJAKOW, 1986) mit dem von KAMENEZKI verfaßten Teil "Kartengestaltung" behandeln die Kontrastproblematik ebenfalls relativ ausführlich. WOSTOKOWA (1985) gibt u.a. einen tabellarischen Überblick zur Änderung der Farben Rot, Gelb, Grün, Blau und Violett durch den Sukzessivkontrast. Analoge Übersichten zum farbigen Simultankontrast hätten die Ausführungen sicher in zweckmäßiger Weise ergänzt, zumal (nach Ansicht des Verfassers) die Bedeutung des Sukzessivkontrastes für die Kartographie vergleichsweise gering ist, sieht man davon ab, daß ggf. durch schnellen Blickwechsel Kartenbild - Legende unter bestimmten Umständen Nachbilder induziert werden könnten (SCHOPPEMEYER, 1978), was aber bisher nicht nachgewiesen wurde. Um so bemerkenswerter ist es, daß auch KAMENEZKI (1986, S. 168) störende Einflüsse des Sukzessivkontrastes auf die visuelle Kartennutzung nicht ausschließt. Dieser Kontrast könne unliebsam in Erscheinung treten "bei andauernder Betrachtung einer Karte oder beim Übergang einer bestimmten Beleuchtung des Sehfeldes zu einer anderen". Es ist zu hoffen, daß zu gegebener Zeit experimentelle Untersuchungen Aufschluß darüber geben, ob diese Hypothesen verifizierbar sind. Die vorstehenden Betrachtungen zeigen mit aller Deutlichkeit, daß allgemein kein Zweifel über die kartographische Relevanz der Kontraste besteht. Alle durch die *Literatur* vermittelten Informationen beruhen jedoch fast ausnahmslos auf subjektivem Erfahrungswissen der Autoren. *Untersuchungen auf experimenteller Grundlage* fehlen auch heute noch weitgehend, obwohl bereits zu Beginn der 70er Jahre diesbezüglich Forderungen erhoben wurden (WITT, 1970).

Die Frage, ob vielleicht kontrastbedingte Wahrnehmungstäuschungen gänzlich vernachlässigbar seien, dürfte heute nicht mehr zur Diskussion stehen. HAKE (1978) hat bei seinen Arbeiten bereits Versuche unternommen, durch eine spezielle Legendengestaltung den Einfluß des Simultankontrastes zu kompensieren und Vorschläge zu weiteren kompensierenden Maßnahmen auf dem Wege der Kartengestaltung gegeben. Abschließend sei hierzu vermerkt, daß auch die rein beschreibende Behandlung der Kontraste in der kartographischen Literatur noch nicht auf Vollständigkeit Anspruch erheben kann.

## 2. Experimentelle Untersuchungen zum Simultankontrast

### 2.1. Der Simultankontrast in Karten

Der Simultankontrast besitzt innerhalb der Kontrastercheinungen für Kartengestaltung und Kartennutzung die mit Abstand größte Bedeutung. Die durch ihn hervorgerufenen Veränderungen der Farbwahrnehmung sind teilweise erheblich, wie der Blick auf in dieser Hinsicht kritische Kartenausschnitte oft deutlich zeigt. Der farbige Simultankontrast kann als "aktive Wechselwirkung zwischen örtlich benachbarten Farbfeldern" (HEINRICH, 1967) charakterisiert werden. Er wird mitunter auch als Nebenkontrast (auch chromatische Induktion und laterale Inhibition) bezeichnet und tritt dann auf, wenn der die Netzhaut-Beleuchtungsstärken bestimmende Leuchtdichteunterschied im Gesichtsfeld *gleichzeitig* vorhanden ist (SCHOBER, 1964). In Abhängigkeit von der Farbe der Umgebung (Umfeld) wird ein Farbfeld (Infeld) anders beurteilt, als sein objektiv gemessener Wert ausweist.

Die Farben verändern sich entsprechend ihrer Umgebung immer "in Richtung des größten Gegensatzes" derselben (GERICKE und SCHÖNE 1973, S. 116, 117). Damit geht eine Steigerung der Wirkung der beeinflussten Farbe einher. Hinsichtlich des Farbtons neigt die Farbveränderung somit zur Komplementärfarbe der beeinflussenden Umgebung, ohne dieser gänzlich zu gleichen (SCHOBER, 1964; ARTAMONOW, 1982).

WITT formulierte 1970, daß sich durch Farbstimmung und Simultankontrast in mehrfarbigen Karten "alle gleichzeitig gesehenen Farben teilweise in sehr nachhaltiger Form ver-

ändern". Will man über die rein verbale und relativ allgemeine Charakterisierung von Art und Umfang diesbezüglicher Farbveränderungen hinauskommen, dann ist die Ermittlung konkreter, quantitativer Werte anhand realer Kartenausschnitte unumgänglich. Die experimentelle Untersuchung des Simultankontrastes in Karten, insbesondere in thematischen, stellt ein weites Feld dar, und nur durch systematische Untersuchungen wird man in qualitativer und quantitativer Hinsicht zu einem ausreichend differenzierten Gesamtbild kommen, das begründete Schlußfolgerungen für Kartengestaltung und Kartenutzung zuläßt.

Erste experimentell-kartographische Untersuchungen zum Einfluß des simultanen Helligkeitskontrastes bei der Nutzung von Flächenkartogrammen hat - wie bereits erwähnt - HAKE (1978) durchgeführt. Der damit verbundene Versuch, die Verhältnisse des Kartenbildes in der Legende zu simulieren und auf diese Weise den Einfluß des Simultankontrastes zu kompensieren, brachte nicht den gewünschten Erfolg. Obwohl gewisse Schlußfolgerungen gezogen wurden, liegen neuere diesbezügliche Forschungsergebnisse nicht vor.

Vom Verfasser wurde es für sinnvoll gehalten, nicht die Problematik des Helligkeitskontrastes in unbunten Darstellungen weiterzuverfolgen, sondern den *farbigen Simultankontrast* zum Gegenstand von Untersuchungen zu machen. In diesem Zusammenhang wurde die Untersuchung solcher Farbveränderungen als vordringlich und für die Gewinnung erster Erfahrungen für sinnvoll erachtet, die auf Grund bestimmter Infeld-Umfeld-Bedingungen bzw. Nachbarschaftsverhältnisse (Lage von Farbflächen und -streifen ineinander bzw. nebeneinander) bei flächenhaften Kartenelementen auftreten. Darüber hinaus gibt es in thematischen Karten oft Farbverschiebungen, die bei Linien und Kleinfiguren auf nicht erfolgte Freistellung gegenüber dem farbigen Hintergrund und in zweiter Linie erst auf den Simultankontrast zurückzuführen sind. Die Einbeziehung solcher Fälle in entsprechende experimentelle Untersuchungen lag also nahe.

Von Bedeutung bei diesbezüglichen Untersuchungen sind vorrangig die Differenzen zwischen der visuellen Farbwahrnehmung gleichbedeutsamer und aus diesem Grunde objektiv gleichaussehender bzw. gleichfarbig gestalteter Sachverhalte (Farbflächen) in der *Legende* (bei weißer bzw. hellgrau oder ähnlich getönter Umgebung) gegenüber der im Farbmosaik des Kartenbildes (vgl. HAKE, 1978), aber auch innerhalb des Kartenbildes des bei unterschiedlichen Umfeldfarben.

## 2.2. Kartenanalyse und deren Ergebnisse

Unter Leitung des Verfassers führte WEICHELDT (1984) Untersuchungen zum Auftreten und zur Größe des Simultankontrastes an kleinmaßstäbigen thematischen Karten in Schul-, Fach-, Regional- und Nationalatlanten durch. Vor Beginn der experimentellen Arbeiten sollte eine Kartenanalyse Aufschluß darüber geben, mit welcher Häufigkeit in thematischen Karten kleiner Maßstäbe Stellen auftreten, die zu einem solchen Kontrast neigen. Um bestimmte Einflußfaktoren der kartographischen Darstellung bzw. Zusammenhänge mit Faktoren der Kartengestaltung aufzudecken, wurden folgende *Merkmale* der Karte und des betreffenden Kartenausschnittes erfaßt: Kartentyp, Darstellungsmethode, Elemente der Grundlagenkarte und deren Farben, Farbe des Legendenumfeldes, Farben von Infeld und Umfeld der zum Kontrast neigenden Flächenstruktur, Vorliegen von Übereinanderdruck, Art der Flächenkonturierung. In die Analyse konnten 35 Atlanten einbezogen werden. Wesentliche Ergebnisse bestanden darin, daß kontrastanfällige Flächenstrukturen (das betrifft den farblosen und/oder den farbigen Simultankontrast) und Übereinanderdrucke in fast jeder der durchmusterten Karten auftraten. Insofern konnten die in der kartographischen Fachliteratur geäußerten Feststellungen prinzipiell bestätigt werden. In dieser Untersuchungsphase waren noch keine Aussagen über die Größe der vermuteten Simultankontraste möglich, zumal hier nur die subjektive Empfindung eines einzelnen zugrunde lag.

Die Kartenanalyse zeigte u. a. auch, daß bei etwa 70 % der untersuchten Karten mit kontrastanfälligen Flächenstrukturen sich die Legendenfelder auf weißem Untergrund befinden. Nur in etwa 30 % der Fälle wurde ein graues oder hellfarbig getöntes Umfeld vorgefunden. Bestätigung durch die Kartenanalyse erfuhren auch die bereits bei SCHIEDE (1962) erwähnten zwei Hauptrichtungen der Farbflächengestaltung in thematischen Karten, einmal mittels hell-pastellartiger und zum anderen mittels kräftiger und weit-

gehend gesättigter Farben. Mehr als die Hälfte der analysierten Karten waren mit kräftigen Farben gedruckt worden. So war also in diesen zahlreichen Fällen eine besondere Anfälligkeit gegenüber dem Simultankontrast zu erwarten, was in Einzelfällen auch spontan ins Auge fiel (z.B. Helligkeits- und Farbtönverschiebung der Ringsignatur auf S. 108/109 des Nationalatlas von Kuba). Kontinuierlich gestufte Wertereihen im Sinne von Isolinendarstellungen mit Schichtenfärbung vermittelten den Eindruck, daß zwar

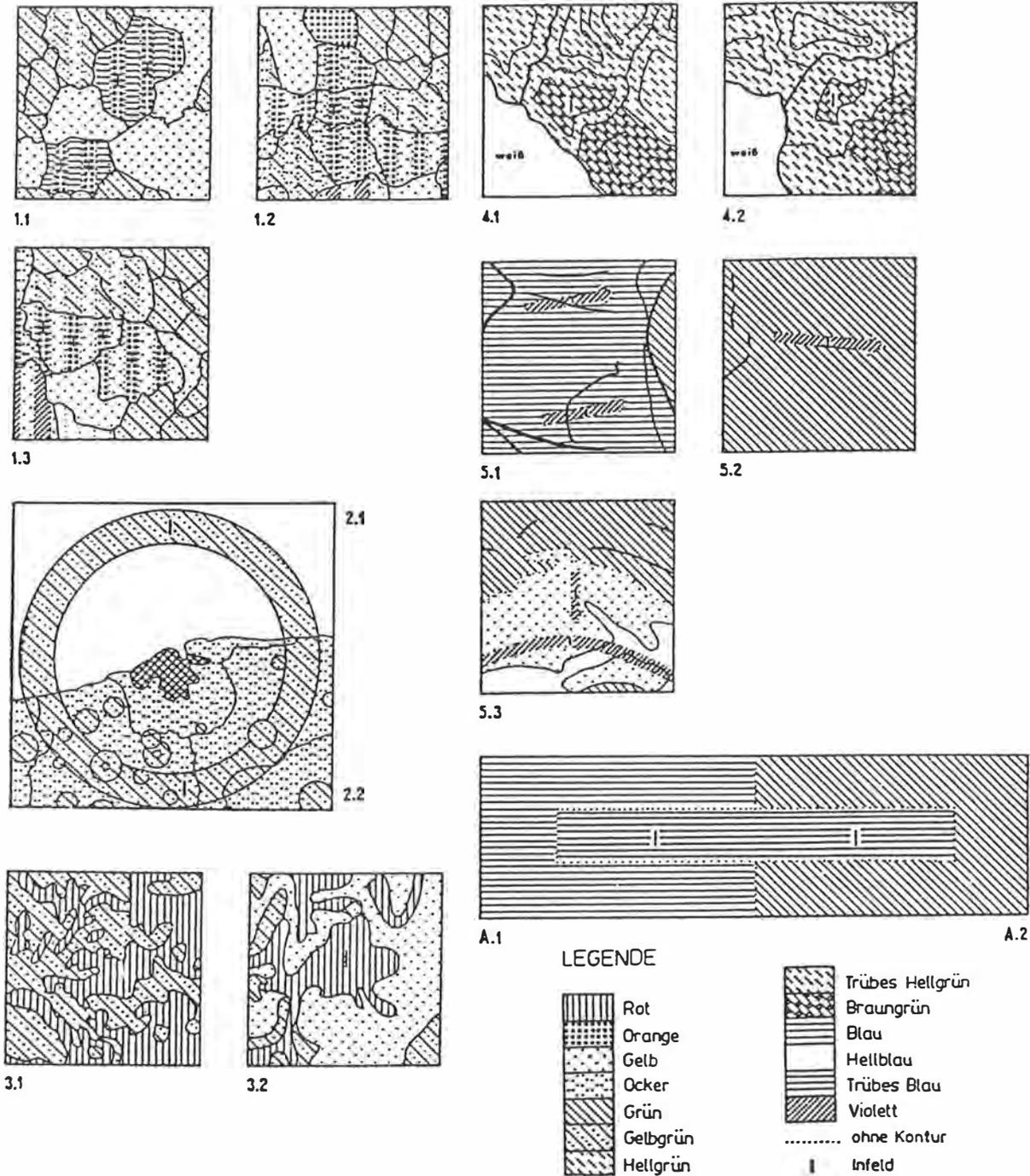


Bild 3: Testbeispiele (Umzeichnung der im Original mehrfarbigen Kartenausschnitte, gering vereinfacht, verkleinert auf 67 % der Originalgröße).

Quellen: "Atlas CSSR" 1966 (4.11, 4.2), "Atlas zur Raumentwicklung", Bd. 2 1982 (3.1, 3.2), "Nationalny Atlas Kuby" 1970 (1.1...1.3, 2.1, 2.2), "The Atlas of Britain and Northern Ireland" 1963 (5.1...5.3), KÖPPERS, 1977 (A.1, A.2)

kein Simultankontrast wirksam ist, jedoch mitunter eine Neigung zum Randkontrast vorliegt. Dies ist offenbar auf die stufenweisen Übergänge von hellen über mittlere zu dunkleren Flächentönen zurückzuführen. Auch zeigte es sich, daß unter bestimmten In-feld-Umfeld-Bedingungen flächenmäßig ausgeprägte Positionssignaturen nicht unbedeutend dem Simultankontrast unterliegen. Eine oft recht deutliche und sofort erkennbare Farbverschiebung zufolge Obereinanderdruck und wahrscheinlich zusätzlich wirkendem Simultankontrast wurde in ähnlicher Weise bei Linearsignaturen und Vektoren (Pfeilen) festgestellt. Hier ist im allgemeinen auf Grund der geringen Breite der Kartenzeichen der Einfluß des großflächigen Umfeldes - ähnlich wie bei Positionssignaturen - besonders intensiv. Hinsichtlich der Flächenkonturierung ergab sich erwartungsgemäß der Eindruck, daß der Grad der gegenseitigen Beeinflussung von Farbflächen mit abnehmender Strichbreite zunimmt.

Nach diesen Voruntersuchungen wurden letztlich 5 mehrfarbige thematische Karten für das Experiment zur Größenbestimmung des Simultankontrastes ausgewählt. Zusätzlich wurde ein nichtkartographisches Beispiel mit einbezogen (Testbild A, aus KÖPPERS, 1977), um eine Vergleichsmöglichkeit zwischen dem Simultankontrast im Netzgefüge kartographischer Darstellungen und lehrbuchmäßigen Demonstrationsbeispielen zu haben. In Bild 3 sind - entsprechend den Wiedergabemöglichkeiten im einfarbigen Druck - die Testausschnitte abgebildet, um eine gewisse Vorstellung von ihrem Aussehen zu vermitteln. Bei der Begrenzung der Testbeispiele auf die genannte Anzahl wurde u. a. davon ausgegangen, daß die Dauer des Experimentes etwa 45 Minuten nicht überschreiten sollte, um die Konzentrationsfähigkeit der Versuchspersonen nicht über Gebühr zu beanspruchen.

### 2.3. Zielstellung und Ergebnis eines Experimentes

Ausgangspunkt war die grundsätzliche Fragestellung, ob und in welchem Umfang die Dekodierungssicherheit (eindeutige Erkennbarkeit) quantitativer und qualitativer Merk-

Test- beisp.	Umfeld			Infeld								
	Cyan	Mag.	Gelb	Cyan			Magenta			Gelb		
				$\bar{x}$	$s$	$y$	$\bar{x}$	$s$	$y$	$\bar{x}$	$s$	$y$
1.0	30	20	30	0,2 ± 0,2	1,5		56,5 ± 1,1	7,2		70,9 ± 1,0	6,5	
1.1	80	30	20	0,0 ± 0,0	0,0	-0,2 ± 0,2	57,0 ± 0,9	6,0	0,5 ± 1,4	72,6 ± 1,6	10,3	1,6 ± 1,9
1.2	0	0	60	1,4 ± 0,5	3,5	1,2 ± 0,6	55,6 ± 1,2	8,0	-0,9 ± 1,6	74,4 ± 1,6	10,3	3,5 ± 1,9
1.3	0	20	60	1,4 ± 0,5	3,5	1,1 ± 0,6	55,1 ± 1,3	8,3	-1,4 ± 1,7	74,0 ± 1,5	9,8	3,0 ± 1,8
2.0	30	20	30	38,8 ± 0,8	5,0		0,0 ± 0,0	0,0		60,0 ± 0,3	2,2	
2.1	20	0	10	40,5 ± 1,0	6,3	1,6 ± 1,2	0,5 ± 0,5	3,1	0,5 ± 0,5	66,5 ± 2,2	14,5	6,5 ± 2,3
2.2	0	20	60	39,4 ± 0,8	4,9	0,6 ± 1,1	0,2 ± 0,2	1,5	0,2 ± 0,2	60,7 ± 0,7	4,6	0,7 ± 0,8
3.0	30	20	30	2,8 ± 0,7	4,5		95,7 ± 0,7	4,8		80,7 ± 1,2	8,0	
3.1	40	0	70	4,9 ± 1,0	6,3	2,1 ± 1,2	95,1 ± 0,8	5,1	-0,6 ± 1,1	78,8 ± 1,1	7,3	-1,9 ± 1,7
3.2	0	0	50	17,2 ± 0,8	5,0	14,4 ± 1,0	98,6 ± 0,5	3,5	2,9 ± 0,9	86,5 ± 1,5	10,0	5,8 ± 2,0
4.0	30	20	30	38,5 ± 0,5	3,5		8,8 ± 0,5	3,2		59,0 ± 0,9	5,7	
4.1	20	0	30	34,9 ± 0,8	5,0	-3,6 ± 0,9	10,8 ± 0,4	2,7	2,0 ± 0,6	48,4 ± 1,6	10,7	-10,6 ± 1,9
4.2	30	10	60	31,9 ± 0,6	4,0	-6,6 ± 0,8	10,0 ± 0,0	0,0	1,2 ± 0,5	44,5 ± 1,1	7,1	-14,4 ± 1,4
5.0	0	0	0	12,8 ± 1,0	6,7		65,1 ± 1,4	9,4		7,2 ± 2,1	14,0	
5.1	50	0	10	30,6 ± 1,4	9,0	17,8 ± 1,7	70,0 ± 1,1	7,2	4,9 ± 1,8	2,8 ± 1,4	8,8	-4,4 ± 2,5
5.2	50	10	60	29,1 ± 0,9	5,7	16,3 ± 1,3	68,7 ± 1,2	7,6	3,6 ± 1,9	37,4 ± 2,7	17,8	30,2 ± 3,5
5.3	0	10	70	17,2 ± 2,0	13,2	4,4 ± 2,3	64,4 ± 1,9	12,7	-0,7 ± 2,4	42,3 ± 1,9	12,7	35,1 ± 2,9
A.0	30	20	30	86,5 ± 1,3	8,4		25,8 ± 0,9	5,9		47,4 ± 0,7	4,4	
A.1	100	40	10	79,1 ± 1,6	10,2	-7,4 ± 2,0	20,5 ± 1,4	9,3	-5,4 ± 1,7	49,1 ± 0,7	4,8	1,6 ± 1,0
A.2	60	0	80	74,2 ± 0,9	5,9	-12,3 ± 1,6	23,3 ± 1,1	7,5	-2,6 ± 1,5	45,8 ± 0,8	5,0	1,6 ± 1,0

Tab.1: Zusammenstellung der quantitativen Ergebnisse des Experimentes (entnommen aus WEICHEL 1984, ergänzt vom Verfasser; alle Angaben in % Rasterwert)

male auf Grund von Farbveränderungen, die durch den Simultankontrast hervorgerufen werden, beeinträchtigt wird.

Das gilt für

- Infelder repräsentierende Farbflächen in der Legende und im Kartenbild,
- Flächen mit objektiv gleicher Farbe an verschiedenen Stellen des Kartenbildes,
- das Ausmaß von Farbverschiebungen durch Übereinanderdruck und Kontrastwirkung.

Schließlich sollte versucht werden, Abhängigkeiten von Größe und Konturierung des In- bzw. Umfeldes und von der Art der Grundlagenkarte zu erfassen. Als Farbmeßverfahren wurde das *Gleichheitsverfahren* eingesetzt. Bei diesem Verfahren, das ausführlich u.a. bei HÄUSER (1982) beschrieben wird, vergleicht der Beobachter visuell die zu messende Farbe mit einer farbmetrisch bekannten Farbe. Da an der TU Dresden zum Zeitpunkt der Untersuchung kein nach dem Gleichheitsverfahren arbeitendes Farbmeßgerät vorhanden war, das annähernd die aus kartographischer Sicht zu stellenden Anforderungen erfüllt hätte, wurde vom Verfasser ein Farbmeßverfahren vorgeschlagen und von WEICHEL (1984) erprobt, das als Vergleichselemente die für die redaktionelle und technische Vorbereitung des mehrfarbigen Kartendrucks verwendeten Farbwertskalen (Europaskala) nutzt. Mit 43 Versuchspersonen - durchweg Angehörige der ehemaligen Sektion Geodäsie und Kartographie der TU Dresden - ermittelte WEICHEL insgesamt 860 Schätzwerte. Auf nähere Einzelheiten wird bei KOCH (1989) eingegangen.

#### 2.4. Interpretation der ermittelten Farbveränderungen; Schlußfolgerungen

Aus Tabelle 1 ist zu ersehen, daß die Farbwahrnehmung bei Infeldern in kontrasterzeugenden bunten Umfeldern zu einem großen Teil nur *unwesentlich* von der im neutralen unbunten Umfeld abweicht ( $y$ -Werte). Trotzdem treten Maximalbeträge um 15 % des Rastertonwertes einer Druckfarbe auf. Die über 30 % liegenden, ausgesprochen hohen Werte der Ausschnitte 5.2 und 5.3 (Bild 3) sind nicht primär auf den Simultankontrast zurückzuführen. Sie zeigen, in welcher Dimension Farbveränderungen bei Übereinanderdruck und unterlassener Freistellung liegen können. Der Anteil des Simultankontrastes dürfte bei diesen Beispielen, ähnlich wie bei vielen der übrigen Fälle, um 5 % oder etwas darunter liegen.

Ganz allgemein ist die umfassende Interpretation der Farbveränderungen teilweise deshalb recht schwierig, weil der auf Farbton, Helligkeit und Sättigung wirkende Simultankontrast über die Rasterton-Prozentwerte nur indirekt zum Ausdruck kommt. Obwohl der Hersteller der beim Experiment verwendeten Vergleichsplättchen angibt, daß diese höchsten Ansprüchen des Farbdruckes genügen - TGL 28 009 - (und davon wurde im vorliegenden Fall ausgegangen), liegen die mittleren Fehler der Tonwertverschiebungen u. U. noch um 3 bis 4 % höher und würden dann z. T. den  $y$ -Betrag übersteigen.

Die in der Literatur angegebenen Tendenzen des Simultankontrastes bei mehrfarbigen bildhaften Darstellungen und speziell in Karten spiegeln sich weitgehend auch in den Versuchsergebnissen wider. Das betrifft vor allem die Verschiebung der Infeldfarbe in Richtung der Komplementärfarbe des Umfeldes. Der Einfluß der Konturenbreite auf den Simultankontrast konnte nicht zahlenmäßig nachgewiesen werden. Die Beispiele mit deutlich (2, 4), sehr fein (3) und nicht konturierten Flächen (1, 5, A) zeigen keine dahingehenden Abweichungen. Es muß allerdings bedacht werden, daß die Determinanten des Simultankontrastes stets einen komplexen Einfluß auf dessen Größe haben, so daß die isolierte Untersuchung einzelner Determinanten gerade bei realen Kartenausschnitten nur bedingt möglich ist.

Einige *ausgewählte Beispiele* der Untersuchung sollen noch kurz analysiert werden. Bei 2.1 in Bild 3 schien die Flächenfarbe der Ringsignatur (Gelbgrün) eine Verschiebung nach Gelb zu besitzen. Diese den theoretischen Erwartungen entsprechende Tendenz (blaues Umfeld) wurde durch das Experiment bestätigt. Als ein typisches Beispiel für den Simultankontrast kann wohl 3.2 bezeichnet werden. Ein gesättigtes Rot ist von einem hellen Gelb umschlossen. Erwartungsgemäß tritt eine Verschiebung nach Blau hin auf. Die auffallend hohen Beträge bei 5.1 und 5.3 wurden oben bereits interpretiert. Sie

sind gleichzeitig Beispiele für ein gegenüber dem Infeld großflächiges Umfeld. Die nicht-kartographische Figur aus KÖPPERS (1977) (A.1, A.2) zeigt, daß derartige Fälle gegenüber mehrfarbigen Kartenausschnitten und umgekehrt weder von der Tendenz der Farbveränderung (die erwartungsgemäß ermittelt werden konnte) noch von der Größenordnung des Änderungsbetrages auffallende Unterschiede zeigen.

Trotz einiger bereits genannter Einschränkungen bezüglich der in Tabelle 1 ausgewiesenen Ergebnisse kann festgestellt werden, daß bei der visuellen Kartennutzung von Fall zu Fall nicht unbeträchtliche, meistenteils auf den Simultankontrast zurückzuführende Veränderungen in der Farbwahrnehmung auftreten. Deshalb sollten die Farbabstände für die praktische Kartenbearbeitung unter Berücksichtigung der möglichen Größe solcher Abweichungen, deren Auswirkung wiederum von der ungleichen Unterscheidungsempfindlichkeit im hellen und dunklen Teil der Farbskalen beeinflusst wird, projiziert werden. Dann ist bei der späteren Kartennutzung auch unter kritischen Infeld-Umfeld-Bedingungen stets eine hinreichend exakte Informationsdekodierung möglich. Selbst wenn für den Druck mehrfarbiger kartographischer Erzeugnisse bisher noch nicht in allen Fällen eine voll befriedigende Tonwertübertragung im Reproduktionsprozeß zu verwirklichen war, so existieren doch heute prinzipiell die technischen Voraussetzungen, um Toleranzen zu ermöglichen, die mit Sicherheit unter den Maximalwerten der in dem vorgestellten Experiment ermittelten Veränderungen in der Farbwahrnehmung liegen.

#### L i t e r a t u r

- ARNBERGER, E.: Gestaltung topographischer Karten. In: Wesen und Aufgaben der Kartographie. Topographische Karten. (= Enzyklopädie der Kartographie, Bd. 1); Wien: Deuticke 1975, S. 207-370
- ARNHEIM, R.: Kunst und Sehen. Berlin: Walter de Gruyter 1965
- ARTAMONOW, I. D.: Optische Täuschungen. Leipzig: B.G. Teubner Vlg.-Ges. 1982
- BREETZ, E.: Zum Kartenverständnis im Heimatkunde- und Geographieunterricht. Berlin: Volk und Wissen 1977
- CLAUSS, G. u.a. (Hrsg.): Wörterbuch der Psychologie. Leipzig: Bibl. Inst. 1978
- GERICKE, L. und SCHÖNE, K.: Das Phänomen Farbe. Zur Geschichte und Theorie ihrer Anwendung. Berlin: Henschelverlag 1973
- HAACK, H.: Ostwalds Farbentheorie in der Kartographie. In: Geogr. Anzeiger, Gotha, 25(1924), S. 124-133, 167-181, 213-223
- HAKE, G.: Zum Einfluß des simultanen Helligkeitskontrastes bei Flächendichtekarten. In: Wiss. Arb. d. Lehrstühle f. Geod., Photogramm. u. Kartogr. d. TU Hannover, Nr. 83; Hannover 1978, S. 48-57
- HÄUSER, F.: Die Entstehung des Farbeindrucks bei der autotypischen Farbmischung. Diss., Univ. Bonn 1982
- HEINRICH, F.: Experimentelle Untersuchungen zum farbigen Simultankontrast. Diss., Univ. München 1967
- HELMHOLTZ, H.: Handbuch der physiologischen Optik. Leipzig: Voss, 3. A. 1911
- HERING, E.: Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. Berlin 1905
- IMHOF, E.: Kartographische Geländedarstellung. Berlin: Walter de Gruyter 1965
- KAMENEZKI, A. W.: Fragen der Farblehre in Anwendung auf die Kartengestaltung (russ.). In: Topographisches Zeichnen. Hrsg. N.N. LOSSJAKOW; Moskwa: Nedra 1986, S. 143-178

- KLIX, F.: Information und Verhalten. Berlin: Dt. Vlg. d. Wiss. 1979
- KOCH, W. G.: Beiträge zur experimentellen Kartographie unter besonderer Berücksichtigung der Abstufungen von Helligkeitsskalen sowie des Einflusses von Wahrnehmungstäuschungen in thematischen Karten.  
Diss. B, TU Dresden 1989
- KÖPPERS, H.: Farbe. Ursprung, Systematik, Anwendung. München: Callway 1977
- LOSSJAKOW, N. N.: Topographisches Zeichnen (russ.). Moskwa: Nedra 1986
- MARX, E.: Die Farbkontraste. Eine anschauliche Einführung in die Gesetzmäßigkeiten der Farbe. Ravensburg: Maier 1973
- METZGER, W.: Gesetze des Sehens. Frankfurt a.M.: Vlg. Walter Kramer 1953
- OGRISSEK, R.: Kontrast. In: abc Kartenkunde. Leipzig: F.A.Brockhaus Vlg. 1983
- PILLEWIZER, W.: Ein halbes Jahrhundert kartographischer Entwicklung.  
In: Kartogr. Nachr. 36(1986)4, S. 133-140
- ROBINSON, A. H.: Elements of Cartography. New York: John Wiley & Sons 1953
- ROBINSON, A. H.: Psychological aspects of color in cartography. In: Intern. Jahrb. f. Kartographie 7. Gütersloh: Bertelsmann 1967, S. 50-61
- ROJC, B.: Die Farbe in der thematischen Kartographie (slowen.). Ljubljana: Inst. za geodez. in fotogrametrijo 1979
- RUBINSTEIN, S. L.: Grundlagen der allgemeinen Psychologie. Berlin: Volk u. Wissen 1977
- RÖDIGER, W.: Der Gesichtssinn - neurophysiologische Grundlagen. Leipzig: Georg Thieme 1982 (= Bausteine der modernen Physiologie)
- SCHIEDE, H.: Die Farbe in der Kartenkunst. In: Kartengestaltung und Kartentwurf. Ergebnisse des 4. Arbeitskurses Niederdollendorf 1962.  
Mannheim: Bibl. Inst. 1962, S. 23-37
- SCHMIDT-FALKENBERG, H.: Zur Grundlagenforschung in der Fotointerpretation.  
In: Nachr. aus d. Karten- u. Verm.-Wesen, R. I, H.50. Frankfurt a.M. Inst. f. Angew. Geod. 1970, S. 47-51
- SCHÖBER, H.: Das Sehen. Bd. II. Leipzig: Fachbuchverlag 1964
- SCHOPPEMEYER, J.: Die Wahrnehmung von Rastern und die Abstufung von Tonwertskalen in der Kartographie. Diss., Univ. Bonn 1978
- SÖLLNER, R.: Untersuchungen zur interpretationsgerechten Aufbereitung von Multispektralfotografien. Diss., Ak. d. Wiss. d. DDR; Potsdam 1982  
(= Veröff. des ZIPE Nr. 68)
- WOSTOKOWA, A. W.: Kartengestaltung (russ.). Moskwa: Isd.Mosk.Uniw. 1985
- WEBER, J.: Gestalt - Bewegung - Farbe. Kritik der reinen Anschauung. Berlin: Henschelverlag 1984
- WEICHELDT, P.: Untersuchungen zu Auftreten und Größe des Simultankontrastes in thematischen Karten. Diplomarbeit, TU Dresden 1984
- WITT, W.: Thematische Kartographie. Hannover: Gebr. Jänicke, 2. A. 1970
- WOOD, M.: Visual perception and map design. In: The Cartogr. Journal; Edinburgh 5(1968)1, S. 54-64

## Entropiekonzept und Geländeoberfläche

---

Mirjanka Lechthaler

### 1 Einleitung

Es ist bekannt, daß zwei Hauptarten der geomorphologischen Kräfte die Evolution des Geländes verursachen. Die Erdoberfläche wird unter ihrer Wirkung im dauernden dynamischen Prozeß gebaut und geformt. Die endogenen Kräfte des Erdinneren verursachen tektonische, vulkanische und seismische Auswirkungen. Dabei werden die Makroformen des Geländes geschaffen. Die exogenen Kräfte, stammend aus der Anziehungskraft der Sonne und des Mondes setzen die Wasser- und Luftmassen in Bewegung. Die Prozesse des Verbrauches, des Versetzens, des Transportes und der Akkumulation bilden die Mikroformen des Geländes.

Jedes Gelände befindet sich, abhängig von der Zeit, in einem Zustand der evolutionären Entwicklung. Systemtheoretisch gesehen, hat jeder Zustand eine eigene Wahrscheinlichkeit des Auftretens. Eine sichere Aussage über den Zustand in dem sich das betreffende System in einer gewissen Zeit befindet, ist nicht möglich. Die Funktion, die quantitativ die Ungewißheit des Systems mißt, ist die Entropie des Systems.

Die Geländeevolution kann durch die Geländeentropie dargestellt werden. Die Bestimmung der Geländeentropie geht aus der Entropie der Geländedarstellung durch die Höhenlinien hervor.

Die Untersuchungen zeigen, daß das Flachland eine höhere Entropie als das Hochgebirge hat, was aus der Sicht der geomorphologischen Geländeevolution auf ein Altersstadium mit geringerer Aktivität hinweist.

### 2 Definition der Entropie

Der Begriff der Entropie wurde erstmals von BOLTZMANN (1897) in der Thermodynamik (aus dem zweiten Wärmesatz) eingeführt, um den Zustand eines idealen Gases zu beschreiben, dessen Moleküle sich mit den Wahrscheinlichkeiten  $w$  in den  $i$ -ten Zellen eines geschlossenen Phasenraumes befinden. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Entropie  $S$  eines Systems in einem bestimmten Zustand, und der Wahrscheinlichkeit  $w$ , das System in diesem Zustand anzutreffen (siehe JOSS (1947, S. 545)).

Die bekannte Boltzmann'sche Gleichung der Entropie ist:

$$S = k \ln w \quad (1)$$

wobei  $k$  die thermodynamische Konstante ist. Das System wird so lange den Zustandsänderungen unterworfen sein, bis die Entropie einen Höchstwert erreicht hat. Die Entropie  $S$  eines Makrosystems, das aus den unabhängigen Mikrosystemen besteht, ist gleich der Summe der einzelnen Entropien:

$$S = S_1 + S_2 + \dots = k \sum_{i=1}^n \ln w_i \quad (2)$$

wobei  $w_i$  die Wahrscheinlichkeiten in den einzelnen Mikrosystemen sind.

Die Definition der Entropie in der Informationstheorie stammt aus der klassischen Boltzmann'schen thermodynamischen Statistik und wurde von SHANNON und WEAVER (1949) eingeführt. In einem Kom-

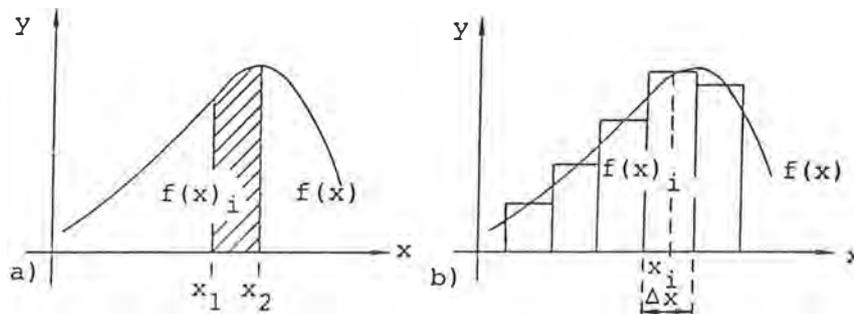


Abbildung 1: a: Wahrscheinlichkeitsfunktion  $f(x)$  der kontinuierlichen Variable, b: Diskretisierung der kontinuierlichen Variable.

munikationsprozess sind die elementaren und zusammengesetzten Zeichen die Transportmittel zur Übertragung einer Information von der Informationsquelle bis zum Empfänger. Eine Informationsquelle diskreten oder kontinuierlichen Charakters besteht aus einem Zeichenrepertoire und bestimmten Regeln zu deren Verkettung. Jede Informationsquelle, bzw. Information hat eine eigene Entropie, hat einen Informationsgehalt, der abhängig von den Zeichenwahrscheinlichkeiten  $p_i$  des Repertoires ist. Aus praktischen Gründen ist die Maßeinheit 1 bit und  $\text{ld} = \log_2$ .

Nach SHANNON - WEAVER (1949) ist die Entropie der diskreten Informationsquelle:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \text{ld} p_i \quad (\text{bit}) \quad (3)$$

und der kontinuierlichen Informationsquelle:

$$H = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \text{ld} f(x) dx \quad (\text{bit}). \quad (4)$$

$f(x)$  ist die Funktion der Wahrscheinlichkeit.

Die Entropie hat folgende Eigenschaften (nach PAVLIC (1970) und MASER (1973)):

$H \geq 0$  Die Entropie ist eine positive Größe, die einzelnen Wahrscheinlichkeiten sind positiv:  $p_i \geq 0$ ,  
 $f_i(x_1 \leq x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx \geq 0$

$H = 0$  Die Entropie ist gleich Null, wenn ein Zeichen mit Sicherheit auftritt. Seine Wahrscheinlichkeit ist gleich Eins, alle anderen gleich Null:  
 $\sum_i p_i = 1, \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1.$

$H_{max} = \text{ld} n$  Die Entropie ist maximal, wenn alle Zeichen mit gleichen Wahrscheinlichkeiten auftreten;  
 $p_i = \frac{1}{n}.$

Im Falle einer spezifischen Verteilung, deren Funktion der Wahrscheinlichkeit nicht analog einer theoretischen Verteilung ist, muß die kontinuierliche Quelle in eine diskrete umgewandelt werden. Die Diskretisierung wird durchgeführt, indem das Wertgebiet auf  $n$  gleiche Intervalle  $\Delta x$  geteilt wird.  $\Delta x$  ist der Schritt der Diskretisierung. Diesen Intervallen sind die folgenden Wahrscheinlichkeiten zugeteilt:

$$p_i = f(x)_i \Delta x \quad (5)$$

wobei  $f(x)_i$  die Frequenz der Werte in den einzelnen Intervallen ist. Die Fläche unter der Kurve  $y = f(x)$  ist die Wahrscheinlichkeit, die jedem Intervall  $\Delta x$  gehört ( Abb. 1).

Nach PAVLIC(1970) ist dann die Entropie dieses Systems  $H_{apr}$  wie folgt:

$$H_{apr} = - \sum_i f(x)_i \Delta x \lg(f(x)_i \Delta x) = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \lg f(x) dx - \lg \Delta x \quad (6)$$

### 3 Kartographische Kommunikation

In den sechziger Jahren erschien in der Literatur eine Reihe von Artikeln über die Anwendung der Kommunikations- und Informationstheorie in der Kartographie (ZDENKOVIC<sup>1</sup>(1985)).

Die Inhalte der kartographischen Information sind die Merkmale und die Lage der diskreten, wie auch der kontinuierlichen allgemein- geographischen und thematischen Objekte. Die kartographische Information ist mittels des kartographischen Zeichenrepertoires in der kartographischen Darstellung gespeichert. Somit kann die kartographische Darstellung als ein Kommunikationsmedium zur Übertragung der kartographischen Information von einer Informationsquelle bis zum Benutzer betrachtet werden. Informationstheoretisch ist es möglich, durch die Entropie der kartographischen Darstellung auf die Entropie der Informationsquelle zu schließen.

Die folgende Untersuchung beschränkt sich auf das Gelände als eine Höheninformationsquelle. Es stellt sich die Frage der Größe der Geländeentropie.

### 4 Entropie der Geländedarstellung

Die Geländeentropie wird aus der Entropie der Geländedarstellung durch Höhenlinien in einer Reihe topographischer Karten bestimmt. In diesem Sinn ist das Gelände als ein statistisches System anzusehen, in dem die absoluten Geländehöhen  $h_i$  eine zufällige kontinuierliche Veränderliche darstellen. Statistisch gesehen, kommen diese Geländehöhen mit verschiedener Wahrscheinlichkeit vor.

Die Darstellung der Höhenverteilung ist von entscheidender Bedeutung, weil sie auf die Funktion der Wahrscheinlichkeit hinzeigt, von der die Geländeentropie abhängig ist.

#### 4.1 Geländehöhenverteilung

Die Gesetzmäßigkeiten der Geländehöhenverteilung sind an 33 Ausschnitten der Geländedarstellung durch Höhenlinien der Äquidistanz von 20 m in der TK 100 untersucht.

Die Ausschnitte in der Größe je  $24 \text{ km}^2$  sind so ausgewählt, daß in jedem geomorphologischen Geländetyp Jugoslawiens (tertiäre Becken, junggefaltetes Gebiet der Alpen und Dinariden und kristalline Massive), die Geländeformen (Flachland, Mittelgebirge und Hochgebirge) vertreten sind.

Für die graphische Darstellung der Höhenverteilung mittels Histogramme (Abb. 2) sind die Frequenzen der Geländehöhen in den Höhenklassen, die der Äquidistanz entsprechen, zu bestimmen. Die Anzahl der Punkte  $f(h)_i$ , die zwischen zwei benachbarten Höhenlinien fallen ergibt durch die Punktezahlmethode (LECHTHALER (1986)) mittels eines Rasters von 2. 5 mm eine genügend genaue statistische Aussage über die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Höhen.

Die Höhenverteilungen der ausgewählten Ausschnitte stellen verhältnismäßig komplizierte empirische Höhenverteilungen dar, und können mit allgemeinbekannten theoretischen Verteilungen nicht verglichen werden.

Daraus folgt, daß die Bestimmung der Entropie der Geländedarstellung für die einzelnen Ausschnitte ausschließlich auf den verfügbaren empirischen Höhenverteilungen beruht. Die Geländeentropie muß daher aus der Entropie der Geländedarstellung durch Höhenlinien bestimmt werden.

---

<sup>1</sup>Lechthaler geb. Zdenkovic

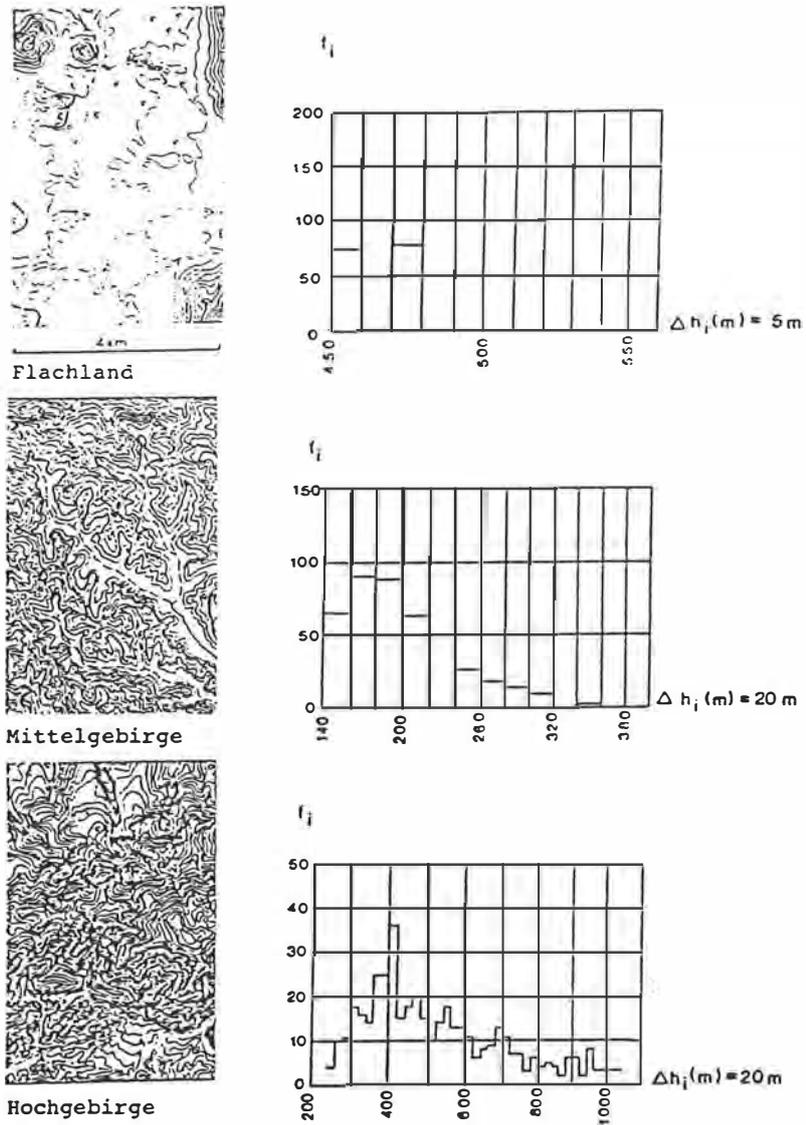


Abbildung 2: Empirische Höhenverteilungen dargestellt durch Histogramme. Die Höhendaten stammen aus der TK 100.

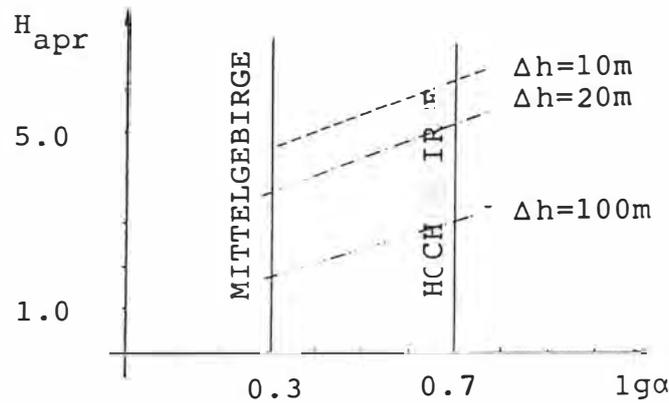


Abbildung 3: Zunahme der Entropie der Geländedarstellung.

#### 4.2 Bestimmung der Entropie der Geländedarstellung durch Höhenlinien

Wie schon erwähnt, führt die Untersuchung der Geländehöhen nicht zu den bekannten Wahrscheinlichkeitsfunktionen. Das kontinuierliche System – Gelände muß approximiert werden mit einem diskreten System (Abb. 1). Die Diskretisierung ist in der kartographischen Darstellung des Geländes durch die Höhenlinien durchgeführt. Der Schritt der Diskretisierung ist mit der Äquidistanz  $\Delta h$  definiert. Die Entropie der Geländedarstellung wird analog dem Ausdruck (3) bzw. (6) wie folgt berechnet:

$$H_{apr} = - \sum_i f(h)_{i_{rel}} \lg f(h)_{i_{rel}} \quad (bit) \quad (7)$$

wobei  $f(h)_{i_{rel}} = f(h)_i/n$  die Wahrscheinlichkeit der Höhe  $h_i$  darstellt.  $n$  ist die Gesamtanzahl der Punkte. Es gilt:

$$\sum_i f(h)_{i_{rel}} = 1 \quad (8)$$

Damit steht für jeden Ausschnitt die Entropie der Geländedarstellung durch Höhenlinien, berechnet aus den Höhendaten der Maßstabsreihe 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 und 1:200 000 zur Verfügung (Tab. 1).

Die ermittelten Entropien der Geländedarstellung durch Höhenlinien für die einzelnen Geländeformen ermöglichen die Gruppenbildung der gegebenenfalls charakteristischen Werte, die von der Neigung bzw. der angewandten Äquidistanz abhängig sind. Die Entropie der Geländedarstellung durch Höhenlinien für die einzelnen Geländetypen hat keine charakteristischen Grenzwerte ergeben.

Die Information über eine Geländeform, die gespeichert ist in der Darstellung durch Höhenlinien steigender Äquidistanz, nimmt ab (Tab. 2). Die Information über verschiedene Geländeformen in der Darstellung durch Höhenlinien gleicher Äquidistanz erhöht sich entsprechend der steigenden Geländeneigung (Tab. 2). Die Informationszunahme ist in jedem Maßstab gleich (Abb. 3).

### 5 Geländeentropie

Die Entropie einer kontinuierlichen Informationsquelle kann vom Schritt der Diskretisierung nicht abhängig sein.

Für jeden Geländeausschnitt wird nach dem Ausdruck (9) die Geländeentropie bestimmt (Tab. 1). Die Entropie der Geländedarstellung wird damit vom Schritt der Diskretisierung (der angewandten Äquidistanz) befreit. Auf diese Weise kommt man von der diskreten Informationsquelle – der Geländedarstellung

GELÄNDEENTROPIE																		
Typ	Form	1 : 25 000			1 : 50 000			1 : 100 000			1 : 200 000			Mittlere Entropie $H_m$ (bit)	Normierte Entropie $H_n$ (bit)			
		Maßstab Aus-schnitt	$H_{apr}$	$\Delta h$	H	$H_{apr}$	$\Delta h$	H	$H_{apr}$	$\Delta h$	H	$H_{apr}$	$\Delta h$			H		
Pannolisches Gebiet	Hochgeb. Mitt. Ebene	1	1.77	2.0	3.09	1.04	1.10	4.36	1.13	1.0	4.45	0.0	100	6.64	4.64	15.55		
		2	2.08	2.5	3.39	1.77	5	4.09	1.70	5	4.09	1.00	25	5.64	4.30	15.85		
		3	2.40	2.5	3.72	1.65	5	3.97	1.73	5	4.05	0.94	25	5.61	3.43	13.81		
		4	3.91	1.0	7.23	2.86	2.0	7.18	2.90	2.0	7.22	1.31	100	7.95	7.40	10.03		
		5	3.06	1.0	6.38	2.25	2.0	6.57	2.25	2.0	6.57	0.72	100	7.35	6.72	11.63		
		6	5.54	1.0	8.86	4.55	2.0	8.86	4.55	2.0	8.86	2.35	100	8.99	8.90	8.69		
		7	5.66	1.0	8.98	4.66	2.0	8.98	4.73	2.0	9.05	2.51	100	9.15	9.04	8.33		
		8	6.15	1.0	9.47	5.12	2.0	9.44	5.10	2.0	9.42	2.79	100	9.43	9.45	8.22		
Junggefaltetes Gebiet	Dinariden	Felder Fläche	9	4.44	1.0	6.76	3.44	1.0	6.76	2.59	2.0	6.91	2.28	25	6.93	5.84	10.99	
			10	3.31	5	5.63	2.41	1.0	5.73	2.41	1.0	5.75	1.47	25	6.11	5.80	11.35	
			11	2.30	5	4.62	2.18	5	4.50	1.45	1.0	4.77	0.98	25	5.62	4.88	14.16	
			12	3.47	5	4.79	2.47	5	4.79	1.50	1.0	4.82	0.00	50	5.64	5.01	13.16	
			13	2.18	2.5	4.50	2.12	5	4.44	1.10	1.0	4.42	0.00	100	6.64	5.00	13.38	
			14	2.26	5	4.58	1.78	1.0	5.10	1.93	1.0	5.25	1.00	50	6.64	5.39	13.33	
	Alpen	Mittelgebirge	15	4.41	5	7.73	3.38	2.0	7.70	3.47	2.0	7.79	2.34	50	7.98	7.80	9.35	
			16	6.04	1.0	9.36	5.01	2.0	9.32	5.00	2.0	9.32	2.78	100	9.42	9.36	8.20	
			17	4.70	1.0	8.02	3.73	2.0	8.05	3.78	2.0	8.10	1.66	100	8.30	8.12	9.67	
			18	5.44	1.0	8.76	4.40	2.0	8.72	4.41	2.0	8.72	2.63	100	9.27	8.87	8.91	
			19	5.18	1.0	8.50	4.06	2.0	8.38	4.14	2.0	8.46	2.89	50	8.53	8.47	8.26	
			20	3.91	1.0	7.23	2.91	2.0	7.23	3.01	2.0	7.33	1.98	50	7.62	7.36	10.13	
			21	5.36	1.0	8.68	4.53	2.0	8.84	4.46	2.0	8.75	2.43	100	9.07	8.84	8.83	
			22	6.79	1.0	10.11	5.81	2.0	10.13	5.88	2.0	10.20	3.60	100	10.24	10.14	7.45	
Dinariden	Hochgebirge	23	6.18	1.0	9.50	5.25	2.0	9.57	5.19	2.0	9.51	2.97	100	9.51	9.55	8.05		
		24	6.98	1.0	10.30	6.04	2.0	10.36	5.91	2.0	10.23	3.89	100	10.53	10.36	7.36		
		25	6.71	1.0	10.03	5.74	2.0	10.06	5.77	2.0	10.09	3.55	100	10.19	10.10	7.70		
		26	6.60	1.0	9.92	5.59	2.0	9.90	5.58	2.0	9.90	3.43	100	10.07	9.95	9.00		
		27	5.90	1.0	9.92	4.89	2.0	9.21	4.91	2.0	9.23	2.69	100	9.33	9.25	8.16		
		28	5.30	1.0	8.62	2.23	2.0	8.55	4.27	2.0	8.59	2.01	100	8.65	8.60	8.48		
		29	3.34	1.0	6.66	2.44	2.0	6.76	2.43	2.0	6.74	1.44	50	7.08	6.81	11.19		
		30	4.26	1.0	7.58	3.36	2.0	7.68	3.37	2.0	7.69	2.16	100	8.80	7.94	10.44		
		31	5.54	1.0	8.86	4.57	2.0	8.89	4.59	2.0	8.91	2.45	100	9.09	8.94	8.63		
		Urge-stein-gebiet		32	6.32	1.0	9.64	5.33	2.0	9.65	5.38	2.0	9.70	3.35	100	9.99	9.75	7.69
				33	6.09	1.0	9.41	5.12	2.0	9.44	5.12	2.0	9.44	2.88	100	9.52	9.46	8.33

Tabelle 1: Geländeentropie der ausgesuchten Geländeausschnitte.

GRENZWERTE DER ENTROPIE DER GELÄNDE-DARSTELLUNG $H_{apr}$ (bit)		
Geländeform	Mittelgebirge	Hochgebirge
Mittlere Neigung	$tg\alpha = 0.310$	$tg\alpha = 0.704$
Äquidistanz		
10m	3.0 - 5.4	5.4 - 7.0
1: 25 000	4.67	6.18
20m	2.2 - 4.5	4.5 - 5.8
1: 50 000	3.70	5.17
1:100 000		
100m	0.7 - 2.6	2.6 - 4.0
1:200 000	1.80	3.00

Tabelle 2: Grenzwerte der Entropie der Geländedarstellung für die drei Geländeformen.

durch Höhenlinien zu der kontinuierlichen Informationsquelle - zu dem Gelände selbst.

$$H = H_{apr} + 1d\Delta h \quad (bit). \quad (9)$$

Die vier Werte der Geländeentropie für jeden Geländeausschnitt, die aus den Darstellungen in verschiedenen Maßstäben berechnet wurden, unterscheiden sich unwesentlich, d. h. hängen nicht vom Maßstab ab. Das ermöglicht für jeden Ausschnitt die Bildung eines Mittelwertes für die Geländeentropie:

$$H = \frac{H_{25} + H_{50} + H_{100} + H_{200}}{4} \quad (bit). \quad (10)$$

### 5.1 Normierte Geländeentropie

Die Geländeentropie für verschiedene Geländeausschnitte ist nur dann vergleichbar und gibt eine Aussage über verschiedene Geländeformen, wenn die Entropie der Geländedarstellung auf eine Standardanzahl der Höhenlinien normiert ist (z. B. auf 100):

$$H_n = H_{apr} \Delta h \frac{h_{max}}{h} \frac{100}{h} \quad (bit) \quad (11)$$

wobei  $h/\Delta h$  die Anzahl der Höhenlinien ist, die abhängig von der Geländehöhendifferenz und der Äquidistanz ist.

Die normierten Geländeentropien sind spezifisch für die drei Geländeformen. Das Flachland hat einen höheren Wert als das Hochgebirge (Tab. 3, Abb. 5).

Nach der Shannon'schen Informationstheorie ist die maximale Entropie dann erreicht, wenn alle Geländepunkte mit gleicher Wahrscheinlichkeit auftreten, d. h. gleich hoch sind!

$$H_{max} = 1d n \quad (bit). \quad (12)$$

Alle Naturprozesse, die in ihrer Dynamik unter der Wirkung der geomorphologischen Kräfte stehen, neigen zu einem Gleichgewichtszustand, in dem die Entropie ihrem maximalen Wert zugeht. Was geschieht mit der Geländeoberfläche?

Geländeform	Normierte Entropie
Flachland	16.0 - 11.0
Mittelgebirge	11.0 - 8.0
Hochgebirge	8.0 - 7.0

Tabelle 3: Grenzwerte der Geländeentropie für die drei Geländeformen.

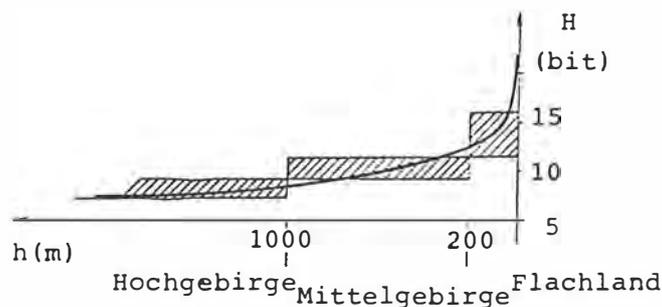


Abbildung 4: Kurve der Geländeentropie für verschiedene Geländeformen.

## 6 Evolution der Geländeoberfläche und Geländeentropie

LEOPOLD - LANGBEIN (1962) beschreiben die Geländeevolution mit dem Begriff der Entropie aus der Thermodynamik. Sie stellen die Geländeoberfläche als ein statistisches System dar, in dem die Änderungen der mechanischen und potenziellen Energie zum wahrscheinlichsten Zustand – zu einem Gleichgewichtszustand führen, in dem die Energie gleichmäßig verteilt ist, und die Entropie ihrem maximalen Wert zustrebt.

Antagonistische Wirkung der aufbauenden (endogenen) und abbauenden (exogenen) Prozesse nach SCHEIDEGGER (1987) bewirkt einen Ungleichgewichtszustand der Erdmassen. Weil aber alle Naturprozesse zu einem Gleichgewichtszustand neigen, folgen die Transporte der Masse.

Um die Formveränderungen der Geländeoberfläche mit der Entropie zu beschreiben, bedient sich SCHEIDEGGER (1970) der Diffusionsgleichung aus der Thermodynamik, indem er eine komplette Analogie zwischen der Temperatur  $T$  in einem Wärmefeld und der absoluten Höhe des Geländepunktes  $h$  annimmt:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = q \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \longleftrightarrow \frac{\partial h}{\partial t} = q \left( \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) \quad (13)$$

wobei  $q$  eine Konstante und die Höhe  $h$  eine Funktion der Zeit  $t$  und der horizontalen Koordinaten  $x, y$  des Geländepunktes ist. Die Lösungen der Diffusionsgleichung ergeben von der Zeit abhängige Geländehöhen und stellen einen Zerfall der ursprünglichen Struktur der Geländeoberfläche dar. Das Hochgebirge geht aus seinem Jugendstadium unter dem Einfluß der geodynamischen Kräfte in das Reifestadium – das Mittelgebirge über. Mit der Zeit, unter weiterer Einwirkung der Erosion wird die Erdmasse allmählich abgetragen, das Gelände wird runder, niedriger und flacher. Die Geländeoberfläche erreicht ihr Alterstadium mit geringer Aktivität, wo die Entropie einen höheren Wert hat. In einer idealen Ebene wäre die Geländeentropie maximal (LECHTHALER - SCHEIDEGGER (1989)) ( Abb. 5).

$$t_1 < t_2 < t_3 \longrightarrow h_1 > h_2 > h_3 \longrightarrow G_1 < G_2 < G_3 \quad (14)$$

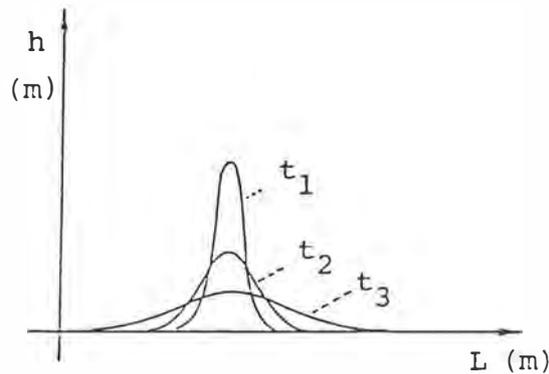


Abbildung 5: Zerfall eines idealen Geländes (nach SCHEIDEGGER (1970)).

Die Geländeentropie ist ein Maß für den evolutionären Zustand der Geländeoberfläche.

## 7 Zusammenfassung

Jede Bewegung der Geländeoberfläche, die nicht zu einem Gleichgewichtszustand führt, in dem die Energie gleichmäßig verteilt ist, verursacht weitere exogene Prozesse der Erosion und der Akkumulation, bis der Zustand des inneren Energieausgleiches, der Beruhigung der Masse und der minimalen Abweichung vom Gleichgewicht erreicht wird. Die Geländeoberfläche hat ein Alterstadium erreicht mit geringerer Aktivität. Dieser Zustand der Höhenglättung auf einem mittleren Höhenniveau hat eine Tendenz der maximalen Geländeentropie zur Folge.

Dies wurde durch die Anwendung des thermodynamischen Gesetzes der Energieerhaltung und der Entropiezunahme, als auch durch die Anwendung der Gesetze der Informationstheorie bestätigt.

Die numerische Aussage über die Geländeentropie, berechnet aus den Entropien der Geländedarstellung durch Höhenlinien in einer Reihe topographischer Karten zeigt: Je glatter die Geländeoberfläche, desto größer die Entropie!

## Literatur

- [1] BOLTZMANN, L. (1897): Gesamtausgabe. Hrsg. v. ROMAN U. SEXL. (Erw. d. 1896-1898 bei A. Borth in Leipzig erschienenen Ausgabe). Band 1: Vorlesungen über Gastheorie 265 pp. Graz: Akad. Druck. Vieweg u. Sohn, Braunschweig/Wiesbaden 1981.
- [2] JOSS, G. (1947): Theoretical Physics; trans. from German by Ira FREEMAN. 748 pp. London (Blackie and Son).
- [3] LECHTHALER, M. (1986): Entropie der Geländedarstellung durch Höhenlinien an einer Reihe topographischer Karten. Dissertation, Auszug und Zusammenfassung, Übersetzung aus dem Kroatischen, 138 pp., Techn. Univ. Wien.
- [4] LECHTHALER, M., SCHEIDEGGER, A. E. (1989): Entropy of landscape. Z. Geogr. N. F. 33,3, pp. 361-371. Berlin/Stuttgart.
- [5] LEOPOLD, L. B., LANGBEIN, W. B. (1962): The concept of entropy in landscape evolution.-U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 500 A:A1-A20.

- [6] MASER, S. (1973): Grundlagen der allgemeinen Kommunikationstheorie. 205 pp. ,Stuttgart (Berliner Union GmbH).
- [7] PAVLIC, I. (1970): Statisticka teorija i primjena. 343 pp. ,Zagreb (Tehnicka knjiga).
- [8] SCHEIDEGGER, A. E. (1970): Theoretical geomorphology. 2nd Ed. ,pp. 272-276, Berlin/Heidelberg/New York (Springer).
- [9] SCHEIDEGGER, A. E. (1987): Dynamik der Massenbewegungen, ZVD der Wildbach- und Lawinverbauung Österreichs, 51, H 105, Nov. 1987.
- [10] SHANNON, C. E. ,WEAVER, W. (1949): The mathematical theory of communication. 117 pp. ,Univ. Illinois Press, Urbana.
- [11] ZDENKOVIC, M. (1985): Entropija prikaza reljefa izohipsama na nizu nasih topografskih karata. Dissert. ,226 pp. ,Univ. Zagreb.

## Informationsgrößen für generalisierte Punktfelder

---

Siegfried Meier

### WIDMUNG

Auf einer Seereise nach Spitzbergen im Frühsommer 1962 sagte mir der Expeditionsleiter Professor Pillewizer: "Schaun s' net ins Buch, schau s' auf den Horizont!" Die damalige Lektüre waren die in deutscher Übersetzung erschienenen Arbeiten zur Informationstheorie aus der sowjetischen Mathematikerschule. Auf der Suche nach neuen Horizonten greife ich das alte Thema wieder auf und widme eine Teilstudie zur kartographischen Information Herrn Professor Wolfgang Pillewizer in Dankbarkeit zum 80. Geburtstag.

### 1. Statistische und semantische Information

Information ist ein Schlüsselbegriff der modernen Wissenschaft und Industriegesellschaft. Die Karte als Informationsspeicher in analoger oder digitaler Form - was lag und liegt näher als zu versuchen, die (mathematische) Informationstheorie auf konkrete Aufgaben der Kartengestaltung, -generalisierung, -bewertung anzuwenden? An Versuchen hat es nicht gerade gefehlt, doch sind die praktisch brauchbaren Ergebnisse eher bescheiden zu nennen. Die grundsätzliche Bedeutung der Informationstheorie für Zwecke der kartographischen Datenverarbeitung (Analog-Digital-, Digital-Analog-Wandlung, Kodierung, Speicherung) ist unumstritten; schließlich wurde die Theorie gerade für die digitale Signalverarbeitung entwickelt. Daß überzeugende, allgemein anerkannte Lösungen für die *eigentlichen* kartographischen Probleme ausblieben (z.B. informationsmaximierender Kartenentwurf, informationsverlustminimierende Generalisierung), hat - aus der Sicht des Verfassers - wohl folgende Gründe:

- a) Die konstruktiven Möglichkeiten der Informationstheorie sind begrenzt; sie ist eher eine bewertende Theorie.
- b) Die Informationstheorie ist statistischer Natur bzw. ein Teilgebiet der Wahrscheinlichkeitstheorie. Informationsgrößen sind zufälligen Objekten (zufälligen Größen, Vektoren, Funktionen, Feldern) zugeordnet. Unbestimmtheit/Entropie (vor dem "Versuch" = Realisierung eines Kartenbildes) bzw. Information (nach dem "Versuch") existieren *a priori*, d.h. ob wir sie wahrnehmen oder nicht. Kartographische Information ist dagegen eng mit *Wahrnehmung* (durch den Kartennutzer) verbunden bzw. erweist sich als *Kommunikationsproblem*. Nicht selten sind der statistische und der inhaltliche Aspekt in unzulässiger Weise vermischt worden.

Die frühen Arbeiten auf diesem Gebiet, bis etwa Mitte der siebziger Jahre, sind u.a. von BOLLMANN (1977) kritisch bewertet worden. Die dort angezeigten Schwächen könnten wahrscheinlich überwunden werden, indem man statistische Informationsgrößen vorzieht, denen auf eindeutige Weise eine kartographisch-inhaltliche Bedeutung zugeschrieben werden kann. So wurde vom Verfasser am Beispiel der Formvereinfachung ebener, stochastisch gekrümmter Kurven (Linienglättung) gezeigt, daß die sog. relative Information ein Maß für die Formverwandtschaft zwischen generalisierten und ursprünglichen Linien bzw. Linienscharen ist, und sich in dem Sinne als konstruktiv erweist, als digitale Glättungsfiler auf ihre informations- bzw. formhaltende Wirkung beurteilt werden können (MEIER, im Druck). Die genannte Größe wird hier, neben anderen, auf ein spezielles Auswahlproblem hin, die Auswahl punktförmiger Objekte, untersucht.

### 2. Punktprozesse und Auswahl

Die Informationsmenge punktförmiger Objekte wurde bisher über die *Punktanzahl* gemessen (siehe z.B. TÖPFER, 1979); die spezielle *Punktanordnung* ("Struktur") blieb außer acht. Will man in einer Informationsgröße Punktanzahl und -anordnung berücksichtigen, muß die Punktmenge stochastisch-geometrisch modelliert werden. Dafür geeignet sind ebene *zufällige Punktfelder* bzw. *Punktprozesse* (PP; vgl. z.B. STOYAN und MECKE (1983), MEIER und KELLER (im Druck)). Darunter versteht man mathematische Modelle für

diskrete Mengen zufällig in der Ebene verteilter Punkte. Eine Punktmenge im Bereich B (Karte, Kartenausschnitt) mit Flächeninhalt  $F(B)$  kann als Stichprobe aus einem PP aufgefaßt werden. Nachfolgend beschränken wir uns auf einen sehr einfachen PP, den stationären POISSON-Prozeß als Modell für "gleichmäßig-regellos" verteilte Punkte.

Ein PP  $\phi$  heißt *stationärer POISSON-Prozeß*, wenn

- a) für paarweise disjunkte (verschiedene) Mengen  $B_1, B_2, \dots, B_n$  die Zufallsgrößen  $\phi(B_1), \phi(B_2), \dots, \phi(B_n)$  unabhängig sind,
- b) die Anzahl  $\phi(B)$  der Punkte von  $\phi$  in B poissonverteilt sind mit dem Parameter  $\lambda F(B)$ :

$$P(\phi(B)=k) = \frac{[\lambda F(B)]^k}{k!} e^{-\lambda F(B)}, \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

Der Parameter  $\lambda F(B)$  heißt *Intensitätsmaß*, der Parameter  $\lambda$  *Intensität* von  $\phi$ . Die Bedeutung von  $\lambda$  ersieht man aus (1): wenn man  $F(B) = 1$  setzt, entspricht  $\lambda$  dem Erwartungswert der POISSON-Verteilung

$$r_k := P(\phi(B)=k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (1a)$$

bzw. der mittleren Punktzahl je Flächeneinheit.

Wir betrachten zwei PP: den ungeneralisierten  $\phi_1$  mit  $\lambda_1 = \lambda$  im Grundmaßstab  $1:M_1$  und den generalisierten ("verdünnten" bezüglich Kartenfläche  $F_1$ )  $\phi_2$  mit  $\lambda_2, \lambda_2 < \lambda_1$  im Folgemaßstab  $1:M_2$ . Wenn für jeden Punkt von  $\phi_1$  mit der sog. *Überlebenswahrscheinlichkeit*  $p$  unabhängig entschieden wird, ob er beibehalten oder weggelassen wird, so heißt dieser Vorgang *p-Verdünnung* von  $\phi_1$ . Ist  $\phi_1$  ein stationärer poissonischer PP mit  $\lambda_1 = \lambda$ , so ist der  $p$ -verdünnte wieder ein stationärer poissonischer PP  $\phi_2$  mit  $\lambda_2 = p \lambda_1 = p \lambda$  (Erhaltung der "Struktur"). Später benutzen wir auch noch den PP der nicht überlebenden Punktobjekte  $\phi_3$  mit  $\lambda_3 = q \lambda, q = 1-p$ .

Übereinstimmend mit der Auswahlregel nach TÖPFER wählt man

$$p = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \left( \frac{M_1}{M_2} \right)^{n/2} \quad \left( \begin{array}{l} 0 < p \leq 1, \\ n \geq 0 \end{array} \right) \quad (2)$$

als Funktion des Maßstabsverhältnisses  $M_1/M_2$  und der (nicht notwendig ganzzahligen) Auswahlstufe  $n$  (TÖPFER, 1979, MEIER und KELLER, im Druck).

### 3. Entropie ebener Punktfelder

Die Eigenschaften eines ebenen stationären POISSON-Prozesses sind mit (1) bzw. (1a) gegeben: die Eigenschaft a) der gleichmäßig-zufälligen "Punktanordnung" ist eine Folgerung von b) ("Punkthäufigkeit"). Somit ist die Entropie (vor dem "Versuch") bzw. Information (nach dem "Versuch") des PP identisch mit der Entropie der diskreten Wahrscheinlichkeitsverteilung (1) bzw. (1a) gemäß der SHANNONSchen Formel

$$I = - \sum_k r_k \log r_k \quad (3)$$

Die Basis des Logarithmus legt die Maßeinheit fest. Wegen der Exponentialglieder in  $r_k$  wählt man zweckmäßig den logarithmus naturalis anstelle des üblichen logarithmus dualis (Maßeinheit natural digit: 1 nit = 0,693.. bit). Aus (3) und (1a) folgt

$$\begin{aligned} I(\phi) &= - \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \ln \left( \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \right) \\ &= \lambda e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{-k}{k!} - e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\lambda^k}{k!} \ln \frac{\lambda^k}{k!} \\ &= \lambda - e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\lambda^k}{k!} \ln \frac{\lambda^k}{k!} \leq \lambda \end{aligned} \quad (3a)$$

Die Entropie oder Information des ebenen stationären poissonischen PP ist - bezogen auf die Flächeneinheit - höchstens so groß wie seine Intensität. Für sehr große Punktzahlen ( $\lambda \gg 1$ , mindestens von der Größenordnung 10) läßt sich die Summe in (3a) zu  $\approx n/2 \ll \lambda$  abschätzen; daher wird

$$I(\Phi_1) \approx \lambda, \quad I(\Phi_2) \approx p\lambda, \quad I(\Phi_3) \approx q\lambda. \quad (3b)$$

Daß  $I \sim \lambda$  erscheint zunächst lapidar, ist jedoch an die POISSON-Eigenschaft der PP gebunden! Kartographisch läßt sich damit noch nichts anfangen; die Beziehungen (3b) dienen weiterhin als Rechenhilfe.

#### 4. Relative Information

*"Ich stehe fernerhin auf dem Standpunkt, daß der grundlegende Begriff, der eine Verallgemeinerung auf beliebige kontinuierliche Nachrichten und Signale zuläßt, nicht unmittelbar der Begriff der Entropie ist, sondern die Größe  $I(\xi, \eta)$  der Information in einem zufälligen Objekt  $\xi$  hinsichtlich eines anderen zufälligen Objektes  $\eta$ ."*

A. N. KOLMOGOROW (1956)

Als zufällige Objekte haben wir den ungeneralisierten PP  $\eta = \Phi_1$  und den generalisierten PP  $\xi = \Phi_2$ . Die relative Information  $I(\Phi_1, \Phi_2)$ , die  $\Phi_2$  über  $\Phi_1$  enthält, ist definiert durch

$$I(\Phi_2, \Phi_1) = I(\Phi_2) - I(\Phi_2 | \Phi_1) \quad (4)$$

$$= \sum_i \sum_k r_{ik} \log \frac{r_{ik}}{r_i r_k}$$

Dabei sind

$$I(\Phi_2 | \Phi_1) = \sum_i \sum_k r_{ik} \log \frac{r_i}{r_{ik}} \quad (5)$$

die in  $\Phi_2$  enthaltene bedingte Information unter der Bedingung, daß  $\Phi_1$  einen gegebenen Wert annimmt, und

$$r_{ik} := P(\Phi_1=i, \Phi_2=k)$$

die Glieder der gemeinsamen Verteilung von  $\Phi_1, \Phi_2$ . Die Größen (4), (5) besitzen die Eigenschaften

$$I(\Phi_2, \Phi_1) = I(\Phi_1, \Phi_2) \geq 0,$$

$$I(\Phi_2, \Phi_1) \leq \min[I(\Phi_1), I(\Phi_2)] \approx p\lambda, \quad (6)$$

$$I(\Phi_2 | \Phi_1) \leq I(\Phi_2) \approx p\lambda.$$

Ferner geht aus (4) hervor, daß nur dann  $I(\Phi_1, \Phi_2) > 0$ , d.h.  $\Phi_2$  Information über  $\Phi_1$  enthält, wenn  $\Phi_2$  nicht unabhängig von  $\Phi_1$  ist. Andernfalls wäre  $r_{ik} = r_i r_k$  und  $I(\Phi_1, \Phi_2) = 0$ . Damit erweist sich die relative Information als eine Maßzahl für die stochastische Abhängigkeit bzw. Verwandtschaft zwischen  $\Phi_2$  und  $\Phi_1$ .

Um die Größen (4), (5) für stationäre POISSON-Prozesse ausrechnen zu können, muß zunächst die gemeinsame Verteilung der beteiligten PP aufgesucht werden. Dies kann mit Hilfe des sog. erzeugenden Functionals  $G$  geschehen, welches in der Theorie der PP eine analoge Rolle spielt wie die erzeugende Funktion bei den diskreten Zufallsgrößen. Nach dem bei STOYAN und MECKE (1983, S.45/46, 80) vorgezeichneten Weg erhält man

$$G(t_1, t_2) = e^{\lambda(t_1-1) + p\lambda t_1(t_2-1)} \quad (0 \leq t_1, t_2 \leq 1) \quad (7)$$

und daraus die Glieder der gemeinsamen Verteilung

$$r_{ik} = \frac{1}{i!k!} \left. \frac{\partial^{i+k} G(t_1, t_2)}{\partial t_1^i \partial t_2^k} \right|_{t_1=0, t_2=0} \quad (8)$$

Im Schema 1 sind die ersten 4x4 Glieder notiert, wobei  $r_{1k} = 0$  für alle  $k > i$ , denn die Wahrscheinlichkeit dafür, daß der generalisierte PP mehr Punkte enthält als der ungeneralisierte, ist Null. Zeilen- und spaltenweise Addition führt wieder auf die schon bekannten Verteilungen der PP  $\phi_2$  und  $\phi_1$ .

$r_{1k}$	$i = 0$	1	2	3	...	$\sum_i r_{1k} = r_{1k}$
$k = 0$	$e^{-\lambda}$	$q\lambda e^{-\lambda}$	$\frac{(q\lambda)^2}{2!} e^{-\lambda}$	$\frac{(q\lambda)^3}{3!} e^{-\lambda}$	...	$e^{-p\lambda}$
1	0	$p\lambda e^{-\lambda}$	$p\lambda q\lambda e^{-\lambda}$	$p \frac{(q\lambda)^2}{2!} e^{-\lambda}$	...	$p\lambda e^{-p\lambda}$
2	0	0	$\frac{(p\lambda)^2}{2!} e^{-\lambda}$	$\frac{(p\lambda)^2}{2!} q\lambda e^{-\lambda}$	...	$\frac{(p\lambda)^2}{2!} e^{-p\lambda}$
3	0	0	0	$\frac{(p\lambda)^3}{3!} e^{-\lambda}$	...	$\frac{(p\lambda)^3}{3!} e^{-p\lambda}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$\sum_k r_{1k} = r_1$	$e^{-\lambda}$	$\lambda e^{-\lambda}$	$\frac{\lambda^2}{2!} e^{-\lambda}$	$\frac{\lambda^3}{3!} e^{-\lambda}$	...	$\sum_i \sum_k r_{1k} = 1$

Schema 1: Die ersten 4x4 Glieder der gemeinsamen Verteilung  $r_{1k} := P(\phi_1=i, \phi_2=k)$  eines stationären POISSON-Prozesses  $\phi_1$  mit Intensität  $\lambda_1 = \lambda$  und des p-verdünnten Prozesses  $\phi_2$  mit Intensität  $\lambda_2 = p\lambda$ ,  $q=1-p$ . Randverteilungen  $r_1 := P(\phi_1=i)$ ,  $r_k := P(\phi_2=k)$ .

$\frac{r_{1k}}{r_1 r_k}$	$i = 0$	1	2	3	...
$k = 0$	$e^{p\lambda}$	$q e^{p\lambda}$	$q^2 e^{p\lambda}$	$q^3 e^{p\lambda}$	...
1	0	$\frac{1!}{\lambda} e^{p\lambda}$	$\frac{2!}{\lambda} e^{p\lambda}$	$\frac{3!}{\lambda} \frac{q^2}{2!} e^{p\lambda}$	...
2	0	0	$\frac{2!}{\lambda^2} e^{p\lambda}$	$\frac{3!}{\lambda^2} q e^{p\lambda}$	...
3	0	0	0	$\frac{3!}{\lambda^3} e^{p\lambda}$	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Schema 2: Die ersten 4x4 Glieder des Verhältnisses von gemeinsamer Verteilung  $r_{1k}$  zum Produkt der Randverteilungen  $r_1 r_k$ , welche in die Berechnung der relativen Information (4) eingehen.

Setzt man die Glieder der Schemata 1 und 2 in (4) ein, ergibt sich nach einer analogen Rechnung wie im Abschnitt 3

$$I(\phi_2, \phi_1) \approx \lambda[p + (1-p)\ln(1-p)] \quad (\lambda \gg 1), \quad (9)$$

und mit Rücksicht auf (4) sowie  $I(\phi_2) \approx p\lambda$

$$I(\phi_2 | \phi_1) \approx \lambda(1-p)\ln(1-p) \quad (\lambda \gg 1), \quad (9a)$$

vgl. Bild 1, wo diese Größen (bezogen auf  $\lambda$ ) dargestellt sind.

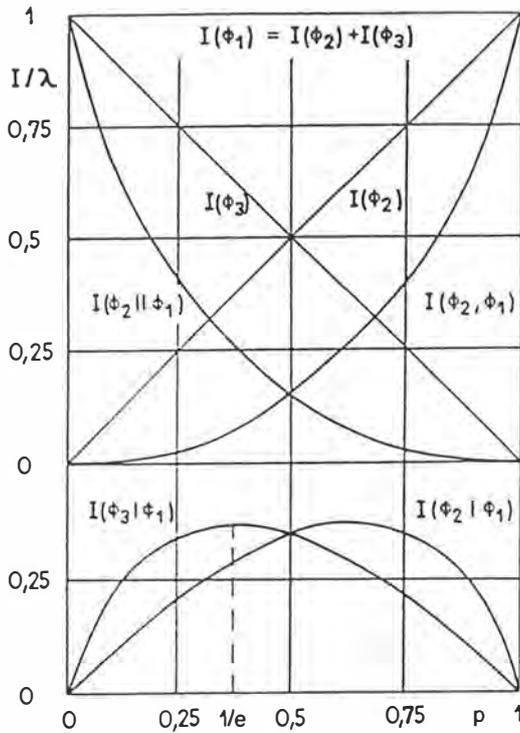


Bild 1: Informationsgrößen I für generalisierte stationäre poissonische Punktprozesses als Funktion der Überlebenswahrscheinlichkeit p und bezogen auf die Intensität  $\lambda$  des ungeneralisierten Prozesses. Erläuterungen im Text.

Den normierten Ausdruck

$$\frac{I(\phi_2, \phi_1)}{I(\phi_1)} \approx p + (1-p) \ln(1-p) \quad (\lambda \gg 1) \quad (9b)$$

bezeichnet man auch als *Entropieverhältnis* oder *Informationsindex* (OLBERG und RÁKÓ-CZI, 1984). Die in  $\phi_2$  über  $\phi_1$  enthaltene Information hängt von der Ausgangsintensität und der Überlebenswahrscheinlichkeit p ab. Wenn - wie oben angedeutet - diese relative Information eine Maßzahl für die stochastische Abhängigkeit zwischen  $\phi_2$  und  $\phi_1$  ist, dann muß sie auch durch die Kreuzkovarianz bzw. Kreuzkorrelation zwischen  $\phi_2$  und  $\phi_1$  darzustellen sein. Um dies zu zeigen, berechnen wir

$$\begin{aligned} \text{cov}(\phi_2, \phi_1) &:= E\phi_2\phi_1 - E\phi_2 E\phi_1 \\ &= \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} ikr_{ik} - \sum_{k=0}^{\infty} kr_k \sum_{i=0}^{\infty} ir_i \\ &= p\lambda(1+\lambda) - p\lambda^2 = p\lambda \approx I(\phi_2), \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \rho(\phi_2, \phi_1) &:= \frac{\text{cov}(\phi_2, \phi_1)}{(\text{var}\phi_2 \text{ var}\phi_1)^{1/2}} \\ &= \frac{p\lambda}{(p\lambda^2)^{1/2}} = p^{1/2}. \end{aligned} \quad (10a)$$

Somit wird

$$I(\phi_2, \phi_1) = \lambda[\rho^2 + (1-\rho^2) \ln(1-\rho^2)], \quad (11)$$

speziell

$$\begin{aligned} I(\phi_2, \phi_1) = 0 &\iff \rho = 0 \iff p=0, \\ I(\phi_2, \phi_1) = \lambda &\iff \rho = 1 \iff p=1 \quad (\phi_2 \equiv \phi_1) \end{aligned}$$

Qualitativ haben wir damit das gleiche Resultat wie im Falle der Linienglättung (MEIER, im Druck) erhalten: die relative Information ist mit anderen (leichter zu berechnenden) Maßzahlen der stochastischen Abhängigkeit zwischen ursprünglicher und generalisierter Struktur beliebig austauschbar. Insbesondere bedeutet informationserhaltend zu generalisieren, die stochastische Verwandtschaft möglichst gut zu erhalten. Da beim Übergang vom Grund- zum Folgemaßstab in der Regel ausgewählt werden muß ( $p < 1$ , geringere Punktzahl), gelingt dies nur, wenn die gegenseitige, im praktischen Fall nicht notwendig poissonische Punktanzahl erhalten bleibt; denn jede Störung der Struktur würde zwangsweise die gegenseitige Abhängigkeit verändern. Dazu das folgende

*Beispiel:* Wird ein stationärer POISSON-Prozeß  $\Phi_1$  mit der Intensität  $\lambda_1 = \lambda$  ortsabhängig verdünnt mit  $p = p(x)$ , wo  $x$  einen Punkt in der Ebene bezeichnet, so ändert sich die ursprüngliche Punktanzahl. Es entsteht ein allgemeiner POISSON-Prozeß  $\Phi_2$  mit der Intensitätsfunktion  $\lambda_2 = \lambda_2(x) = p(x)\lambda$  und dem Intensitätsmaß

$$\Lambda_2(B) = \int_B \lambda_2(x) dx = \lambda \int_B p(x) dx.$$

Analog (10), (10a) wird

$$\text{cov}(\Phi_2, \Phi_1) = p(x)\lambda, \quad (\Phi_2, \Phi_1) = p(x)^{1/2}.$$

Unterstellt man das gleiche Intensitätsmaß wie bei der  $p$ -Verdünnung,

$$p \lambda F(B) = \lambda \int_B p(x) dx,$$

$$p = \frac{1}{F(B)} \int_B p(x) dx =: \overline{p(x)},$$

so hat man Teilgebiete mit  $p(x) < p$  und solche mit  $p(x) > p$ , d. h. Gebiete mit stärkerer und schwächerer Verdünnung bzw. kleinerer und größerer Kreuzkovarianz/-korrelation im Vergleich zur  $p$ -Verdünnung. Diese nichtuniforme Verwandtschaft ist kartographisch wenig sinnvoll.

## 5. Informationsverlust durch Auswahl

*"Der Begriff des Informationsgewinns ist einer der wichtigsten Begriffe der Informationstheorie; er kann sogar als der Grundbegriff betrachtet werden, aus dem alle anderen Größen ableitbar sind."*

A. RÉNYI (1962)

Gegeben seien zwei PP  $\Phi_1$  und  $\Phi_2$  mit den diskreten Verteilungen  $\{r_1\} = \{r_1^{(1)}\}$  und  $\{r_k\} = \{r_k^{(2)}\}$ , deren Glieder eineindeutig einander zugeordnet sind. Als Informationsgewinn, der dann entsteht, wenn die Verteilung von  $\Phi_1$  durch jene von  $\Phi_2$  ersetzt wird, bezeichnet man die Größe

$$I(\Phi_2 || \Phi_1) = \sum_1 r_1^{(2)} \log \frac{r_1^{(2)}}{r_1^{(1)}} \geq 0 \quad (12)$$

Sind wie bisher  $\Phi_1$  der ungeneralisierte und  $\Phi_2$  der generalisierte PP, dann wissen wir a priori, daß bei Ersetzen von  $\Phi_1$  durch  $\Phi_2$  - inhaltlich gesehen - ein Informationsverlust eintritt. Daher werden wir hier die Größe (12) auch als solchen bezeichnen. Setzt man die Verteilungen entsprechend (1a) mit Intensitäten  $\lambda, p\lambda$  in (12) ein, ergibt sich nach einer analogen Rechnung wie im Abschnitt 3

$$\begin{aligned} I(\Phi_2 || \Phi_1) &= \lambda(1-p + p \ln p) \\ &= \lambda(1-\varrho^2 + \varrho^2 \ln \varrho^2) \end{aligned} \quad (13)$$

für beliebige  $\lambda > 0$ . Aus dem Vergleich mit den Formeln (3), (4), (5), (9) ergeben sich die Beziehungen

$$\begin{aligned} I(\Phi_2 || \Phi_1) &= I(\Phi_3) - I(\Phi_3 | \Phi_1) \approx I(\Phi_3, \Phi_1), \\ I(\Phi_3 || \Phi_1) &= I(\Phi_2) - I(\Phi_2 | \Phi_1) \approx I(\Phi_2, \Phi_1), \end{aligned} \quad (14)$$

d.h. der Informationsverlust durch Auswahl kann durch die bereits bekannten Größen ausgedrückt werden (und umgekehrt), wenn aus Symmetriegründen auch der PP der nichtüberlebenden Punkte  $\Phi_3$  einbezogen wird. Offensichtlich ist für  $0 < p < 1$

$$I(\Phi_2 || \Phi_1) < I(\Phi_3) = I(\Phi_1) - I(\Phi_2) \approx (1-p)\lambda, \quad (14a)$$

d.h. der Informationsverlust durch Auswahl ist kleiner als der "direkte Verlust" von  $(1-p)\lambda$  Punkten (Entropieabnahme; vgl. Bild 1). Der größte Unterschied zwischen  $I(\Phi_3)$  und  $I(\Phi_2 || \Phi_1)$  besteht übrigens bei  $p = 1/e \approx 0,368$  (Bild 1). Dieser Wert erfordert z. B. bei einem Maßstabsverhältnis  $M_1/M_2 = 1/2$  die Auswahlstufe (vgl. (2))

$$n = \frac{2 \ln p}{\ln (M_1/M_2)} = \frac{2}{\ln 2} \approx 2,9,$$

liegt also sehr nahe dem "topographischen Normalfall"  $n = 3$ .

Ob schließlich der Informationsverlust durch Auswahl mit  $I(\Phi_3)$  oder  $I(\Phi_2 || \Phi_1)$  gemessen wird, ist unerheblich. Beide Größen lassen sich durch die Kreuzkorrelation zwischen generalisiertem und ungeneralisiertem PP darstellen, und diese zu erhalten bedeutet, informationsverlustminimierend zu generalisieren.

## 6. Schlußfolgerungen

Am Beispiel stationärer poissonischer Punktprozesse, d.h. Punktfelder mit "gleichmäßig-regelloser" Anordnung, die einer mit der kartographischen Auswahlregel konsistenten  $p$ -Verdünnung bzw. Zufallsauswahl unterworfen werden, sind verschiedene Maßzahlen der Information untersucht worden. Die Entropie des generalisierten PP ist proportional der Kreuzkovarianz zwischen generalisiertem und ungeneralisiertem PP. Die im generalisierten über den ursprünglichen PP enthaltene Information und der Informationsverlust durch Auswahl lassen sich durch die Kreuzkorrelation zwischen beiden PP ausdrücken. Dies hat folgende Konsequenzen:

- a) Es wäre abwegig, Informationsgrößen für kompliziertere PP-Modelle bzw. für die Vielfalt der in Karten vorkommenden Punktmuster zu berechnen. Anstelle der kompletten Verteilungen ist es immer einfacher, mit den Momenten, hier mit den gemischten Momenten 2. Ordnung zu rechnen bzw. die relative Information als Maßzahl der stochastischen Abhängigkeit zwischen generalisiertem und ungeneralisiertem Punktfeld durch die (anschaulicheren) Maßzahlen der Kreuzkovarianz oder Kreuzkorrelation zu ersetzen.
- b) Informationsmaximierend oder informationsverlustminimierend zu generalisieren bedeutet sowohl in der Formvereinfachung (MEIER, im Druck) als auch in der Auswahl, die stochastische Abhängigkeit bzw. die vorhandene Struktur möglichst gut zu erhalten.

Damit ist der von MEIER und KELLER (im Druck) bezüglich der (Punkt-)Auswahl skizzierte Weg auch aus informationstheoretischer Sicht abgesichert. Mehr kann die Theorie vermutlich nicht leisten; sie steckt *Bedingungen* ab, denen (rechnergestützte) Auswahlprozeduren genügen müssen. Auszuarbeiten sind solche, an die speziellen Eigenschaften der in der Regel recht vielfältigen und komplizierten kartographischen Punktmuster gebundenen Prozeduren (sog. *abhängige* Verdünnungen) wohl vorwiegend auf experimentellem Wege.

### Zusammenfassung

Am Beispiel stationärer poissonischer Punktprozesse bzw. "gleichmäßig-regellos" verteilter Punktobjekte im Grundmaßstab und einer, mit der kartographischen Auswahlregel konsistenten Auswahlprozedur für den Folgemaßstab, der sog. p-Verdünnung, wurden verschiedene Maßzahlen der Information untersucht. Sie erweisen sich als Funktionen der Kreuzkovarianz bzw. Kreuzkorrelation zwischen dem generalisierten und dem ungeneralisierten Punktfeld. Eine Auswahlprozedur wirkt am ehesten dann informationserhaltend, wenn die stochastische Verwandtschaft zwischen generalisiertem und ungeneralisiertem Punktfeld bzw. die typischen Eigenschaften des ursprünglichen Feldes ("Struktur") möglichst gut erhalten bleiben.

### L i t e r a t u r

- BOLLMANN, J.: Probleme der kartographischen Kommunikation.  
Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag 1977
- GRELL, H. (Hrsg.): Arbeiten zur Informationstheorie (Übers. a. d. russ.).  
Berlin: VEB Dt. Verlag d. Wiss., Bd. I, Berlin 1957, Bd. II, Berlin 1958
- MEIER, S.: Informationsorientierte Filterung ebener Kurven.  
In: Österr. Ztschr. f. Vermessungswesen u. Photogramm., Wien (im Druck)
- MEIER, S.; KELLER, W.: Das Töpfersche Wurzelgesetz im Lichte der Stochastischen Geometrie. Prof. FRIEDRICH TÖPFER zum 65. Geburtstag.  
In: Wiss. Ztschr. d. TU Dresden 1991 (im Druck)
- OLBERG, M.; RÁKÓCZI, F.: Informationstheorie in Meteorologie und Geophysik.  
Berlin: Akademie-Verlag 1984
- RÉNYI, A.: Wahrscheinlichkeitsrechnung mit einem Anhang über Informationstheorie.  
Berlin: VEB Dt. Verlag d. Wiss. 1962
- STOYAN, D.; MECKE, J.: Stochastische Geometrie.  
Berlin: Akademie-Verlag 1983
- TÖPFER, F.: Kartographische Generalisierung.  
Gotha/Leipzig: VEB Hermann Haack 1979

## Karten der Höhenamplitude - Eine Möglichkeit zur Morphometrischen Erfassung der Erdoberfläche

---

Andreas Popp

### 1 Einleitung

Die in topographischen Karten dargestellten absoluten Höhen kennzeichnen die Reliefformen nur unvollständig und zugunsten ihrer Darstellung tritt diejenige der Höhenunterschiede in den Hintergrund. In jedem reliefierten Gebiet sind jedoch für die meisten physisch-geographischen Erscheinungen und geomorphologischen Prozesse nicht nur Höhen über dem Meeresspiegel, sondern eben auch in besonderem Maße Höhenunterschiede für die Charakterisierung einer Landschaft von Bedeutung. Diese Überlegungen führten zur Konzeption von Karten der Reliefenergie, einem speziellen Typ morphometrischer Karten.

Im geographischen Schrifttum wird der Begriff Reliefenergie in vielfältiger Form interpretiert. Die bekanntesten allgemein formulierten Auffassungen mögen kurz in drei Gruppen angeführt werden.

Es werden darunter verstanden:

- a) Höhendifferenzen innerhalb eines bestimmten Raumes
- b) durchschnittliche Neigungswinkel einer Fläche und
- c) Energie im physikalischen Sinne.

Der hier vorliegende kurze Darstellung befaßt sich mit den der Gruppe a) zugeordneten Möglichkeiten.

### 2 Konstruktionsverfahren

#### 2.1 Feldermethode

Die ersten Überlegungen zur Erfassung der Reliefenergie hat JOSEPH M. PARTSCH bereits 1903 in seiner Landeskunde von Schlesien (Band 2, "Oberschlesien", Teil 1, S. 6) folgendermaßen formuliert: "Denken wir uns über die Scheitel der Höhen eine die Gipfel des Landes berührende Ebene ausgespannt und eine andere im Schoße des Landes so fortgeführt, daß sie nur in der Tiefe der Talsohlen die Landesoberfläche träge, dann würde der wechselnde Abstand dieser beiden Ebenen uns ein Maß bieten für den Erfolg der Kräfte, welche das Relief der einzelnen Teile des Landes ausgestaltet haben." Seine in dieser Publikation anschließend angeführten Werte der Höhenunterschiede für Oberschlesien wurden auf ca. 130 km<sup>2</sup> großen Flächen (Grundkarte 1:25.000) "als Annäherung an dieses Ziel" ermittelt. Er wich damit in der praktischen Anwendung von seiner Definition ab. Erst 1911 glied er die Begriffsdefinition seiner realisierten Wertermittlung, veröffentlicht in seinem landeskundlichen Werk (3. Auflage, 2. Band, 3. Abschnitt S. 586), wie folgt an: "Inwieweit dieses Land eben ist, das lehrt ... die nähere Betrachtung des Abstandes zwischen dem Niveau der Höhengipfel und dem der Talgründe. Man könnte diesen Wert die Reliefenergie der Landschaft nennen."

Als erste thematische Darstellung der "Reliefenergie" wird allgemein die Karte (richtiger ein Kartogramm) der "Reliefenergie Niederschlesiens" 1:100.000 von J. PARTSCH (1911) bezeichnet.

Die Erstellung hat nach folgendem Schema zu erfolgen:

- Auf einer großmaßstäbigen Ausgangskarte wird das Gelände wahlweise durch
  - ein Gitternetz in gleichgroße Quadrate (= Quadratmethode)
  - oder
  - ein Gradnetz in Anlehnung an den Kartenschnitt (z. B. einer Polyeder- oder Kegelabbildung) in annähernd gleichgroße Trapeze (= Feldermethode) geteilt.
- Die maximalen Höhenunterschiede werden aus der Differenz zwischen höchstem und niedrigstem Geländepunkt berechnet.
- Nach der Auswahl von Wertstufen wird jedes Feld mit der entsprechenden Farbe oder Rastertonwert belegt.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode liegt in der Einfachheit ihrer Anwendung. Vielfach wurde daraus voreilig abgeleitet, daß diese Darstellungsmöglichkeit gegenüber anderen Methoden eindeutig nachvollziehbar und somit frei von jeglichem subjektiven Einfluß des Bearbeiters sei. Mit Hilfe der geometrischen Gebietsgliederung wird der räumliche Vergleich durch gleich große Flächen begünstigt und der Einsatz von Verfahren der Computertechnik wesentlich erleichtert. Wo die Natur keine klaren Leitlinien für eine Anlehnung vorgibt (z. B. Moränengebiet), bieten Gitter- bzw. Gradnetz einen festen Anhalt.

Allerdings weist diese Kartogramm-Methode auch eine Reihe von Mängeln auf. Mit der rein zufälligen Anordnung der Quadrate oder Trapeze in Bezug auf den Landschaftscharakter ist leider auch verbunden, daß entweder heterogene Reliefformen in einem Feld vereinigt, oder einheitliche Formen getrennt erfaßt werden. Die Größe der Höhenspanne in einem beliebigen "Quadrat"-Feld erhöht sich umso mehr, je größer die Maschenweite gewählt wird und führt dazu, daß Einzelheiten des Reliefs verschwinden oder bei umgekehrtem Vorgang stärker wiedergegeben werden.

## 2.2 Kurvenmethode

Der nächste Versuch zur Darstellung der Reliefenergie erfolgte durch NORBERT KREBS (1922, Süddeutschland 1:1.5 Mio. ). Die Vorgangsweise war wie folgt:

- Die topographische Karte des Deutschen Reiches 1:200.000 war Arbeitsgrundlage
- Zur Berechnung wählte KREBS Quadrate mit einer Seitenlänge von 10 km ( $100 \text{ km}^2$ ), deren Funktion nur als Hilfskonstruktion zu verstehen ist.
- In jedem Quadrat müssen zumindest 4 Höhendifferenzwerte (1 Wert pro  $25 \text{ km}^2$ ) bestimmt werden, meist waren es 6, in von Unebenheiten geprägtem Gelände auch acht Werte.
- Es muß regelmäßig von den Tälern auf die benachbarten Höhen hinauf gemessen werden und als Richtwert für die maximale Entfernung zwischen morphologisch aufeinander bezogenen Punkten sollten 5 km nicht überschritten werden.
- Der Abstand zwischen den Talpunkten darf 5 km nicht überschreiten und kurze Gräben werden als Basis ausgeschlossen.
- Vom Kartenautor wird viel geographisches Einfühlungsvermögen verlangt, um eine das Gelände genügend berücksichtigende flexible Auswahl der Punkte sicherzustellen.
- Die Ausarbeitung des gesamten Raumes muß von einer Person durchgeführt werden.
- Nach Eintragung aller Differenzwerte in die Arbeitskarte und Bildung der Häufungswerte in jeder Netzmasche erfolgt die Abgrenzung von Gebieten unterschiedlicher Reliefenergiestufe mit einfachen Konturenlinien.

Der wesentlichste Vorteil dieser Darstellungsmöglichkeit gegenüber dem starren Felderkartogramm ist darin zu sehen, daß das entstehende Kurvenbild dem Gelände besser angepaßt erscheint. Womit sich die Möglichkeit ergibt die Ausstattung der Karte mit weiteren Kartenelementen (Schrift, Schummerung etc. ), zur besseren Orientierung, anzureichern.

Die weitgehend vom subjektiven Ermessen des Bearbeiters abhängige Auswahl der für die Konstruktion wesentlichen (Meß -) Höhenpunkte und deren unterschiedliche Anzahl, hat viele Autoren von einer Anwendung dieser Reliefenergie-Darstellungsmöglichkeit abgehalten.

### 2.3 Pseudoisolinien der Höhenspanne

1931 versuchte JANINA OCHOCKA auf der Grundlage von ungefähr 100 km<sup>2</sup> großen Gradnetzfeldern und den darin eingetragenen maximalen Höhenspannenwerten Isolinien für das damalige Polen zu entwerfen.

- Von je zwei Höhenpunkten (maximale und minimale Höhe) der einzelnen Felder wurden die Höhendifferenzzahlen gewonnen und mittig plaziert
- Durch Interpolation zwischen diesen flächenbezogenen relativen Höhenwerten erfolgte die Konstruktion von Pseudoisolinien.

Bedauerlicherweise wird dem Entwurf eine stetige Veränderung zugrunde gelegt, welche hier jedoch vollkommen unangebracht ist. Durch die Anordnung der Kurven wird dem Betrachter aber der Eindruck vermittelt, es würde sich hier um Wertlinien handeln. Das Ergebnis wird als anschaulich bezeichnet (WALDBAUR 1958) und dies dürfte auch der Grund für die häufige Anwendung dieser Methode gewesen sein. Eine Nutzung dieser Konstruktionsweise für die hier behandelten Karten ist als irreführend abzulehnen, geschieht dies trotzdem, so sind die konstruierten Linien auch als Pseudoisolinien zu deklarieren.

### 2.4 Methode der relativen Höhen

Diese Methode wurde 1934 von VIKTOR PASCHINGER entwickelt. Sie werden bei A. I. SPIRIDONOV (1952) und E. SCHOLZ (1976) als "Karten der Taltiefe" bezeichnet.

Die Hauptvorgaben seines Ansatzes sind:

- Die Fußpunktlinien, also das Talnetz (Gewässer) und das Netz der Kammlinien werden auf der gewählten Arbeitskarte (1:200.000) eingetragen.
- Danach werden mit Karten größeren Maßstabes die Basisendpunkte des Talnetzes festgelegt. Oftmals sind diese entweder kotiert oder durch charakteristische Namen (Eben, Moos) gekennzeichnet.
- Von möglichst vielen und charakteristischen Fußpunkten aus werden Verbindungslinien zu den "organisch" zugehörigen Scheitelpunkten in der eindeutigen Gefällsrichtung gezeichnet.
- Die der gewählten Skala entsprechenden Hangpunkte werden nun markiert und alle Punkte gleichen Wertes zu Linien der relativen Höhe verbunden.

Weitere sechs Nebenbedingungen müssen bei der konstruktiven Ausarbeitung noch berücksichtigt werden.<sup>1</sup>

PASCHINGER hat diese Methode auf einer Karte der relativen Höhen von Kärnten im Maßstab 1:400.000 mit sechs Wertstufen erfolgreich angewandt. Nach seiner Überzeugung ist bei Einhaltung der vollständigen Vorgangsregeln von den Bearbeitern einzig und allein die Festlegung der Basisenden subjektiv beeinflussbar.

<sup>1</sup>Siehe auch A. POPP: Diplomarbeit 1990, S. 32ff.

Ansonsten müßten die Schichtlinien der relativen Höhen auch von mehreren Bearbeitern, gleiche Skalenstufung vorausgesetzt, konform gezeichnet werden können. A. I. SPIRIDONOV (1952) und E. SCHOLZ (1976) regen bei ihren Beschreibungen des Arbeitsvorganges an, die Aufgliederung in einzelne Einzugsgebiete mit Karten großen Maßstabes vorzunehmen.

Ein besonderer Vorteil dieser Darstellungsmöglichkeit: Die in Karten der relativen Höhe gezeichneten Linien sind **Echte Isarithmen**, also Linien gleicher Werte eines Kontinuums. Damit hat diese Darstellung den Vorzug, daß sie für jeden einzelnen Punkt gültig ist und nicht nur den Maximalwert eines zufälligen Geländeausschnittes bezeichnet.

Von vielen Autoren wird die Exaktheit dieser Methode für stark zerschnittene Landschaften, wie Gebirge und Hochgebirgsgegenden, in denen schmale Firste, Kämme oder Kegel die Höhen bilden, besonders hervorgehoben.

Daß diese Methode nicht auf jede Landschaftsform anwendbar ist, wird als größter Nachteil empfunden. Sie versagt nicht nur bei Karstgebieten, sondern in erster Linie bei erosiv zerschnittenen Rumpfflächen, die noch breite Hochflächen besitzen. Hier würden gerade die flachsten Landschaftsteile, die hier am höchsten über der Talsohle liegen, die höchsten Reliefwerte erhalten.

## 2.5 Kreismethode

Diese Methode, die bereits 1949 von WALTER THAUER entwickelt wurde, gelangte erstmalig unabhängig voneinander von S. E. BEHRENS (1953) und von W. THAUER (1954) angewandt, zur Veröffentlichung. Als Berechnungsgrundlage dieser Darstellung wird der Kreis, die einfachste geometrische Figur, gewählt.

- Die Kreise können beliebig dicht angeordnet werden und sich dabei mehr oder weniger stark überschneiden. W. THAUER verdichtete für seine Ausarbeitung in einer amtlichen topographischen Karte 1:25.000 das Gitternetz so weit, daß der Netzlinienabstand (500 m = 2 cm) zumindestens die Hälfte des gewählten Kreisradius (1 km = 4 cm) ergab. Zum Unterschied dazu ordnete S. BEHRENS seine wesentlich kleiner gewählten Kreisflächen ( $r = 200$  m) mit der geringsten Überlappung, die zur vollständigen Flächenerfassung notwendig ist, an. Je geringer der Abstand der Kreismittelpunkte zueinander, desto genauer wird natürlich das endgültige Bild sein.
- Aus der Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt der Geländeoberfläche (Erd- oder Wasseroberfläche) innerhalb eines Kreises mit einem vorher festgelegten Radius, wird die Reliefenergie für den jeweiligen Standpunkt bestimmt.
- Der erhaltene Differenzwert wird dem Kreismittelpunkt, der auch Schnittpunkt von zwei Gitternetzlinien ist, zugeordnet.
- Mit Hilfe der ermittelten Zahlenwerte dieser Punkte werden Pseudoisolinien konstruiert. W. THAUER bezeichnete die so gewonnenen Linien fälschlicherweise als Isarithmen (1955, S. 9).

Die Vorteile der Kreismethode:

Die weitgehende Unabhängigkeit dieser Methode vom Gitternetz ist als äußerst positiv zu bewerten. Die Kreise können sich nicht nur beliebig stark überschneiden, sie können je nach Bedarf auch an wichtigen Stellen unterschiedlich eng angeordnet werden. Durch die sich überschneidende Anordnung der Bezugsflächen-Kreise wird sichergestellt, daß jeder Geländepunkt wesentlich öfter als einmal in die Ermittlung der Höhendifferenz einbezogen wird. Intensität und Anzahl dieser Überlappungen der kreisförmigen Geländeausschnitte tragen wesentlich dazu bei, den Einflußbereich eines hervorstechenden Oberflächenelementes (z. B. senkrechte Felswand) einzugrenzen.

Weiters ist das strenger vorgegebene und daher leichter von mehreren Bearbeitern mit annähernd gleichem Ergebnis nachvollziehbare Konstruktionsprinzip als Vorteil anzusehen.

Nachteile: Hochfläche und Vorland heben sich vom kräftigen Abfall des Gebirgsreliefs gleichermaßen durch schwächeres Relief ab. Einzig und allein die Eintragung des Flußnetzes kann hier zur klaren Unterscheidung beitragen. Die Kreismethode hat den nicht ausschaltbaren Nachteil, daß immer ein mehrmaliges "Mithereinnehmen" von unterschiedlich großen Flächen in die Berechnung erfolgt. Es ergeben sich damit Flächenteile, die an der Wert-Ermittlung nicht in gleichem Ausmaß beteiligt sind.

## 2.6 Äquidistanzmethode

W. THAUER hat sich um weitere Verbesserungen der Kreismethode bemüht, die schließlich in die Ausarbeitung der Äquidistanzmethode (1955) mündeten.

Bei diesem Verfahren werden auf einer Kartenfläche für die höchsten und tiefsten Punkte des vorgegebenen Geländes Bezugssysteme erstellt. Die Schnittpunkte der beiden Systeme mit dem gleichen Differenzwert werden für die Konstruktion von Isolinien genutzt.

Für die Beurteilung und zeichnerische Umsetzung sind folgende Punkte zu beachten:

Eine topographische Karte großen Maßstabes ist als Grundlage unverzichtbar (bei THAUER: 1:25.000, Äquidistanz von 10 m)

### A) Erstellung des Oberen Bezugssystems:

- Um die jeweils höchsten Gipfelpunkte werden Kreise von 1 km Radius gelegt. Diese Kreise dürfen sich höchstens berühren, womit die im Mittelpunkt liegenden Gipfel die uneingeschränkten oberen Bezugspunkte in diesem Bereich darstellen.
- Nun werden all jene niedrigeren Gipfel, die unmittelbar im Nahbereich der höchsten Bezugspunkte, also auch innerhalb deren Einflußbereiches liegen, berücksichtigt.  
Um die niedrigeren Gipfel sind nun Kreisbogen als Abgrenzung um deren Einflußsektor zu schlagen. Die Kreisflächen der benachbarten höheren Gipfel dürfen dabei nicht beansprucht werden.  
Am Ende der Zeichenphase müssen so sämtliche Gipfelpunkte bestimmt und mit Kreislinien umgeben sein.
- Im nächsten Konstruktionsschritt werden von allen Isohypsen, die höhenmäßig zwischen den Gipfelpunkten liegen, Äquidistanzlinien im Abstand von 1 km in abwärtiger Richtung in Kreislinienform eingezeichnet.

### B) Erstellung des Unteren Bezugssystems

- Sind im auszuwertenden Gelände isolierte tiefste Geländepunkte vorhanden, so ist um sie zu allererst ein voller Kreis zu schlagen.
- Bei normal zertaltem Relief werden von der tiefstgelegenen Isohypse ausgehend nach oben zu durch Kreisbögen gebildete Linien in gleichmäßigem Abstand von 1 km (Äquidistanzen) eingetragen.
- Es ist notwendig darauf zu achten, daß alle Isohypsen die bis zu 1 km außerhalb des Kartenblattes liegen mitberücksichtigt werden müssen, da ihr Einflußbereich ja bis in das zu bearbeitende Blatt hineinreicht. Das Erscheinungsbild des unteren Bezugssystems wird zumeist von unteren Kreislinien geprägt, die sich girlandenförmig um gleich hohe Punkte in benachbarten Tälern legen.
- Liegen beide Bezugssysteme übereinander vor, konzentriert man sich auf deren Schnittpunkte. Aus der Differenz der sich schneidenden Systemlinien ergibt sich der Wert der Reliefenergie im betreffenden Punkt.
- Schließlich müssen noch die wertmäßig gleichen Höhendifferenzpunkte miteinander, unter Bedachtnahme auf oberes und unteres Bezugssystem durch Linien verbunden werden.

- Vorteilhaft erweist sich die rasche Überprüfbarkeit. Mit einer durchsichtigen kreisförmigen Scheibe, die auf einen Schnittpunkt der beiden Bezugssysteme gelegt wird, ist kontrollierbar, ob der mit der Äquidistanzmethode erhaltene Differenzwert stimmt. Ist dies der Fall, so muß sich aus den unter der Kreisfläche eingeschlossenen Höhenlinien, derselbe max. Höhenunterschied ergeben. Jegliche Unabhängigkeit von Gitter- oder Gradnetz, die hohe Genauigkeit und das Auskommen ohne Interpolation beim zeichnerischen Erstellen der Konstruktionslinien sind zweifellos weitere Vorteile dieser Konstruktionsmöglichkeit.
- Die Nachteile dürfen jedoch nicht übersehen werden. Die hohe Genauigkeit ist nur erzielbar durch eine Grundkarte mit möglichst geringer Äquidistanz der Höhenlinien.  
Die dichte Anordnung der beiden Bezugssysteme ist mit einer zeitaufwendigen und zeichentechnisch außerordentlich schwierigen Ausarbeitung verbunden. An manchen Stellen treten sehr wohl Unterschiede zwischen Äquidistanz- und Kreismethode auf, wie in den Flächen um die Gipfel- und Tiefenpunkte (siehe POPP 1990, S. 54f).  
Die von W. THAUER (1955) durchgeführte Gegenüberstellung von Äquidistanz- und Kreismethode (ohne Verdichtung) hat aber deutlich gemacht, daß die Anwendung der Äquidistanzmethode auf größeren Flächen und für Endkarten in mittlerem und kleinem Maßstab nicht gerechtfertigt erscheint.

## 2.7 Mächtigkeit des Skulpturreliefs

H. LOUIS wies 1963 darauf hin, daß aus der Vereinigung von Relief-Hüllfläche und Reliefsockel in einer Abbildung an jedem beliebigen Punkt der Differenzwert und damit die sogenannte Reliefenergie gewonnen werden könnte.

### A) Untere Bezugsfläche (Sockelfläche)

- Um die Neigung des Längsprofils der Täler sichtbar und geometrisch auswertbar zu machen, wird die Oberfläche des Reliefsockels als Tangentialfläche definiert, die von unten her an die Talgründe der bedeutenderen Täler - diese dürfen eine Neigung des Talgrundes von höchstens einem halben Grad besitzen - gelegt wird.
- Von solchen maßgebenden Talgründen her denkt man sich die Sockelfläche mit 12 Grad ansteigend bis zum Zusammentreffen mit der vom benachbarten Talgrund ausgehenden Fläche.

### B) Obere Bezugsfläche (Hüllfläche)

- K. FISCHER hat auf Anregung von H. LOUIS Gestaltungsgrundsätze für die Hüllfläche des Reliefs erstellt.  
Die Hüllfläche wird aus Teilen von Kegelmänteln mit festgelegtem Index-Neigungswinkel von vier Grad zusammengesetzt, ausgehend von den Spitzen der höchsten Gipfel.
- Liegen stark abgeflachte Gipfel oder in der Höhe ausgedehnte Flachformen vor, stellt diese natürliche Oberfläche die Hüllfläche dar. Erst in den randlich steileren Bereichen wird die Hüllfläche mit dem vorher festgelegten Neigungswinkel in Form von Kegelmantelteilen fortgesetzt.
- Die aus der Kombination der streng definierten Bezugsflächen resultierenden Vertikalabstände ergeben die Reliefenergie oder genauer die Mächtigkeit des Skulpturreliefs an jedem beliebigen Punkt. Dies würde dem Sinn nach genau der Definition von PARTSCH von 1903 entsprechen.

Der Begriffsbestimmung der Reliefenergie von PARTSCH 1911 würde diese Darstellung nur nahe kommen, wenn man von den Höhen der Reliefhüllfläche (Obere Bezugsfläche) die realen Talsohlenwerte abzieht (= Einschneidungs- bzw. Aufschlitzungstiefe nach J. F. Gellert 1987, S. 116).

Der Vorteil der Darstellung der Mächtigkeit des Skulpturreliefs wird in erster Linie im Bereich spezifischer Fragestellungen der Geomorphologie, die Oberflächenentwicklung betreffend, zu finden sein.

Der Reliefssockel alleine dient der Erfassung des unterschiedlichen Zerschneidungszustandes von Gebirgen in verschiedenen Klimaregionen. Die Hüllfläche für sich ermöglicht einen allgemeinen Überblick über die Höhenanordnung der Gipfel.

Bei der Methodenauswahl sind folgende Nachteile zu berücksichtigen:

Einschränkungen für eine Anwendung sind besonders darin zu sehen, daß die konstruktive Ausführung sehr zeitaufwendig ist und das so erhaltene Ergebnis nicht für eine vielfältige Nutzung als geeignet erscheint.

Die obere Bezugsfläche (Hüllfläche) als Vorstellung einer Uraltooberfläche oberhalb des heutigen Reliefs morphohistorische Züge trägt.

Die Hüllflächen-Kegelmäntel reichen weit in das Gebirgsvor- bzw. umland hinaus und überragen das reale Relief in großer Höhe.

## 2.8 Methode der Reliefamplitude

OLGA KUDRNOVSKÁ hat sich seit ihrer Dissertation 1948 immer wieder mit den Problemen und Möglichkeiten morphometrischer Methoden beschäftigt und dabei auch einige Karten der Reliefenergie erstellt.

- Die von ihr 1968 entwickelte Methode baut ebenfalls auf einem großmaßstäbigen Kartenwerk (1:25.000) als Ausgangsmaterial auf.
- Zur Feststellung der Höhenunterschiede zwischen den Gipfel- und Fußpartien werden als Flächeneinheiten Quadrate mit Seitenlängen von 4 km verwendet.
- Die einzelnen Felder überdecken sich dadurch, daß sie immer um 1 km in Richtung der X- oder Y-Achse verschoben werden. Anders ausgedrückt, diese 4 x 4 km - Quadrate überdecken sich wie Dachziegel, jedoch 4-fach in beiden Richtungen.
- Für die Konstruktionsgrundlage ergibt sich daraus eine nahezu gleiche Anzahl an Höhendifferenzwerten wie bei Verwendung eines 1 x 1 km - Netzes.
- Nach Erarbeitung eines Quadratkartogrammes ist daraus eine "dasymetrische" Karte (Dichtekarte nach geographischer Methode) zu erstellen. Bei dieser Form der Darstellung umschließen die generalisierten Areale Felder gleicher Höhenspannenklasse, ihre Grenzen werden abgerundet und einzelne isolierte Felder werden eliminiert.

Die Vorteile sind bei den einfachen und klaren Prinzipien dieser Konstruktion zu suchen. Trotz der Anwendung großflächiger Felder wird durch die wesentlich erhöhte Anzahl der berechneten Amplituden-Werte gegenüber der Felder- und Kurvenmethode eine deutliche Verbesserung des Aussagewertes und der Genauigkeit erreicht. Ein Großteil der ausgewerteten Fläche geht in die Berechnung der Amplituden-Werte einheitlich nicht weniger als sechzehn Mal ein. Diese Methode ist besonders für die Erstellung von Karten der Höhenamplitude in mittleren Maßstäben zu empfehlen.

## 3 Wesentliche Kriterien zur Konstruktion einer Karte der Höhenamplitude

Für die Erstellung einer Karte der Höhenspanne sind folgende Punkte zu beachten:

1. Anwendungsbereich des Kartentyps
2. Grundkarten- und Endkartenmaßstab
3. Auswahl von Probeflächen

4. Methodenwahl
5. Anordnung der Felder
6. Größe der Meßfelder oder die Index-Neigungswinkel festlegen
7. Netz der Kammlinien und der Fußpunktlinien (=Talnetz) sowie deren Endpunkte festlegen
8. Erstellung des oberen und unteren Bezugssystemes bzw. von Sockel- und Hüllfläche
9. Ermittlung der Höhendifferenz-Werte
10. Wahl der Wertstufen und deren Abgrenzungsform
11. Farbgestaltung
12. Gesamtaufbau der Karte und Legende
13. Computergestützte Erstellung

Je nach Bedarf und Methode können einzelne Punkte auch übersprungen werden.

#### 4 Schlußbemerkung

Insgesamt tragen "Karten der Reliefenergie" zum besseren Verständnis des komplizierten und vielgestaltigen Oberflächenbildes der Erde bei. Die Vorzüge einer Reliefamplituden-Karte kommen in erster Linie in kleinem und mittlerem Maßstab zur Geltung. Solche Karten eignen sich nicht dafür, Auskunft über charakteristische Unterschiede des Formenschatzes zu geben (LEHMANN, H. : 1941, S. 127, Abb. 9). Um den Charakter des Reliefs zu erfassen, müßte die Reliefenergie um eine Größe ergänzt werden, die ausdrückt, auf welche Weise der Höhenunterschied überwunden wird. Neben dem Böschungswinkel und der Taldichte gehört die Reliefenergie zu den festen Grundlagen für jede Landschaftsklassifikation. Karten der Reliefamplitude sollten nur im Gefüge einer geomorphologischen Kartenserie oder in Atlanten veröffentlicht werden, andernfalls sollte die Höhendifferenz als Aussageelement in komplexanalytisch oder synthetisch gestalteten geomorphologischen Karten verstärkt Eingang finden. Karten der Reliefenergie können nur als ein Versuch unter vielen anderen verstanden werden, das ungemein komplex und vielfältig geformte Erscheinungsbild der Erdoberfläche noch genauer zu analysieren und besser verständlich zu machen.

#### 5 Literaturnachweis

##### Literatur

- [1] BEHRENS, Sven, E.: Morphometriska, morphogenetiska och tektoniska studier av de nordvästskanska, urbergsåsarna, särskilt Kullaberg. In: Meddelunden fr' an Lunds Universitets Geografiska Institution. 1953, Nr. 24. 254 S. , 10 Tafeln.
- [2] DEMEK, Jaromir / EMBLETON, C. / GELLERT, S. F. / VERSTAPPEN, H. Th. (Hrsg.): Handbuch der geomorphologischen Detailkartierung. Internat. Geograph. Union, Kommission f. Geomorphologische Forschung und Kartierung. Wien, Verlag Ferd. Hirt, deutsch-sprachige Ausgabe 1976. 463 S. ,67 Abb. , 36 Photos, 3 Karten-Beilagen.
- [3] GELLERT, Johannes F. : Theoretische Bemerkungen zur Morphometrie der Aufschlitzung der Erdkruste und der Mächtigkeit der Skulptursphäre. In: Zeitschrift für Geomorphologie, N. F. , Bd. 31, März 1987, Heft 1. S. 109 - 117.
- [4] GUTERSOHN, Heinrich: Relief und Flußdichte. Inaugural Diss. , Phil. Fakultät II d. Univ. Zürich, 1932. 91 S. , 7 Abb. , 17 Tab.

- [5] KREBS, Norbert: Eine Karte der Reliefenergie Süddeutschlands. In: Petermann's Geographische Mitteilungen, 68, 1922. S. 49 - 53 mit 1 Karte.
- [6] KREBS, Norbert: Süddeutschland Teil I. Leipzig-Berlin, B. G. Teubner, 1923. 146 S. 15 Karten mit Text.
- [7] KREBS, Norbert: Die Ostalpen und das heutige Österreich. Bd. I., Stuttgart, J. Engelhorn's Nachf., 1928. Neudruck Darmstadt 1961.
- [8] KUDRNOVSKÁ, Olga: Výšková členitost a střední sklon krajiny v Čechách (Die relativen Höhen und die mittlere Böschung der Landschaft in Böhmen). In: Acta Universitatis Carolinae, Geographica Nr. 1, Prag, Karls-Universität, 1969. S. 31 - 49.
- [9] KUDRNOVSKÁ, Olga: Morfometrické Metody a Jejich Aplikace při Fyzickogeografické Regionalizaci (Morphometrische Methoden und ihre Anwendung bei der physisch-geographischen Raumgliederung). In: Studia Geographica Nr. 45, Československa Akad. Věd, Geografický Ústav Brno, 1975. 182 S., 30 Abb., 4 Karten und 15 Tab. im Anhang und 3 Kartenbeilagen.
- [10] LEHMANN, Herbert: Aufgaben und Methoden morphographischer Karten. In: Jahrbuch der Kartographie 1941. S. 109 - 133 mit Beilage III: Karte 1:1 Mio.
- [11] LOUIS, Herbert: Über Sockelfläche und Hüllfläche des Reliefs. In: Zeitschrift für Geomorphologie, N. F., Bd. 7, 1963. S. 355 - 366 und eine Karte von K. Fischer.
- [12] NEUENSCHWANDER, Gustav: Morphometrische Begriffe. Diss. an der Phil. Fak. II der Univ. Zürich, 1944. 136 S.
- [13] PARTSCH, Joseph M.: Schlesien (Landeskunde) II. Teil, Breslau, 1903.
- [14] PASCHINGER, Viktor: Die relativen Höhen von Kärnten mit Karte. In: Petermann's Geographische Mitteilungen, 80, 1934. S. 331 - 333 und S. 367 - 368.
- [15] POPP, Andreas: Methodische Grundlagen zur Erstellung einer Karte der Höhenamplitude im Maßstab 1:500.000. Diplomarbeit am Inst. für Geographie der Univ. Wien, 1990. 261 S., 76 Abb., 11 Tab.
- [16] SCHLÄPFER, Albert: Die Berechnung der Reliefenergie und ihre Bedeutung als graphische Darstellung. Diss. an der Phil. Fak. II der Univ. Zürich, 1938. 57 S.
- [17] SPIRIDONOV, Aleksej: Geomorphologische Kartographie. Berlin, VEB Dts. Verlag d. Wissenschaften, 1956. 160 S. 27 Abb., 3 Tab.
- [18] SPIRIDONOV, Aleksej: Geomorfologičeskoe kartirovanie. Moskva, 1975.
- [19] THAUER, Walter: Morphologische Studien im Frankenwald und Frankenvorwald. In: Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft, Band 1, Erlangen, 1954. S. 1 - 244, 3 Tafeln.
- [20] THAUER, Walter: Neue Methoden der Berechnung und Darstellung der Reliefenergie. In: Petermann's Geographische Mitteilungen 99, 1955. S. 8 - 13, mit 2 Karten und 6 Abb., Tafel 1 - 3.
- [21] WALDBAUER, Harry: Die Reliefenergie in der morphographischen Karte. In: Petermann's Geographische Mitteilungen 96, 1952. S. 156 - 167, mit 1 Abb. im Text und 1 Signaturentafel.
- [22] WALDBAUER, Harry: Zur Karte "Landformen im mittleren Europa" 1:2.000.000. In: Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Deutschen Institutes für Länderkunde. N. F. 15/16, Leipzig, VEB O. Harrasowitz, 1958. S. 133 - 177, 1 Karte.
- [23] WITT, Werner: Lexikon der Kartographie. Band B der Enzyklopädie der Kartographie. Wien, F. Deuticke Verlag, 1979. E. Arnberger (Hrsg.). 714 S.

## Kartengestaltung als Lehrfach und seine Stellung im Dresdner akademischen Ausbildungsmodell

---

Werner Stams

(mit 3 Farbbeilagen im Anhang)

*Wissenschaft und Technik schaffen ideale Grundlagen für die Karte. Doch erst die Kunst der Darstellung gestaltet das lebendige Bild unseres Heimatbodens.*

E. IMHOF, 1939

*Für die Ausbildung wirkte sich der ... Aufbau einer eigenen kartographisch-technischen Einrichtung sehr fruchtbar aus. Sie bildet die Basis für vielfältige Versuche zur Gestaltung der ständig an Bedeutung gewinnenden thematischen Karten.*

W. PILLEWIZER, 1970

### 1. Gestalt und Gestaltung - im allgemeinen und im kartographischen Sinne

Kartographische Darstellungen als graphische Zeichenmodelle der geographischen Wirklichkeit lassen sich im Sinne der Erkenntnistheorie als hochkomplexe *Gestalten* auffassen. Sie können - wie alle Gestalten - in unterschiedlichem Material und in unterschiedlicher Weise realisiert werden; hinsichtlich des Inhalts und der wesentlichen Aussage bleiben sie identisch, selbst wenn sich alle Elemente, aus denen sie bestehen, ändern. Die Wahrnehmung einer Gestalt und damit auch einer kartographischen Darstellung ist zunächst ein ganzheitlicher Vorgang.<sup>1)</sup> Neben der spontanen ganzheitlichen Wahrnehmung können darüber hinaus unbegrenzt Einzelheiten im Sinne von Informationen wahrgenommen werden. Das Ganze bietet dann insofern mehr als die Summe seiner Teile, als es einen größeren Informationsgehalt als die Summe der Informationsgehalte der Einzelelemente besitzt; in der Kartographie meist als indirekte Informationen, wie sie sich beispielsweise aus Nachbarschaftsbeziehungen von Kartenzeichen ergeben, bezeichnet. Die kartographische Darstellung als Ganzheit ist somit nicht nur eine Menge von Elementen, sondern besitzt darüber hinaus eine Struktur. Dieselbe Struktur, etwa in Form eines realen Geländeausschnittes, kann graphisch (und in anderer Weise, z. B. digital) ganz unterschiedlich abgebildet werden. Genererell baut sich die Gesamtstruktur - auch bei kartographischen Darstellungen - aus Elementen auf, die als Wahrnehmungseinheiten wiederum Gestalten sind. In diesem Sinne sind Buchstaben, Ziffern und Kartenzeichen (graphische) Zeichengestalten. Mit dieser Seite der Gestalterkennung befaßt sich die Semiotik, ein Erkenntnisfeld, das hier außerhalb der Betrachtung bleibt.

Unter *Gestaltung* ist die ästhetisch qualifizierte Formung eines Inhalts zu verstehen. Gestaltung schließt damit stets auch die Formierung der graphischen Aussage nach den Gesetzen der Schönheit ein. Gestaltung ist zugleich "eine wesentliche Art des schöpferischen, aktiven Eingreifens der Menschen in die Realität, eine produktive Betätigung seiner Wesenskräfte zur Aneignung der Welt" (Lex. d. Kunst, 2. Aufl. 1989, Bd. 2, S. 723) - Worte, die nicht von einem Kartographen stammen, aber voll auf kartographische Darstellungen zutreffen. Die Gestaltung wird unter Nutzung von Gestaltungsmitteln vorgenommen: im kartographischen Sinne etwa die Kartenzeichen, die graphischen Variablen und insgesamt die Mittel des graphischen Systems. Die entstehende *Gestaltungsform* stellt gegenüber der Summe der eingesetzten Gestaltungsmittel eine neue Qualität dar. Nach dieser Auffassung soll "mit Hilfe der Gestaltung direkt auch der Gebrauchswert gesteigert werden" (a. a. O.). Auch kartographische Darstellungen sind so zu gestalten, daß sich der Inhalt dem Nutzer leicht erschließt. In diesem Sinne geht Gestaltung über die (nachträgliche, gewissermaßen industrielle) Formgebung eines konstruierten technischen Gegenstandes mit nützlicher Funktion deutlich hinaus. Es sei denn, man sieht in dem anders strukturierten topographischen und thematischen Ausgangsmaterial das (nur) graphisch auszugestaltende Basiserzeugnis. In jedem Fall aber schließt Gestaltung als graphische Formgebung auch *Komposition* ein, ein Vorgang oder Prozeß, der das allgemeine Zusammenfügen der Inhaltselemente zu einem Bildgefüge im Verhältnis von Struktur und Gestaltgefüge umfaßt. Auch die Karten(blatt)komposition stützt sich auf die

Gesetzmäßigkeiten der (Karten)bildanalyse, der Erkenntnis, Wertung und Gestaltung der realen Welt in ihrer Abbildung mit graphischen Mitteln, bei kartographischen Darstellungen in maßgebundenem grundrißlichem Aspekt. Grundregeln der Komposition von Zeichen und Mustern und ihrer Zusammenfügung zu Ganzheiten gibt es - nach Auffassung namhafter Philosophen - in allen natürlichen und künstlichen Sprachen, mithin auch in der Kartographie. In diesem Sinne ist Komposition ein wesentlicher Teil des schöpferischen Gestaltungsprozesses und dessen Resultat; die Komposition auch einer kartographischen Darstellung manifestiert sich dann als hervortretende Eigenschaft des Geschaffenen.<sup>2)</sup>

Aus Analogien der Anwendung von Begriffen wie Gestalt, Gestaltung, Komposition und Ganzheit in philosophischer Sicht und in anderen Sachbereichen, etwa Architektur und Graphik, sind für die Kartengestaltung Anregungen und übertragbare Erkenntnisse zu gewinnen, weil in diesen Bereichen eine wesentlich breitere und zeitlich weiter zurückreichende, auf Erkenntnis gerichtete wissenschaftliche Beschäftigung mit diesen Fragen zu verzeichnen ist, aber auch weil ihre Ergebnisse, etwa in Form von Architekturdarstellungen, Graphikblättern und Bildern das Zeitempfinden in hohem Grad prägen und - wie ein Blick auf die Geschichte der kartographischen Darstellungen lehrt - Landkarten stets auch dem Empfinden ihrer Zeit, dem Zeitgeist, verhaftet sind. Da sich gegenwärtig überdeutlich abzeichnet, daß durch weitere Spezialisierung und Differenzierung der Wissenschaften und des wissenschaftlichen Arbeitens seit geraumer Zeit (HOFMANN, 1971) Erkenntnisfortschritt nicht mehr allein erreicht werden kann, vielmehr interdisziplinäre Zusammenarbeit und Wissenschaftsintegration mindestens gleichbedeutend sind, sollte sich auch die kartographische Forschung den Auffassungen anderer Fach- und Sachbereiche gegenüber aufgeschlossen verhalten.

## 2. Stellung der Kartengestaltung im Kartenherstellungsprozeß

Die Bearbeitung einer kartographischen Darstellung vollzieht sich von der ersten Vorstellung bis zur Fertigstellung in einem meist arbeitsteiligen Fertigungsprozeß, bei dem feststehende Arbeitsschritte, technologisch bedingt, in bestimmter Weise aufeinander folgen müssen. Unterschiedliche Herstellungstechnologien modifizieren den Prozeß; es können einzelne Arbeitsschritte entfallen bzw. auch spezifische hinzukommen. Tafel 1 stellt in einem Grundmodell die Herstellungsphasen der kartographischen Modellierung vor: In einer ersten *konzeptionellen Phase*, verschiedentlich auch als Kartenprojektierung bezeichnet, müssen aus der Analyse des Kartengegenstandes und der Zweckbestimmung heraus prinzipielle Entscheidungen über Darstellungs- und Ausdrucksform getroffen, Kartentitel und verbale Legende festgelegt werden - Entscheidungen, die nicht ohne kartographisches Wissen aber auch nicht ohne hinreichende Sachkenntnis zum Darstellungsgegenstand getroffen werden können. In der zweiten Phase, die im weiteren Sinne die Arbeitsschritte der *Kartenredaktion* umfaßt, muß in Übereinstimmung mit den Festlegungen zum Karten- und Wertmaßstab die graphische Umsetzung des festgelegten Karteninhalts erfolgen. In Kongruenz zur realen sachlichen und räumlichen Strukturierung des Karteninhalts und der dazu getroffenen Entscheidungen zur zu wählenden Abbildungsform der (geographischen) Wirklichkeit müssen für die einzelnen Kartenelemente und/oder Darstellungsschichten die Kartenzeichen entworfen bzw. geeignete kartographische Gefüge festgelegt werden. Anzustreben ist dabei eine - allerdings noch nicht in allen Fällen auf schlüssige Kriterien gegründete - Optimierung des graphischen Ausdrucks. Er muß sich in einem die Zeichenmaße, Muster, Tonwerte und Farbtöne festlegenden Zeichenschlüssel manifestieren. Dieser Prozeß der graphischen Umsetzung eines fixierten Karteninhalts fordert kreatives, auf graphischem Können und Sachwissen sowie auf Erfahrung beruhendes Engagement, das zu einem wesentlichen Teil über den (Gebrauchs-)Wert des kartographischen Erzeugnisses entscheidet (GAEBLER, 1987). Des weiteren gehören zur Phase der Kartengestaltung alle Maßnahmen zur graphischen Formierung des Kartenblattes, also Anordnung und Ausführung von Kartentitel, Rahmen, Zeichenerklärung, Maßstabsangaben, Impressum und gegebenenfalls weitere Ausstattungs- und Ergänzungelemente. Die Ausführung des *Kartenentwurfs* in einer für die anschließende Reproduktion geeigneten Form bildet dann eine weitere, in gewissem Sinne selbständige und demzufolge von anderer Hand ausführbare Herstellungsphase, der sich die *Kartenoriginalherstellung* als vierte und der *Kartendruck* als fünfte Phase anschließen. Kartengestaltung ist in diesem Sinne demnach mehr als nur - womöglich nachträgliche - Formgebung; sie ist vielmehr der eigentliche Schöpfungsakt einer Karte überhaupt und bei anspruchsvollen Karten immer eine wissenschaftliche Leistung. Ge-

gestaltung schließt in diesem Sinne das Gestaltwerden des sachstrukturierten Ausgangsmaterials in eine spezifische (karto)graphische Form ein.<sup>3)</sup>

Diese zunächst auf die traditionelle manuelle Kartenherstellung zutreffenden Prozeßschritte bleiben im wesentlichen auch bei teilweise rechnergestützter Herstellung bzw. Einbeziehung der graphischen Datenverarbeitung in den Kartenherstellungsprozeß erhalten. Programme und Programmsysteme bieten dann ein weitgefächertes graphisches Feld mit unterschiedlichen Freiheitsgraden der Gestaltung. Die sichere Wahl der geeigneten optimalen graphischen Form setzt die volle Kenntnis und das Beherrschen der graphischen Ausdrucksmöglichkeiten und ihrer zweckentsprechenden Zuordnung zu den Sachinhalten im Sinne der graphischen Optimierung als einzubringendes Fachwissen voraus. Das schließt nicht aus, daß kartographische Routinearbeiten dann auch ohne Mitwirkung eines Kartographen durch die jeweils zuständigen Sach- und Fachbereiche gelöst werden können, ein Vorgehen, das an Breite und Tiefe zunimmt und weiter zunehmen wird, je vollkommener die Programme werden.

### 3. Die Methodenlehre an der TU Dresden in den 60er Jahren

An der traditionsreichen Ausbildungsstätte von Diplomingenieuren der Geodäsie an der Technischen Hochschule Dresden wurde Anfang der 50er Jahre unter Leitung von H. PESCHEL (1909-1989) ein neuer "Studienplan für die Fachrichtung Vermessungswesen erarbeitet und am 2. Dez. 1952 bestätigt. Die dazugehörigen Vorlesungsprogramme erschienen 1953.<sup>4)</sup> Der sich abzeichnende Bedarf an Kartographen mit Hochschulabschluß für eine leitende Tätigkeit bei der anlaufenden Neuherstellung topographischer Kartenwerke mit einer Topographischen Karte 1 : 10 000 als Grundmaßstab führte dazu, einen eigenen *Studiengang Kartographie* vorzusehen. Ein erster Studienplan wurde am 1. Sept. 1955 bestätigt und veröffentlicht (PILLEWIZER, 1970).<sup>5)</sup> Er sah ein gemeinsames Grundstudium mit der Fachrichtung Geodäsie vor, so daß eigenständige kartographische Lehrveranstaltungen für die ersten für Kartographie immatrikulierten Studenten 1957 notwendig wurden. Der Lehrplan wies unter insgesamt 18 Fächern zum Fachstudium Kartographie Lehrveranstaltungen "Grundsätze der Kartenbearbeitung", "Spezielles Kartenzeichnen", "Kartenästhetik" sowie "Kartenzeichnen, Kartenschrift" aus. Im Jahre 1957 wurde auf Antrag der TU Dresden ein Lehrstuhl für Kartographie eingerichtet. E. LEHMANN lehnte die Umberufung von der Universität Leipzig an die TH Dresden wegen der stark topographischen und geodätischen Ausrichtung des Kartographie-Lehrplans ab. Andere Fachkräfte aus dem eigenen Land mit hinreichender Erfahrung und Qualifizierung standen für die Hochschullehre nicht zur Verfügung. Die Leitung der Vermessungsabteilung stellte daraufhin einen Antrag auf eine sowjetische Gastprofessur. Dem Ruf nach Dresden folgte der damalige Dekan der Fakultät Kartographie der Spezialhochschule MIGAIK, Prof. N. M. WOLKOW. Im Wintersemester 1957 wurde die Lehrveranstaltung "Kartenkunde" gehalten, im Frühjahrssemester 1958 folgten "Entwurf und Redaktion von Karten".<sup>6)</sup>

Die nach der Übersetzung in deutscher Sprache vorgetragene Lehrveranstaltung zu "Entwurf und Redaktion" brachte gleich in der ersten Lektion zum Ausdruck: "Ihrem Inhalt nach sind diese Vorlesungen die wichtigsten in der Ausbildung der Diplomingenieure für Kartographie." Speziell zu *Kartengestaltung* vermerkte WOLKOW: "...unter der Kartenausgestaltung werden nicht nur die technischen Arbeitsgänge wie Zeichnen, Gravieren, Montieren (Aufkleben) oder das Eindrucken der Beschriftungen verstanden, sondern auch die künstlerische Ausgestaltung der Karten. ... Gegenwärtig haben sich die Fragen der künstlerischen Ausgestaltung zu einer selbständigen kartographischen Disziplin entwickelt, die von den Kartographen studiert werden muß".<sup>7)</sup> Zur gleichen Zeit erfolgten Planung und Aufbau einer *kartographisch-technischen Einrichtung* für die neue Fachrichtung, die im Februar 1959 in Betrieb genommen werden konnte (STAMS, 1970). Damit waren neben den stärker die Theorie vermittelnden Vorlesungen auch praktische Übungen möglich, die den Studenten das selbständige Arbeiten in allen Phasen der Kartenherstellung erlaubten, wie dies u. a. IMHOF immer wieder gefordert hat. Im Frühjahr 1958 nahm W. PILLEWIZER, zum 1. April zum ordentlichen Professor für Kartographie an die TH Dresden berufen, seine Tätigkeit auf; wenige Monate später war die Gründung des Instituts für Kartographie vollzogen. PILLEWIZER begann seine Lehrtätigkeit mit neuen Lehrveranstaltungen, so "Kartographische Erschließung", "Thematische Kartographie I und II", "Planung und Technologie kartographischer Arbeiten" und im Wintersemester 1960 "Kartenausgestaltung"<sup>8)</sup>. Das damals noch kleine Lehrkollektiv führ-

te bereits 1960 eine Arbeitstagung für Praktiker unter dem Thema "Kartenredaktion und Kartengestaltung" durch, über die H. FINGER auf dem 3. Arbeitskurs Niederdollendorf berichtete. Das dürfte der früheste Beleg für die an der Dresdner Ausbildungsstätte bereits eingeführte Benutzung des Terminus Kartengestaltung<sup>9)</sup> sein.

Auf den gewonnenen Erfahrungen fußend, war der Studienplan von 1955 für das einzu-führende Fünfjahresstudium überarbeitet worden.<sup>10)</sup> Unter den 17 Lehrveranstaltungen für die Fachrichtung Kartographie ist die "Kartengestaltung" für das 4. und 5. Semester im Umfang von 7 Stunden ausgewiesen. Diese Lehrveranstaltung wurde für die 1961 immatrikulierten Studenten demnach erstmals 1963/64 notwendig und dem Autor, der im Juni 1963 seine Tätigkeit am Institut aufgenommen hatte, übertragen. Damit war im Dresdner Ausbildungsprofil das Lehrgebiet Kartengestaltung zum festen Bestandteil mit klar umrissener Stellung im *Kartenherstellungsprozeß* geworden.<sup>11)</sup>

Über das Direktstudium hinaus wurden wesentliche Teile des neuen Lehrprofils auch an Praktiker vermittelt. Das Institut führte im Herbst 1963 und im Frühjahr 1964 "Kartographiekurse für Geographen" durch, bei denen die Kartenreproduktionstechnik und Fragen der Kartengestaltung, wie Methoden der graphischen Gestaltung thematischer, insbesondere Planungskarten, Verfahren der Schriftherstellung, Reliefdarstellung, im Mittelpunkt standen (STAMS, 1964). Ein weiterer Kurs "Kartentechnik und Kartengestaltung" für Praktiker aus Betrieben und Dienststellen folgte 1967. Auf der Veranstaltung der Sektion Geodäsie und Kartographie zu "10 Jahre Kartographie an der TU Dresden" im Dezember 1969 wurden die Ergebnisse in der Ausbildung und Forschung gewürdigt und von Absolventen der Fachrichtung Arbeitsergebnisse aus der Praxis vorgestellt (Zehn Jahre Kartographie, 1970). Der Beitrag von V. GAEBLER "Der Titel von Textkarten - Betrachtungen zu Formulierung und Gestaltung" brachte dabei eine wesentliche Anregung zum weiteren Ausbau der Kartengestaltungslehre, indem hier wohl zum ersten Mal dafür der Begriff *Kartenkomposition* benutzt und bald danach in die Lehre übernommen wurde.<sup>12)</sup> Im überarbeiteten Studienplan von 1968 umfaßt das Programm des Fachstudienplanes Kartographie bei weitgehender Beibehaltung des gemeinsamen Grundstudiums mit den Geodäten 23 Lehrveranstaltungen, darunter Kartengestaltung im Umfang von 3 Vorlesungs- und 8 Übungsstunden (PILLEWIZER, 1976).<sup>13)</sup> Die selbständige Anwendung der in der Gestaltungs- und Kompositionslehre vermittelten Grundkenntnisse konzentrierte sich auch weiterhin auf komplexe Übungen und den "Großen Beleg".

#### 4. Der Ausbau der Kartengestaltungslehre seit den 70er Jahren

In der Kartographieausbildung stehen die Lehrfächer als mehr oder weniger in sich geschlossene Lehrveranstaltungen im Studienprozeß neben- und nacheinander. Die Lehrveranstaltung Kartengestaltung legt den Grund für die Anwendung des graphischen Systems zur Formierung des Karteninhalts und des Kartenblattes einschließlich aller graphischen und verbalen Ausstattungselemente. Die Kartengestaltung tangiert im allgemeingültigen Bereich teilweise Kartenredaktion und theoretische Kartographie. Sie wird vertieft und auf spezielle Bereiche angewandt in der thematischen und chorographischen Kartographie. In einer fachübergreifenden Komplexübung wird die Anwendung der graphischen Kenntnisse und Fertigkeiten verlangt. Sie umfaßt die Aufbereitung des Ausgangsmaterials, Gestaltung und Entwurf sowie die Herausgabearbeiten und schließt in der Regel mit einem Andruck in der institutseigenen technischen Einrichtung ab. Ihm folgt eine kollektive Einschätzung und Wertung (vgl. Beilagen 4 und 5).<sup>14)</sup> Der Komplexübung gehen kleinere Gestaltungsaufgaben in Teilbereichen der Kartengestaltung wie Entwurf von Kartenzeichen, Aufstellung und Ausföhrung von Helldunkelskalen und Flächenmustern, ferner Entwurf, Gestaltung und Reinzeichnung einer ein- oder zweifarbigen Textkarte, außerdem Übungen zur Kartenschrift und zur Farbanwendung für Flächenkartogramme, Flächenmosaike und Diagramme sowie zur Reliefdarstellung voraus.

Die traditionellen Abschnitte der Methodenlehre mit systematischer Behandlung der zehn kartographischen Darstellungsmethoden (PILLEWIZER, 1964; 1974) wurden Schritt um Schritt durch neue Lehrkomplexe erweitert:

a) Eine in sich geschlossene Darlegung erfahren die graphischen Darstellungen, insbesondere die *Diagramme*, deren Bauregeln erläutert werden zum Einsatz als lokalisierte Diagrammsignaturen, als flächenbezogene Bauelemente für Kartodiagramme oder auch als die Kartendarstellung ergänzende Ausstattungselemente. Die Erfahrung zeigt, daß hierzu

bei den Studenten kaum Vorkenntnisse vorliegen, so daß - ausgehend von Aufbau und Gestaltung von Tabellen - die Wahl optimaler Diagrammstrukturen für reale Sachverhalte ein so weites Feld ist, das mit der zur Verfügung stehenden Zeit kaum eine für praktische Erfordernisse ausreichende Fertigkeit erlangt werden kann. In später folgenden praktischen Aufgaben kommen immer wieder ernste Verstöße gegen grundlegende Bauregeln bei der Strukturierung und Skalierung von Diagrammen vor, oder es werden für den Sachverhalt und Zweck nur wenig geeignete, teils auch ungeeignete Lösungen angeboten. Hier ist unbedingt der Jahrzehntealten Forderung von BERTIN zuzustimmen, daß die Grundlagen einer allgemeinen Graphiklehre für alle Arten wert- oder maßgebender Graphik heute nahezu für alle Bereiche wissenschaftlich-praktischer Tätigkeit unerlässlich sind und somit ein systematisch zu behandelnder Stoff allgemeinbildender Schulen sein sollten.

b) Eine gesonderte Behandlung der Reliefdarstellung erwies sich frühzeitig als zweckmäßig. Da sie auf dem in Geologie und Geomorphologie gebotenen Grundwissen der Reliefformen und den in Topographie und topographischer Kartographie vermittelten Kenntnissen und Übungen zur Reliefdarstellung in topographischen Karten mittels Höhenlinien aufbauen muß, wurde sie meist an den Schluß der Lehrkomplexe zur Kartengestaltung gestellt. Für das Studium existiert eine reiche Literatur (vgl. IMHOF, 1965); unerlässlich sind aber die eigenen Übungen.

Zu den klassischen Methoden der Schraffendarstellung blieb die Vermittlung gewisser Grundfertigkeiten im Programm; ausführlicher werden Verfahren der manuellen Reliefschummerung vorgestellt, die Übungen zeitigten jedoch nur selten herausgabereife Leistungen. Die Behandlung der photomechanischen Schummerung einschließlich der dazu notwendigen Herstellung der Gipsmodelle, zu der in den Anfangsjahren Übungen durchgeführt wurden, reduzierte sich auf die Stoffvermittlung. Für Übungen zur rechnergestützten Schummerung fehlten lange Zeit die technischen Voraussetzungen. R. BÖHM war der erste unserer Absolventen, der hierzu 1988 ein Muster bearbeitet hat. Mit der Herstellung von Musterausschnitten chorographischer Karten lassen sich praktische Übungen zur Gestaltung von Skalen für Höhenschichtenkarten verbinden. Auch Alternativen zur traditionellen Höhenschichtenkarte durch Einbeziehung der Flächen- bzw. Bodennutzung in Relief- und Landschaftskarten sowie die Bearbeitung von Satellitenbildkarten verlangen neue gestalterische Lösungen. Im Lauf der Jahre entstanden hier in Übungsarbeiten einige erfolgverheißende Kartenmuster (vgl. Beilage 6), zu deren praktischer Umsetzung sich bisher keine Möglichkeit ergab.<sup>15)</sup>

c) Der Lehrabschnitt *Farbe als Gestaltungsmittel* kann nur in der physikalischen Farblehre auf Grundkenntnissen aus der Physik-Lehrveranstaltung aufbauen, während Anwendungen, etwa aus dem Bereich von außerschulischen Mal- und Zeichenzirkeln die Ausnahme blieben. An der TU Dresden wird im Architekturstudium im Rahmen der graphischen Grundlagen ebenfalls eine Gestaltungslehre geboten, die farbiges Gestalten einschließt, und jetzt nach Lockerung der studienplangebundenen Pflichtlehrveranstaltungen auch die Kartographieausbildung bereichern kann.

Bei der *kartographischen Farblehre* geht es zunächst um die Vermittlung der Gesetze der Farbordnung und der Farbmeterik, sodann um Grundkenntnisse zu den speziellen Anforderungen der Kartographie an Strich- und Flächenfarben. Das leitet über zu den reproduktionstechnischen Wegen der Umsetzung farbiger Vorlagen und Originale. Vor- und Nachteile sowie der Aufwand zur Herstellung von herausgabereifen farbvereinten Originalen werden in der Gegenüberstellung zur traditionellen Farbdeckerherstellung aufgezeigt, wobei wiederum der Kartendruck mit spezifisch kartographischen Farbskalen mit echten Strichfarben (6-, 8- und 10farbiger Buntdruck) und die Kartenherstellung im genormten Vierfarbendruck erläutert und in der genannten Komplexübung praxisnah ausgeführt werden. Hauptarbeitsfeld der farbigen Gestaltung bleibt der zweck- und sachgerechte Einsatz von Farben zur Erweiterung der Aussagefähigkeit von mehrschichtigen Karten sowie die Farbanwendung für Sachdifferenzierungen, für Wertdifferenzierungen und für Zeitstufenfolgen.

d) Nach Ausweitung verlangte als weiteres Kapitel die *Schriftgestaltung und Schriftbearbeitung*. Die nahezu ausschließliche Verwendung von Satzschriften führte zu einem Verlust an ästhetischem Empfinden für gute und kartographisch geeignete Schriften überhaupt. Besonderer Wert wird deshalb schon in der Einführungslehrveranstaltung zu den kartentechnischen Grundverfahren auf Übungen zu den klassischen Kartenschriften

gelegt. G. MOKRONOWSKI, der seine Facharbeiterausbildung bei WAGNER & DEBES in Leipzig absolvierte, schuf dazu Lehrmaterial und betreute über viele Jahre die Übungen (s. ZIESING u. a., 1989). Im Rahmen der Lehrveranstaltung Kartengestaltung wurde dann angestrebt, Grundlagen der typographischen Gestaltung zu vermitteln und dabei satz-technische Grundbegriffe einschließlich des typographischen Maßsystems als Basis für die Kartenbeschriftung zu vermitteln. Auf diesem Sektor gelang relativ früh die Einführung einer praxisnahen Schriftherstellung im Ausbildungsprogramm, indem bereits 1985 ein PC angeschafft werden konnte, der es den Studenten gestattete, für ihre zum Druck zu führenden Übungsarbeiten die gesamte Kartenschrift auf Diskette zu erfassen und dabei mit Steuerbefehlen zu versehen, die es ermöglichten, in einem Dresdner graphischen Betrieb die Filmbelichtung mit allen gebräuchlichen Satzschriften, eingeschränkt auch plazierte (z. B. bei Legendentexten), ausführen zu lassen. Die gelieferten Filme konnten dann direkt zur Schriftmontage genutzt, oder – wenn die nach Katalog gesetzten Schriften sich hinsichtlich Größe nicht als optimal erwiesen – mit der Reprokamera vergrößert oder verkleinert werden. Die Regeln der Schrifthanordnung sind – im wesentlichen nach IMHOF (1962c) – relativ einfach vorzutragen, Schwierigkeiten bereitet ihre richtige Anwendung; hier reichen die wenigen Komplexübungen nicht zum Erreichen einer Perfektion aus, die zur Beurteilung ausgeführter Schriftplatzierungen im Redaktionsprozeß auch für Diplomingenieure unerlässlich sind. Probleme bereitet auch die von vielen Bedingungen abhängige ökonomische Optimierung der Schriftherstellung.

e) Eine vertiefte Behandlung verlangt die Darstellung von räumlichen und zeitlichen Veränderungen im Kartenbild. Auch wenn zur Dynamik- und Bewegungsdarstellung im Prinzip nur die allgemeinen Darstellungsmethoden zur Verfügung stehen, erfordert die spezifische Sinnggebung an und für sich statischer Abbildungen zur Auffassung als Bewegung und Veränderung der dargestellten Sachverhalte und Erscheinungen besondere Überlegungen der graphischen Umsetzung, die eine vergleichende Behandlung durch Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen der prinzipiellen Möglichkeiten nahelegen. Neben der Anwendung des Pfeiles in seiner vielfältigen Abwandlung kommen in Betracht: Kartengegenüberstellung, Mehrphasendarstellung, Differenzmethode, Diagramme mit Zeitachse sowie der Kartenfilm (STAMS, 1973; vgl. auch BÄR, 1976).

f) Die graphische Gestaltung des Kartenblattes insgesamt erfordert Überlegungen, die in Analogie zu verwandten Gestaltungsbereichen Ansätze für eine Lehre der Kartenkomposition ergeben, ein Kapitel, das bis heute noch nicht als geschlossenes Lehrgebiet ausgearbeitet ist. Neben den aus der Kompositionslehre des künstlerischen Schaffens zu übernehmenden Grundregeln der Formierung und Aufteilung des Kartenblattes bedingen auch hier kartographische Darstellungen mit ihrem maßgebundenen Kartenbild und den meist nicht beeinflussbaren Formaten und den notwendigen Erläuterungen und Nebendarstellungen spezifische Regeln, die nur teilweise als Lehrstoff vermittelt werden können. Schulung des Blickes am Objekt, die bewußte Beschäftigung mit guten und schlechten Beispielen ist hier teilweise erfolgversprechender.

g) Wohl nahezu überall in der kartographischen Ausbildung wird die Behandlung und selbständige Bearbeitung kartenverwandter Darstellungen vernachlässigt. Neben einfachen Übungen zu Blockbildern und Freihand-Profilzeichnen im Hochgebirgspraktikum konnte auf Grund der nur begrenzt verfügbaren Übungszeit das breite Feld kartenverwandter Darstellungen nur angerissen, keinesfalls erschöpfend gelehrt oder gar geübt werden (IMHOF, 1963). Bei perspektivischen Karten (HÖLZEL, 1963) mußte überhaupt das Vorstellen eindrucksvoller Beispiele etwa von F. HÖLZEL und H. BERANN genügen. Neue Möglichkeiten eröffnen sich künftig in der Ausbildung, wenn wenigstens für Testgebiete digitale Relief- bzw. Geländemodelle verfügbar werden (HERRMANN; KERN, 1986).

h) Die Bearbeitung von Bildkarten auf der Grundlage von Luftbildern, teilweise auch von im Druck vorliegenden farbigen Satellitenbildern, gehörte bisher nicht zum Lehrstoff der Kartengestaltung. Hier wurden in gemeinsamer Betreuung von Studenten durch Mitarbeiter der Kartographie und der Geofernerkundung "Große Belege" und einige Diplomarbeiten ausgeführt, um so Erfahrungen zu sammeln. Das Fehlen von Ortskenntnissen bei Lehrenden und Studierenden wirkte sich bei den meist überseeischen Testgebieten überaus nachteilig aus. Außerdem blieben die Versuche unbefriedigend, weil uns von Satellitenbildern bis vor kurzem in der Regel nur gerasterte Drucke zur Verfügung standen. In gewissem Sinne erfolgversprechender war bisher die Verwendung solcher Satellitenbilder als Ausgangsmaterial zur Bearbeitung von Landschaftskarten unterschiedlicher Maßstäbe, in der Regel zwischen 1 : 500 000 und 1 : 3 Mill.

Die Behandlung dieser Teilgebiete einer Kartenherstellungslehre geht jeweils von allgemeinen theoretischen Aspekten aus, stellt dann aber Übungen in den Mittelpunkt, wobei die verfügbare Zeit Anwendungen in selbständigen Übungen nur in ausgewählten Teilgebieten zuläßt. Hinweise, gesichertes Wissen zur praktisch-technischen Realisierung überwiegend durch Selbststudium der vorhandenen, breit gefächerten Literatur und der Schulung des Geschmacks durch Atlanten- und Kartenauswertung zu erlangen, werden selten ausreichend beherzigt. Erst in den letzten Jahren bestehen zunehmende verbesserte Voraussetzungen, neben dem Blick auf die traditionellen kartentechnischen Verfahren zur Umsetzung der Gestaltungsideen die Möglichkeiten der graphischen Datenverarbeitung mit anzusprechen und in Ansätzen auch in das Übungsprogramm einzubeziehen.

Lehrstoff und Gliederung der Kartengestaltung, wie sie in der Ausbildung in Dresden mit Veränderungen im einzelnen seit mehr als zwei Jahrzehnten praktiziert werden, zeigt Tafel 2. Der Lehrinhalt ist bisher nicht geschlossen als Lehrbuch publiziert. Ein großer Teil der Fakten ist – nach Stichworten aufbereitet – im "abc Kartenkunde" enthalten <sup>16)</sup>. Als Studienhilfen wurden auch für das Fach Kartengestaltung Übersichten und aktuelle Literaturzusammenstellungen ausgegeben. Von einer Theorie der Kartographie her werden die theoretischen Grundlagen der Kartengestaltung, eingefügt in eine umfassende Systematik, von R. OGRISSEK (1987) aufgezeigt. Ein Lehrbuch mit dem Titel "Kartengestaltung", erwachsen aus der Hochschullehre, erschien 1985 von A. W. WOSTOKOWA in der Sowjetunion. Das Inhaltsverzeichnis dieses Buches ist im Hinblick auf das Setzen von Akzenten aufschlußreich und gelangt deshalb hier zum Abdruck (Tafel 3).

## 5. Kartengestaltung und graphische Datenverarbeitung

Der sich gegenwärtig vollziehende Wandel in der kartographischen Praxis durch Ausweitung der rechnergestützten Kartenbearbeitung und -herausgabe stellt die Kartengestaltung vor neue Aufgaben. Es gilt, die bewährten graphischen Strukturen zur Wiedergabe von Karteninhalten künftig mit den neuen Medien in gleicher Qualität zu erzeugen. Vorteilhaft wirkt sich dabei aus, daß jetzt in viel größerem Umfang als bisher und ohne bedeutenden zeitlichen Mehraufwand graphisch experimentiert werden kann. Aus einer Serie von Musterentwürfen für Kartenzeichen, Helldunkelskalen und Flächenmustern, aber auch für Beschriftungen läßt sich die optimal erscheinende Variante auswählen und realisieren. Nachteilig ist, daß auf dem Bildschirm die Wirkung von Flächentönen, Flächenmustern aber auch von Strichstrukturen von der Druckversion mehr oder weniger abweicht. Problematisch ist weiterhin, daß die verschiedenen Programme ein meist breites Spektrum von Lösungen anbieten, die – werden sie unkritisch benutzt – von guten, ästhetisch befriedigenden Lösungen weit entfernt sein können. Daraus resultiert, daß beim Übergang zur Kartengestaltung mittels graphischer Datenverarbeitung dem als Operateur fungierenden Kartographen gleich welcher Ausbildungsstufe hinreichend die graphischen Möglichkeiten im Sinne einer Kartengestaltungslehre bzw. einer umfassenderen allgemeinen Graphiklehre auch weiterhin vermittelt werden müssen. Das stellt neue Anforderungen an die Lehre, einmal weil die zur Verfügung stehende Zeit auf Grund der neu hinzukommenden Fächer und der erforderlichen Zeit zum Rechnertraining dafür immer knapper wird, andererseits weil auch der Lehrende neben eigenen manuellen Erfahrungen auch Fertigkeiten an Rechner und Bildschirm erwerben muß, was wiederum zusätzlichen Aufwand bei Aus- und Weiterbildung der Lehrenden erfordert. Hinzu kommt, daß die graphische Datenverarbeitung auch zu einer Zusammenführung von fachinhaltlicher und graphischer Kartenbearbeitung führt, woraus sich die Notwendigkeit ableitet, in die kartographische Fachausbildung neben der Graphiklehre auch die geographischen und geowissenschaftlichen bzw. allgemeiner die inhaltlichen Fachfragen weiterhin einzubeziehen. Dem steht gegenüber, daß mit weiterer Vervollkommnung der Graphikprogramme in zunehmendem Umfang Fachanwender ihre graphische und kartographische Datenausgabe selbst in die Hand nehmen. Hier bahnt sich eine Entwicklung an, deren Konsequenzen für die Kartographie und die Wissenschaft und Praxis insgesamt gegenwärtig noch nicht voll überschaut werden können.

## A n m e r k u n g e n

- 1) Ganzheit: Die besondere Struktur komplexer, aus qualitativ gleichen oder/und qualitativ verschiedenen, funktionell voneinander abhängigen bzw. einander zugeordneten Elementen bestehender ... Systeme, die als Einheit wirken und im Unterschied zu lediglich additiven Zusammenordnungen die Beiträge ihrer Einzelelemente nicht einfach nur summieren, sondern wegen der Wechselbeziehungen der Elemente untereinander eine qualitativ andere (höhere) Wirkung zeigen (Meyers Enzyklopäd. Lexikon Bd. 9; Mannheim: Bibliogr. Inst. 1973, S.677).
- 2) Vgl. dazu die generellen Aussagen im Stichwort "Komposition" im "Lexikon der Kunst", Leipzig, Seemann Vlg., 1. Aufl. 1971, Bd. II, S. 673-675
- 3) Dieses Grundschema liegt dem Ausbildungsprozeß am Institut für Kartographie und Geographie der TU Dresden zugrunde. Seine Anwendung wird auch für alle selbständig auszuführenden Kartenbearbeitungen von der Konzeption bis zur Fertigstellung empfohlen; dabei gilt es, die Arbeiten schrittweise auszuführen und Ergebnis und Aufwand zu werten.
- 4) Traditionell gehörten bereits zum Studium des Vermessungswesens: Planzeichnen, Topographisches Zeichnen, Kartenkunde, Kartenprojektionslehre und Reproduktionstechnik.
- 5) Der 8 Seiten umfassende "Studienplan Nr. 26 Vermessungswesen" trägt den Untertitel "Studienplan für die Fachrichtungen Geodäsie und Kartographie der Fakultät Bauwesen - Abteilung Vermessungswesen - an der TH Dresden", entworfen ... unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. ZILL. Er beinhaltet: I. Einteilung der Vorlesungen und Übungen auf die einzelnen Studienjahre, gegliedert nach: Gemeinsame Vorlesungen (Nr. 1-24), Fachrichtung Geodäsie (Nr. 1-26) und Fachrichtung Kartographie (Nr. 1-18), II. Berufspraktika, III. Exkursionen sowie VI. Allgemeine Kennzeichnung des Studiums.
- 6) Die übersetzten Vorlesungsmanuskripte sind erhalten: "Entwurf und Redaktion von Karten" 331 Man.-S., "Kartenkunde" 242 Man.-S.
- 7) Zitiert nach der maschinenschriftlichen Übersetzung, bei der damals keine ausreichende Überarbeitung auch hinsichtlich der Terminologie erfolgt ist.
- 8) Eine Nachschrift zu dieser Lehrveranstaltung ist von H. FINGER erhalten. Der Begriff ist wahrscheinlich aus Arbeitsübersetzungen aus der Tätigkeitszeit von N. M. WOLKOW übernommen. Er kommt danach nicht mehr vor.
- 9) Bemerkenswert früh wurde *Kartengestaltung* zu einem zentralen Begriff in den "Niederdollendorfer Kursen". Während die beiden ersten (1957, 1958) ausschließlich der Kartentechnik gewidmet waren und der dritte der Reliefdarstellung (1960), trägt der Band zum vierten, 1962 durchgeführten Kurs den Titel "Kartengestaltung und Kartenentwurf". F. HÖLZEL (1899-1977) benutzte im Einführungsvortrag "Die graphischen Elemente in der Karte" dann auch die Termini *Kartengraphik* und *Kartengestalter*. In seinem Beitrag "Der Einfluß der kartographischen Technik auf die Kartengestaltung" verwendet K. KRANZ ebenso wie 7 weitere Vortragende, die sich mit unterschiedlichen Kartengattungen befaßten, gleichlautend im Titel "Gestaltung und Entwurf...". - Der gleiche Bandtitel wurde dann erst wieder für den 16. Kurs 1986 benutzt. G. PÖHLMANN ging im Einführungsvortrag "Elemente der Kartengestaltung" von der Karte als *Gegenstand der Gestaltung* aus.
- 10) Im Oktober 1961 wurde die Technische Hochschule auf Antrag des Rektors in "Technische Universität Dresden" umbenannt. Sie umfaßte in dieser Zeit in 10 Fakultäten zusammen 60 Fachrichtungen, darunter die Kartographie. - Der neue Studienplan liegt - ebenso wie alle weiteren - nur maschinenschriftlich, in ähnlicher Gliederung wie der gedruckte von 1955 vor.
- 11) Die Herausbildung der *Kartengestaltungslehre* reicht in Deutschland bis in die 30er und 40er Jahre zurück. Es äußerten sich dazu M. ECKERT 1930, B. CARLBERG 1941 und R. SCHLEIFER 1942 sowie E. IMHOF 1939 (und 1969). Wesentliche Schritte zur Ausformung folgten in den 50er Jahren. Im Ausland verliefen sowohl die Entwicklung der Methodenlehre (vgl. I. KRETSCHMER, 1989) als auch die Einrichtung von entsprechenden Ausbildungsrichtungen zum Teil wesentlich anders.

12) K. A. SALISTSCHEW führt erstmals einen Abschnitt "Kartenkomposition" in seinem Werk "Kartenprojektierung und Kartenzusammenstellung" 1978 ein. Im gleichen Jahr wird der Begriff von W. GRYGORENKO in etwas anderer Bedeutung in seinem Aufsatz "Automatisches Erkennen und Interpretieren des Karteninhalts" gebraucht (OGRISSEK, 1988).

13) W. PILLEWIZER vermerkt: "Dieses Dresdener Modell der akademischen kartographischen Ausbildung entspricht in vielem den Forderungen, wie sie von K.-H. MEINE in seinem Plädoyer für die Einrichtung eines wissenschaftlichen Studiums in Kartographie an den Universitäten in der BRD und Berlin (West) auf dem 10. Arbeitskurs der DGfK über 'Ausbildungswege in der Kartographie' erhoben wurden" (1976, S. 157).

14) Solche Farbkarten wurden etwa 10 Jahre lang von allen Kartographiestudenten für das Unternehmen Agro-Consult Dresden (acd) hergestellt. Die Auswahl aus den 120 Karten erfolgte hier nach Thema, Gebiet und Qualität zufällig.

15) Die Darstellung der Waldflächen auf den geographischen Karten im Haack Weltatlas geht auf einen Vorschlag des Autors auf dem Verlagskolloquium in der Erarbeitungsphase des Atlas zurück. Der Betrieb sah sich jedoch außerstande, die Anregungen zum Ausbau der Methode und zur Beseitigung des aussagegelosen gelben Landtons durch weitere Differenzierung der Bodenbedeckung und Bodennutzung und einer Verbesserung der Reliefdarstellung in seinen Verlagswerken umzusetzen. Das Kartenmuster Sizilien (Farbtafel 5) schuf G. ZIMMERMANN im Rahmen seiner Dissertation (TU Dresden, 1987).

16) An der Ingenieurschule für Geodäsie und Kartographie wurden Lehrbriefe für das Fernstudium Kartographie erarbeitet, von denen eine stattliche Anzahl Themen der Kartengestaltung gewidmet sind. Ein Universitätsfernstudium der Fachrichtung Kartographie wurde nur mit 2 Matrikeln durchgeführt, für die kein spezielles Lehrmaterial zu erarbeiten war.

#### L i t e r a t u r

abc Kartenkunde. Hrsg. R. OGRISSEK. Leipzig: F.A. Brockhaus Vlg. 1983, 684 S., 48 Taf.

ARNBERGER, E.: Beiträge zur Geschichte der angewandten Kartographie und ihrer Methoden in Österreich. In: Festschrift zur Hundertjahrfeier der Österr. Geogr. Ges. in Wien 1856-1956. Wien 1957, S. 1-43, 1 Tab., Lit.

BÄR, F.: Zur Methodik der Darstellung dynamischer Phänomene in thematischen Karten. Frankfurt am Main: Verlag Waldemar Kramer 1976 (= Frankfurter Geogr. Hefte 51)

BERTIN, J.: Graphische Semiologie. Übersetzt und bearbeitet nach der 2.franz.Aufl. von G.JENSCH, D.SCHADE u. W. SCHARFE; Berlin: Walter de Gruyter 1974, 432 S.

CARLBERG, B.: Der Kartographenberuf. In: Pet. Geogr. Mitt., Gotha 87(1941)4, S.146-149

CARLBERG, B.: Kunst und Können im kartographischen Schaffen. In: Pet. Geogr. Mitt., Gotha 89(1943)1/2, S. 69-73

ECKERT, M.: Die Kartenwissenschaft als Lehrfach. In: Hermann Wagner Gedächtnisschrift. Erg.-Heft Nr. 209 zu Pet. Geogr. Mitt., Gotha: Justus Perthes 1930, S. 74-82

FREITAG, U.: Verkehrskarten. Gießen: Wilhelm Schmitz Verlag 1966, 112 S. (= Gießener Geogr. Schr. H. 8)

GAEBLER, V.: Der Titel von Textkarten - Betrachtungen zu Formulierung und Gestaltung. In: Wiss. Z. TU Dresden, 19(1970)3, S. 745-749

GAEBLER, V.: Beitrag zur Gebrauchswertbestimmung von kartographischen Erzeugnissen mit dem Ziel der Erhöhung der Effektivität der ökonomischen Nutzung - vorwiegend am Beispiel allgemeinbildender Atlanten. Diss. A Dresden 1987

- HERRMANN, CH.; KERN, H. (Hrsg.): Kartenverwandte Darstellungen. Werkstattberichte. Karlsruhe: FH Karlsruhe, FB Vermessungswesen und Kartographie 1986, 206 S. (= Karlsruher Geowiss. Schr., Reihe A: Kartogr. u. Geogr. Bd.4)
- HOFMANN, W.: Universität, Ideologie, Gesellschaft. Beiträge zur Wissenschaftssoziologie. 5.Aufl. 1971. Frankfurt: Suhrkamp Verlag. 1968, 142 S.
- HÖLZEL, F.: Perspektivische Karten. In: IJK, III, 1963, S. 100-118
- IMHOF, E.: Einige Bemerkungen zur Lehre der Kartenzeichnung. In: Vermessung, Grundbuch und Karte. Festschrift zur Schweiz. Landesausstellung in Zürich 1939. Zürich: Vlg. des Schweiz. Geometervereins, S. 169-174
- IMHOF, E.: Aufgaben und Methoden der theoretischen Kartographie. In: PGM, Gotha 100(1956)3, S. 165-171
- IMHOF, E.: Heutiger Stand und weitere Entwicklung der Kartographie. In: K.N. 12(1962)1, S. 1-10 [1962a]
- IMHOF, E.: Thematische Kartographie. Beiträge zu ihrer Methode. In: Die Erde. Berlin 93(1962)1, S. 73-116 [1962b]
- IMHOF, E.: Die Anordnung der Namen in der Karte. In: IJK II, 1962, S. 93-129 [1962c]
- IMHOF, E.: Kartenverwandte Darstellungen der Erdoberfläche. Eine systematische Übersicht. In: IJK III, 1963, S. 54-99
- IMHOF, E.: Kartographische Geländedarstellung. Berlin: Walter de Gruyter & Co. 1965, 425 S., 222 Abb., 14 Farbtaf.
- IMHOF, E.: Über den Aufbau einer Lehre der thematischen Kartographie. In: K.N. 19(1969)6, S. 218-223
- IMHOF, E.: Thematische Kartographie. Berlin: Walter de Gruyter 1972, 360 S. (= Lehrbuch der Allg. Geogr. Bd.10)
- KELNHOFER, F.: Beiträge zur Systematik und allgemeinen Strukturlehre der thematischen Kartographie, erläutert durch Anwendungsbeispiele aus der Kartographie des Bevölkerungswesens. Wien: Verlag d. Österr. Akad. d. Wiss. 1971 (= Forschungen zur theoret. Kartogr. Bd. 1)
- KRETSCHMER, I.: Die Entwicklung der Methodenlehre der thematischen Kartographie bis in die 1960er Jahre. Berichte und Informationen Nr. 12, Österr. Akad. der Wiss., Inst. f. Kartogr. Wien 1989, 54 S., 17 Abb.
- LEHMANN, E.: Die Kartographie als Wissenschaft und Technik. In: Pet. Geogr. Mitt., Gotha 96(1952)2, S. 73-84
- Lexikon der Kunst in fünf Bänden. Bd. I, 1968, 776 S.; Bd. II, 1971, 927 S.; Bd. III, 1975, 1018 S.; Bd. IV, 1977, 782 S.; Bd. V, 1978, 756 S.; - Lexikon der Kunst. Neubearbeitung. Bd. I, 1987, 850 S.; Bd. II, 1989, 842 S. Leipzig: E.A. Seemann Verlag
- MEYNEN, E.: Die kartographischen Strukturformen und Grundtypen der thematischen Karte. In: Geogr. Taschenbuch 1970/72, S. 305-318
- OGRISSEK, R.: Theoretische Kartographie. Gotha: Hermann Haack 1987, 304 S. (= Studienbücherei Kartographie Bd.1)
- OGRISSEK, R.: Beiträge zur theoretischen Kartographie aus der UdSSR und aus anderen sozialistischen Ländern Europas. Wien: Vlg. d. Österr. Akad. d. Wiss. 1988, 235 S. (= Forschungen zur theoret. Kartogr. Bd.9)
- PILLEWIZER, W.: Ein System der thematischen Karten. In: Pet. Geogr. Mitt., Gotha 108(1964)3. S. 231-238; 4, S. 309-317

- PILLEWIZER, W.: Die kartographischen Strukturformen und die Methoden der graphischen Gestaltung thematischer Karten. In: Abh. d. 1. Geogr. Inst. d. Freien Univ. Bd. 20; Berlin: Dietrich Reimer 1974, S. 343-361 (= Festschrift für Georg Jensch)
- PILLEWIZER, W.: Academic Training of Cartographers. In: IJK XVI, 1976, S. 144-157
- SALISCEV, K. A.: Osnovny kartovedeni'a. Obsca'a cast. 3.Aufl. Moskva 1959, 176 S.; 1.Aufl. 1939
- SALISTSCHEW, K. A.: Einführung in die Kartographie. Gotha/Leipzig: Hermann Haack 1967; Bd.1. 198 S., Bd.2 115 Abb. auf 104 Taf.
- SCHLEIFER, R.: Hermann Haack als Lehrmeister und Förderer des kartographischen Nachwuchses. Geogr. Anz. 43(1942), H.19-22, S. 367-371
- SCHMIDT-FALKENBERG, H.: Grundlinien einer Theorie der Kartographie. In: Nachr. aus dem Karten- u. Vermessungswesen, Reihe I, H. 22, Frankfurt 1962, S. 3-37
- SCHMIDT-FALKENBERG, H.: Begriff, Einteilung und Stellung der Kartographie in heutiger Sicht. In: K. N. 14(1964)2. S.52-63
- SPIESS, E.: Eigenschaften von Kombinationen graphischer Variablen. In: Grundsatzfragen der Kartographie. Wien: Österr. Geogr. Ges. 1970
- SPIESS, E.: Kartographik und Kreativität auch mit digitalen Daten und Technologien. In: Kartographenkongreß Wien 1989. Tagungsband. Wien: Inst. f. Geogr. d. Univ. Wien 1990, S. 23-38 (= Wiener Schriften f. Geogr. und Kartogr. Bd.4)
- STAMS, W.: Internationaler Hochschulkurs für Kartographie 1957. In: PGM 101(1957)3
- STAMS, W.: Die Kartographie-Kurse für Geographen am Institut für Kartographie der Technischen Universität Dresden. In: K. N. 14(1964)3, S. 104-106
- STAMS, W.: Das Institut für Kartographie der Technischen Universität Dresden. In: G.B. Nr. 36, 10(1965)3, S. 226-231
- STAMS, W.: 10 Jahre Kartographie an der Technischen Universität Dresden. In: Pet. Geogr. Mitt., Gotha 114(1970)4
- STAMS, W.: Zum Modell-, Informations- und Systembegriff in der Kartographie. In: Wiss. Zeitschr. TU Dresden 20(1971)1, S. 287-300
- STAMS, W.: Die Möglichkeiten der Kartographie zur Darstellung von räumlichen und zeitlichen Veränderungen. In: Wiss. Zeitschr. TU Dresden 22(1973)1, S. 153-163
- STAMS, W.: Neuere Lehrbücher und Monographien der Kartographie. In: Geogr. Berichte Heft 85, 22(1977)4, S.311-320
- STAMS, W.: Die Fachschulen für Polygraphie in Leipzig und ihre gewerblichen und sozialen Voraussetzungen. In: Wiss. Ber. d. TH Leipzig, H. 12, 1989, S.93-127
- WOSTOKOWA, A. W.: Oformlenie kart (Kartengestaltung). Moskau: Vlg. d. Moskauer Univ. 1985, 200 S., 103 Abb.
- Zehn Jahre Kartographie an der Technischen Universität Dresden. Sonderdruck der Wiss. Zeitschr. TU Dresden, 19(1970)3 - Reihe 7, Heft 9, S.721-802
- ZIESING, K.; MOKRONOWSKI, G.; GÜNTHER, G.; STENZEL, H.-J.: Lehrbuch für Kartographie-facharbeiter, Teil 3, 1. Aufl. Gotha: Hermann Haack 1983; 2. Auflage 1989, 264 S., 108 Abb.

Der Kartenherstellungsprozeß  
Die kartographische Modellierung als Prozeß

Ausgangspunkt: Zu einem territorial bezogenen Sachverhalt entsteht eine gedankliche Vorstellung zur Abbildung; daraus resultiert ein kartographischer Auftrag: herstellen einer kartographischen Darstellung mit Gebrauchswert;  
Gegeben: Gebiet, Thema, Aussage, Zweck;  
Zu bestimmen: Maßstab, topograph. Grundlage, Sachgebiet, territ. Bezugsebene, Maß- und Mengeneinheiten (Dimensionierung der Darstellung), optimale graphische Gestaltung der Inhaltselemente und des Kartenblattes.

HERSTELLUNGETAPPEN

- A. K A R T E N K O N Z E P T I O N (konzeptionelle Phase)
1. Bestimmung der geeigneten Darstellungsform aus der Gesamtheit der Abbildungsformen der geographischen Wirklichkeit.
  2. Bestimmung der sachadäquaten optimalen kartographischen Ausdrucksform, z. B. Festlegen der geeigneten Kartengattung.
  3. Ableitung der darzustellenden Komponenten und Inhaltselemente (Darstellungsschichten) aus der Analyse des Kartengegenstandes, Festlegung des Arbeitstitels (Sache, Gebiet, Zeit); Erarbeitung der verbalen Legende; ggf. Ausarbeitung eines Makette.
- B. K A R T E N R E D A K T I O N und K A R T E N G E S T A L T U N G (redaktionelle Phase)
4. Dimensionierung der Darstellung durch Festlegen des Kartenmaßstabs und der Wertmaßstäbe bzw. der Skalen (Gruppenbildung).
  5. Festlegung (Wahl) der (karto)graphischen Ausdrucksmittel, Entwurf geeigneter Kartenzeichen und Darstellungsmethoden bzw. kartograph. Gefüge für die Inhaltselemente, d. h. graphische Umsetzung der verbalen Elemente in Darstellungsschichten und Festlegen des Zeichenschlüssels als wesentlicher Schritt der Kartenschöpfung.
  6. Erarbeitung des Redaktionsplanes mit Festlegungen zu a) Ausgangsmaterial, b) Mathematischer und topographischer Grundlage, c) der Technologie für Entwurf und Herausgabe, d) Aufstellung des Zeichen- und Farbschlüssels, e) (evtl.) Anfertigung eines Musterschnitts und e) Festlegung der Verallgemeinerungstufe bzw. von Generalisierungsmaßnahmen.
  7. Kartenkomposition: Maßnahmen zur Gestaltung des Kartenblattes durch Form und Anordnung der Ausstattungselemente und der Ergänzungselemente wie a) Rahmen, b) Titel, c) Anordnung der Zeichenerklärung, d) Maßstabsangaben, e) Impressum, f) Texte, Tabellen, Diagramme, Bilder und ggf. Rückseitengestaltung.
- C. K A R T E N E N T W U R F (Entwurfsphase, Zusammenstellungsphase)
- [8.] Kartierung in Form einer Geländeaufnahme bzw. auf der Basis von Bildauswertungen (nur bei Bearbeitung von Originalkarten im Grundmaßstab durch Fachvertreter).
9. Ausführung des Kartenentwurfs: Herstellung von vollständigen oder Teil- Autorenoriginalen auf der Grundlage des Ausgangsmaterials und den Festlegungen des Redaktionsplanes, bzw. Anfertigung eines herausgabereifen farbvereinten (Teil-) Originals.
  10. Anfertigung von Skizzen zur Blattgestaltung sowie Manuskripte und Zeichnungen für Ausstattungs- und Ergänzungselemente (auch Text- und Graphikgestaltung am PC).
- D. K A R T E N O R I G I N A L H E R S T E L L U N G (Herausgabephase)
11. Herstellung der Herausgabeoriginale durch manuelle kartographische Techniken (Zeichnen, Gravieren, Montieren, Abziehen) oder graphische Datenverarbeitung, kombiniert mit reproduktionstechnischen Arbeiten (Photographie, Folienkopie, Lichtsatz, Scannen).
  12. Reproduktion für Korrekturlesung und Bequtachtung als Lichtpause, Mehrfarbkopie, Chromalinkopie oder Andruck; Korrekturlesung und Korrekturausführung, ggf. Neuherstellung der DKV; Einholung von Autorimprimatur und Druckgenehmigung.
  13. Nach den Druckkopiervorlagen (DKV) Druckformherstellung als Endglied der Herausgabearbeiten.
- E. K A R T E N D R U C K (Vervielfältigungsphase)
14. Herstellen der Auflage durch Druck oder ein anderes Vervielfältigungsverfahren.
- F. E N D B E A R B E I T U N G (Weiterverarbeitungsphase)
15. Beschnitt und Falzen.
  16. \_\_\_\_\_risch Weiterverarbeitung, z. B. Binden, Aufziehen.

G l i e d e r u n g   z u r   K a r t e n g e s t a l t u n g s l e h r e

A. WESEN und GRUNDLAGEN der KARTENGESTALTUNG (KG)

I. Zum Wesen kartographischer Darstellungen

als grundrißliche graphische Zeichenmodelle der geographischen Wirklichkeit

1. Eigenschaften und Besonderheiten des kartographischen Ausdrucks: Richtigkeit, Vollständigkeit, Verallgemeinerungsgrad; Maßstäblichkeit, Grundrißaspekt; Kartenbelastung, Feinheitsgrad der Darstellung, Kartenästhetik)
2. Die Methoden der Gelände - (Landschafts-) Abbildung
3. Kartographische Ausdrucksformen (Karte, Kartenskizze, Kartogramm, Bildkarte, Kartenrelief, Kartenfilm u.a.)

II. Grundlagen der graphischen Gestaltung

1. Eigengesetzlichkeit des graphischen Ausdrucks, die Kartengraphik
2. Die graphischen Grundelemente als elementare Ebene
3. Die kartographischen Ausdrucksformen als zweite Ebene
4. Die 6 graphischen Variablen (nach BERTIN) und ihre Anwendung für kartograph. Darst.
5. Das System der Kartenzeichen (nach STAMS)
6. Die kartographischen Gefüge als dritte Ebene der graph. Ausdrucksmittel (nach IMHOF)
7. Die 4 Darstellungsprinzipien (nach ARNBERGER)
8. Das Felderprinzip
9. Kartenelemente und Darstellungsschichten

III. Die Herausbildung der KG und der KG-Lehre

IV. Die Stellung der KG im Kartenherstellungsprozeß (KG als wiss. Arbeitsprozeß)

B. DIE FARBE ALS GESTALTUNGSMITTEL

1. Farbsystematik und Farbbezeichnung (Farbordnung)  
(Farbband, Farbleiter, Farbkreis, Farbdreieck, Farbkegel, Farbwürfel, Farbkugel)
2. Aufbau von Farbtafeln (Farbmustertafeln)
3. Kartographische Strich- und Flächenfarben (kartographische Farbskalen)
4. Farbaufhellung und Farbmischung
5. Grundsätze kartographischer Farbanwendung
6. Farbige Gestalten; Farbvorlagen, Farbentwürfe
7. Herstellung farbvereinter Originale

C. DIE KARTOGRAPHISCHEN DARSTELLUNGSMETHODEN (nach SALISTSCHEW und PILLEWIZER)

1. Methode der Positionssignaturen
2. Methode der Linearsignaturen
3. Methode der Diagrammsignaturen (punktbezogene Diagrammfiguren)
4. Flächenmethode (Arealmethode)
5. Methode der qualitativen Flächenfärbung (Flächenmittelwertmethode)
6. Vektorenmethode (Methode der Bewegungslinien)
7. Isolinienmethode (Isarithmenmethode)
8. Punktmethode (Verteilungsdichte, Absolutdarstellung)
9. Methode des Flächenkartogramms (Relativdarstellung)
10. Kartodiagramm-Methode (flächenbezogene Diagrammfiguren)
11. Kombinationen von Darstellungsmethoden (mehrschichtige Darstellungen)

D. METHODEN DER RELIEFDARSTELLUNG

1. Abhängigkeit der Reliefdarstellung von Maßstab und Zweck
2. Zeitliche Entwicklung der Reliefdarstellung
3. Schraffen (Böschungs-, Schatten- und Gebirgsschraffen)
4. Die Höhenlinie und ihre graphische Abwandlung
5. Höhenschichten, ein- und mehrfarbig
6. Reliefschummerung (manuell, photomechanisch, automatisiert)
7. Tanakamethode (Reliefschrägschnitte)
8. Reliefdarstellung in Seitenansicht (histor. Aufrißdarstellung und physiograph. Methode)
9. Dreidimensionale Reliefdarstellung in der Ebene
10. Felsdarstellung
11. Reliefsignaturen
12. Reliefdarstellung auf geomorphologischen Karten
13. Reliefkarten (Luftperspektive mit schattenplastischer Schummerung)
14. Herstellung von Kartenreliefs (Reliefmodell mit Kartenbild)
15. Darstellung des Meeresbodens

E. DIE GRAPHISCHE DARSTELLUNG

I. Stellung und Einordnung graphischer Darstellungen

1. Kartograph. Darstellung und maßgebundene Graphik (Diagramme)
2. Diagrammsignaturen
3. Diagramme als Bauelemente von Diakartogrammen
4. Diagramme als ergänzendes Element
5. Diagramme als selbständige Abbildung mit regionaler Aussage

II. Klassifizierung und Arten graphischer Darstellungen

F. KARTENSCHRIFT UND KARTENBESCHRIFTUNG

1. Entwicklung der Schrift und des Buchdrucks
2. Die Kartenschriften
3. Grundlagen der Typographie
4. Der Satz und sein Maßsystem
5. Beschriftungsverfahren
6. Die Stellung der Kartennamen
7. Schriftanordnung außerhalb des Kartenbildes

G. KARTOGRAPHISCHE GENESE- UND DYNAMIKDARSTELLUNG

Methoden der Entwicklungsdarstellung

1. Kartengegenüberstellung (Einzelkarten für mehrere Zeitpunkte)
2. Mehrphasendarstellung (Zeitpunktfolge)
3. Bilanzmethode (Differenzmethode)
4. Diagramme mit Zeitachse
5. Vektorenmethode (Pfeil für Bewegungsablauf)
6. Kartenfilm

H. KARTENVERWANDTE DARSTELLUNGEN

1. Vertikale Geländeschnitte (Profile) und Profilserien
2. Panoramadarstellungen
3. Vogelschaubilder und Vogelschaukarten; Globalansichten
4. Blockbilder und Blockdiagramme
5. Anaglyphenbilder und Anaglyphenkarten
6. Luft- und Satellitenbilder mit vertikaler und geneigter Bildachse
7. Körperliche Geländemodelle

I. GESTALTUNG VON BILDKARTEN

1. Freigestaltete, zeichnerische Bildkarten
2. Luft- und Satellitenbildkarten

K. KARTENKOMPOSITION UND KARTENÄSTHETIK

I. Die graphische Formierung des Kartenblattes

1. Format und Aufteilung des Kartenblattes nach ästhetischen Grundsätzen und Regeln
2. Der Kartenrahmen, Gestaltung und Funktion
3. Der Kartentitel, Anordnung und Ausführung
4. Maßstabsangaben
5. Die Zeichenerklärung (Gestaltung des Legendenfeldes)
6. Anordnung der Herausgabe- und Quellenvermerke (Impressum)
7. Graphische Ergänzungs-elemente; Nebenkarten, graph. Darstellungen, Bilder, Erläuterungen
8. Rückseitengestaltung

II. Wege zur Wahl optimaler Darstellungs- und Ausdrucksformen

III. Künstlerische Elemente der Kartengestaltung; Kartenästhetik

IV. Blattkomposition mittels graphischer Datenverarbeitung

V. Kartengestaltung am Bildschirm (Desktop-Mapping)

Kartengestaltung von A. W. WOSTOKOWA, 1985

- I. Kartengestaltung. Aufgaben und Inhalt
    1. Inhalt und Aufgaben der Vorlesung Kartengestaltung (KG).  
Rolle der KG bei der Kartenherstellung
    2. Wissenschaftlich-methodische, technische und künstlerische Seite der KG
    3. Zusammenhang zwischen KG und den kartogr. Nachbardisziplinen u.a. Wissenschaften
  - II. Kartenzeichen, Methoden ihrer Konstruktion
    1. Kartenzeichen, ihre Rolle auf Karten. Der Begriff der kartographischen Semiotik
    2. Haupteigenschaften der Kartenzeichen und ihre Wahrnehmung
    3. Methoden und Verfahren der Konstruktion von Kartenzeichen
    4. Prinzipien der Konstruktion von Kartenzeichen mittels Mechanisierung und Automatisierung
  - III. Kartenschriften und Kartenbeschriftung (Kartennamen)
    1. Hauptsächliche Schriftarten, ihre graphischen Mittel, Anwendung
    2. Eigenschaften der Schriften. Schriftbelastung der Karten
    3. Schriftanordnung auf Landkarten
    4. Herstellungsverfahren der Kartenbeschriftung
  - IV. Gestaltung von Strichoriginalen
    1. Arbeiten zur Gestaltung von Strichoriginalen. Materialien
    2. Methoden zur Gestaltung der Strichoriginale
    3. Gravurmethode
    4. Mittel zur Mechanisierung von Gravurarbeiten, Geräte und Instrumente.  
Automatisierung der Zeichen- und Gravurprozesse
    5. Besonderheiten der Gestaltung von Strichoriginalen in Übereinstimmung mit den Erfordernissen der Kartenherausgabe
  - V. Farbe, ihre Wesensmerkmale und ihre Wahrnehmung
    1. Licht und Farbe. Adsorption, Durchlässigkeit, Reflexion des Lichtes
    2. Eigenschaften der Farben
    3. Farbmischungen, Farbskalen
    4. Wahrnehmung der Farbe.
    5. Farbsystematik und Farbmessung
  - VI. Farbe als grundlegendes Darstellungsmittel in der Kartengestaltung
    1. Die Rolle der Farbe auf Karten
    2. Farbskalen. Prinzipien ihres Aufbaus. Die Wiedergabe der qualitativen und quantitativen Unterschiede sowie der Dynamik mittels Farbe
    3. Darstellung der logischen Zusammenhänge und der Ordnung der Objektkategorien mittels Farbe
    4. Hervorheben des wesentlichen und des zweitrangigen Karteninhalts mit Farbe
    5. Verfahren der Mehrschichtigkeit
    6. Verbindung der farbigen Flächen und Strichelemente
  - VII. Farben- und Schattenplastik auf Karten
    1. Allgemeine Prinzipien der plastischen Gestaltungsmethoden und ihre Anwendung
    2. Farbenplastik. Eigenschaft hypsometrischer Skalen
    3. Besonderheiten der visuellen Wahrnehmung von Farbschichten
    4. Prinzipien des Aufbaus hypsometrischer Skalen
    5. Abstimmung von Farbskalen
    6. Die Schattenplastik. Gesetzmäßigkeiten der Helldunkelverteilung
    7. Graphische Beispiele der Helldunkel-Darstellung
    8. Geographische Prinzipien der Reliefschummerung,  
Gestaltung der Schummerung der Grundformen und -typen des Reliefs
    9. Technische Mittel und Reihenfolge der Herstellung von Halbtonoriginalen
  - VIII. Entwurf von Kartenzeichensystemen
    1. Wissenschaftlich-methodische Grundlagen des Entwurf kartograph. Zeichensysteme.  
Systematisches Herangehen
    2. Entwurf der Kartenzeichensysteme in Abhängigkeit v. Maßstab u. Zweckbestimmung
    3. Entwurf von Zeichensystemen für unterschiedliche Kartentypen
    4. Entwurf der topographischen Grundlage thematischer Karten
    5. Entwurf der Untergrund- und Strichgestaltung der Kartenoriginale unter Berücksichtigung moderner Technologien der Kartenherausgabe
  - IX. Entwurf der allgemeinen Gestaltung von Kartenwerken
    1. Hauptfaktoren der allgemeinen Gestaltung von kartographischen Erzeugnissen
    2. Elemente der allgemeinen Gestaltung und Beispiele ihrer Komposition
    3. Besonderheiten der äußeren Gestaltung von Atlanten
    4. Zusammenhang zwischen allgemeiner Gestaltung und Zweckbestimmung
    5. Beispiele der allgemeinen Gestaltung, die die Einheitlichkeit und Ganzheitlichkeit von Kartenwerken garantieren
- Perspektiven der Entwicklung der Kartengestaltung

## Grundlagen und Verfahren der Randanpassung von Punktobjekten

---

Friedrich Töpfer

### 1. Aufgaben der Randanpassung

Bei geodätischen, photogrammetrischen, topographischen und kartographischen Arbeiten sind Randanpassungen nötig, wenn die primäre Informationserfassung, zumeist Messung, in verschiedenen benachbarten Teilgebieten getrennt erfolgt ist. Wie die folgenden Beispiele zeigen, ist letzteres die übliche Arbeitsweise:

Bei kartographischen Folgemaßstäben werden mehrere Kartenblätter des Ausgangsmaßstabes zu einem neuen Kartenblatt vereinigt. An den Grenzen der (z. B. vier) alten Kartenblätter, die innerhalb des neuen Kartenblattes liegen, können Abweichungen auftreten, die durch eine Randanpassung zu beseitigen sind. Dabei auftretende Probleme beschreibt z.B. JOHANNSSON (1977). In der Topographie werden zwei benachbarte Kartenblätter von zwei verschiedenen Topographen getrennt aufgenommen. In der Photogrammetrie wird ein Luftbildmodell nach dem anderen ausgemessen. Bei der Digitalisierung von Karten oder Entwurfzeichnungen wird das eine vorliegende Blatt für sich abgetastet. Im Liegenschaftswesen wird eine Gemarkung für sich aufgenommen. Bei der Laufendhaltung wird nur ein neugebautes Stadtviertel neu aufgemessen. In allen diesen Fällen liegen neu gemessene und/oder kartierte Teilgebiete vor, deren Ränder mit denen der Nachbargebiete übereinstimmen müssen. Treten an den Rändern der Teilgebiete Lage- und andere Abweichungen auf, so sind diese in gemeinsamen Kartierungen sichtbar und durch eine Randanpassung zu beseitigen.

Im Grunde ist die Randanpassung eine Realisierung des geodätischen Prinzips des Messungsanschlusses. So erfolgt z. B. die Berechnung der Koordinaten der Polygonpunkte eines neu gemessenen freien Polygonzuges selbstverständlich im Anschluß an den gegebenen Ausgangspunkt (z. B. TP). Abgeschlossene Polygonzüge werden durch Fehlerverteilung in die gegebenen Anfangs- und Endpunkte eingehangen. Man kann auch sagen: Die endgültige Lage der Polygonpunkte wird an die gegebenen Randpunkte angepaßt. Die Aufgabe der Randanpassung ist hier als Anschlußbedingung gegeben und selbstverständlicher Bestandteil der Messungsauswertung. Analog kann auch die Realisierung anderer Bedingungen der Randanpassung in die Messungsauswertung einbezogen werden. Wenn bei der Informationserfassung bzw. Messungsauswertung noch nicht alle Randanschlußbedingungen berücksichtigt wurden (oder werden konnten), müssen die Ergebnisse der Teilgebiete in einem besonderen Arbeitsgang auf Randabweichungen geprüft und angepaßt werden. Eine solche Randanpassung erfolgt nach Abschluß der Messungen und gehört zur Aufbereitung der Informationen für das Einspeichern in die Datenbank. Sie hat zu sichern, daß die gebietsweise erfaßten Informationen in der Datenbank eine widerspruchsfreie Einheit bilden.

Die Datenbank kann die gleichen Teilgebiete wie bei der Informationserfassung oder größere oder kleinere Teilgebiete als Speichereinheit (Sektion) benutzen. Im zweiten Fall wird der widerspruchsfreie Gesamtbestand neu in Sektionen aufgeteilt. Dabei werden doppelte Randinformationen, die in beiden Speichern der alten Teilgebiete enthalten sind, beseitigt und neue Sektionsrandlinien bei Bedarf mit Interpolation neuer Randpunkte gebildet.

Für Geoinformationssysteme (GIS) und für automatisierte Kartenherstellungen sind Datenbanken erforderlich, die häufig durch Digitalisierung von Karten, Zusammenstellungsoriginalen oder anderen Vorlagen gewonnen werden. Die dabei erhaltenen Daten sind mit allen Fehlern behaftet, die bei der Vorlagenherstellung und bei der Digitalisierung auftreten. Dies sind insbesondere:

- a) Fehler der Messungen (Lagefehler) und anderer primärer Informationserfassungen,
- b) Fehler der Zusammenstellung der Informationen (Messungsauswertung, Informationsübertragung, Kartierung, Zeichnung),

c) Fehler der reproduktionstechnischen Aufbereitung (z. B. Verkleinerung) der Vorlage (nur kleinere Lagefehler),

d) meßtechnische und andere Fehler der Digitalisierungsprozesse.

Außer bei c) können neben den (geometrischen) Lagefehlern auch Qualitätsfehler auftreten, die bei Linien zu fehlenden oder falschen Objektfortsetzungen im Nachbarblatt führen (siehe TÖPFER, 1991). Bei Punktobjekten sind fehlerhafte Objektarten und -merkmale möglich. Art und Umfang der Randanpassungsmaßnahmen richten sich nach den Fehlerquellen aller vorangegangenen Arbeitsgänge.

## 2. Randlinien und Randpunkte

Die Randanpassung bezieht sich auf eine, das Teilgebiet begrenzende fiktive oder reale Randlinie. Fiktive Randlinien werden in topographischen und anderen Rahmenkarten durch Koordinatenlinien auf der Grundlage der Blattecken gebildet. Die Blattecken werden in einem bestimmten Blattschnittsystem durch Koordinaten definiert und sind im Gelände nicht sichtbare Randpunkte. Demgegenüber werden reale Randlinien in Inselkarten von Objektlinien wie Uferlinie der Insel, Staatsgrenze, Flurgrenze usw. gebildet. Bei photogrammetrischen Auswertungen und Laufendhaltungsarbeiten kann das neu aufgenommene Teilgebiet auch nur durch beliebige, geeignete Punkte begrenzt sein.

Bei Inselkarten wird das außerhalb der Randlinie liegende Gebiet in der Regel nicht dargestellt. Daher erfordert die Herstellung von Inselkarten für Linienobjekte nur eine freie Randanpassung (ohne Anschluß an Objekte des Nachbargesbietes). Bei Punktobjekten wird nicht zwischen freier, vermittelnder und Zwanganpassung unterschieden, weil stets in gleicher Weise gearbeitet wird. Die Lage der realen Randlinien wird oft durch Punktobjekte (z. B. Grenzsteine der Flurgrenze, Bild 2) bestimmt. Solche Randpunkte werden als Punktobjekte aufgenommen und gespeichert. Sie sind zugleich Punkte des Randlinien-Objektes und daher auch Rand-Knotenpunkte. Letzteres wird noch deutlicher, wenn von diesem Randpunkt zusätzlich eine oder mehrere Linien abgehen. Das Punktobjekt, der Punkt des Randlinien-Objektes und die Anfangspunkte abgehender Linien müssen identisch sein und gleiche Koordinaten haben. Dies wird innerhalb eines Teilgebietes meist durch das aneinander Anschließen bei Messung, Auswertung und Koordinatenbestimmung realisiert.

Randlinien und auf ihnen liegende Punktobjekte gehören prinzipiell zu den beiden Teilgebieten, die sie gegeneinander abgrenzen. Daher können ihre Koordinaten in einem Sonderspeicher, in einem oder in beiden Speichern der Nachbarsektionen eingeordnet werden. Rand-Punktobjekte, die in zwei oder mehr Teilspeichern der Datenbank enthalten sind, werden an den übereinstimmenden Koordinaten erkannt und beim Zusammenfassen einmal eliminiert.

## 3. Geodätische Punktobjekte

Geodätische Punktobjekte sind von Geodäten vermarkte Festpunkte und Grenzpunkte. Lagefestpunkte (TP = Trigonometrischer Punkt, PP = Polygonpunkt) haben besondere Bedeutung für Geoinformationssysteme und für die Kartenherstellung, weil sie die Grundlage aller Lagebestimmungen durch Koordinaten bilden. Auf Grund dieser Bedeutung wird ihnen in kartographischen Darstellungen hinsichtlich der Lagegenauigkeit ein Vorrang gegenüber Linien und anderen Objekten zugebilligt. Die Lagefestpunkte werden in allen Karten genau nach ihren Koordinaten kartiert. Ihre geometrisch einfachen Signaturen werden genau über dem kartierten Punkt plaziert. Bei der Überlagerung mit Linien werden sie wie der TP in Bild 1 freigestellt. Da letzteres auch für Überlagerungen mit Randlinien gültig ist, sind bei Lagefestpunkten keine Maßnahmen der Randanpassung notwendig, sondern nur Freistellungen.

Vermarkte Grenzpunkte definieren eine Grenze im Gelände und in der Karte die Lage einer Linie. Da sie direkt zu der betreffenden Linie gehören, erfolgt ihre kartographische Darstellung mit innerer Freistellung gemäß Bild 1.

Geodätische Punktobjekte, die in der Natur nicht die Lage einer Linie definieren, weil sie neben der natürlichen Linienachse liegen, werden innen und außen freigestellt (siehe Dreieck in Bild 1). Auf Randlinien liegende geodätische Punktobjekte sind in beiden Speichern abzulegen (also zweimal).

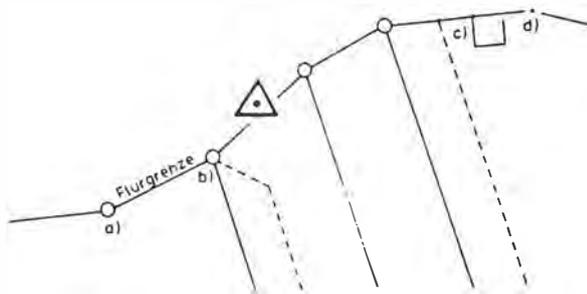


Bild 1: Randlinie einer Inselkarte  
(Flurgrenze mit Grenzsteinen)

Bild 1 zeigt eine Flurgrenze als Randlinie einer Inselkarte. Die Grenzsteine sind vermarkte und/oder eingemessene und kartierte Punkte der Flurgrenze. Die Vermarkung macht sie zu Punktobjekten "Grenzstein", deren Zentrumskoordinaten primär durch die Messungen bestimmt sind. Randgrenzpunkte (z. B. Bild 2a,d) definieren einen Knickpunkt der Randlinie und entsprechen somit den Blattecken topographischer Karten. Die Randgrenzpunkte haben die Bedeutung von Knotenpunkten, wenn in ihnen eine oder mehrere weitere Linien beginnen (Bild 1b). Zwei benachbarte Randgrenzpunkte begrenzen einen geraden Abschnitt der Randlinie. Wird eine solche Gerade von einer anderen Linie geschnitten bzw. berührt, so entsteht an dieser Stelle ein Randpunkt mit Knotenpunktbedeutung. Liegen solche Randpunkte koordinatenmäßig nicht genau auf der Geraden, so sind ihre Koordinaten durch "freie Randanpassung" neu zu bestimmen.

Die Koordinaten der Randgrenzpunkte sind prinzipiell vor der ersten Kartierung primär durch Messungen während der Aufnahme der betreffenden Flur bestimmt. Sie können bei der kartographischen Digitalisierung der Inselkarte als Paßpunkte dienen. Lediglich bei Randpunkten gemäß Bild 2c sind Maßnahmen der (freien) Randanpassung zu prüfen und bei Bedarf auszuführen. Bei einer späteren Aufnahme der Nachbarflur können die Koordinaten der Grenzsteine der gemeinsamen Flurgrenze zum Anschluß neuer Messungen genutzt und analog der ersten Flur behandelt werden.

#### 4. Topographische Punktobjekte

Punktobjekte sind alle Objekte, deren wirkliche Grundrißfläche für eine Umrißdarstellung im Maßstab der Karte zu klein ist. Als topographische Punktobjekte gelten alle entsprechend kleinen Objekte außer den geodätischen Punktobjekten, die im Gelände sichtbar sind und in topographischen Karten dargestellt werden. Die Darstellung der topographischen Punktobjekte erfolgt mit Lokalsignaturen und beinhaltet stets eine Grundrißüber-treibung. Die Lokalsignaturen haben häufig komplizierte Gestalt und sind im Interesse ihrer Lesbarkeit zu verdrängen. Auf Grund ihrer Kleinheit in der Natur sollen sie die Darstellung benachbarter größerer Objekte nicht beeinträchtigen. Außerdem soll ihre relative Lage gegenüber den Nachbarobjekten richtig wiedergegeben werden.

Im Hinblick auf diese Grundprinzipien der kartographischen Darstellung sollten Überla-gerungen der topographischen Punktobjekte mit Randlinien vermieden werden. Bild 2b zeigt extreme Beispiele, wo die Lesbarkeit bzw. Erkennbarkeit auf der Randlinie liegen-der Signaturen nicht gegeben oder erschwert ist. Solche topographischen Punktobjekte sind in das Gebiet zu verschieben, in dem sie in der Natur liegen (Bild 2c).

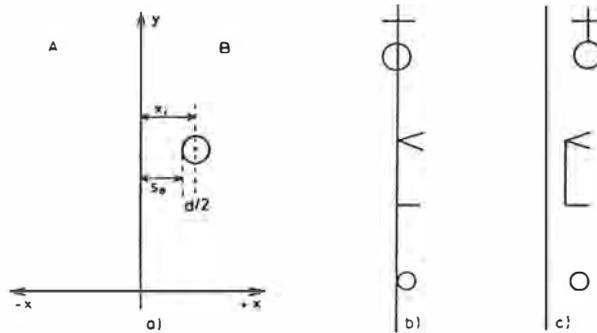


Bild 2: Randanpassung von Punktobjekten im Randstreifen, Randkoordinaten (a), Platzierung topographischer Punktobjekte vor (b) und nach (c) der Randanpassung

Die Senkrechte in Bild 2a ist die gemeinsame Blattrandlinie der beiden benachbarten Kartenblätter A und B. Um Tests und mathematische Operationen der Randanpassung einfach und leicht überschaubar zu machen, ist es zweckmäßig, die randnahen Objekte auf ein spezielles 'Randkoordinatensystem' zu beziehen. Das Randkoordinatensystem benutzt die erste (z. B. untere) Blattecke als Nullpunkt und die gemeinsame Randlinie als Y-Achse (Bild 2a). Mit Hilfe der zweiten Blattecke können Abstimmungen auf Sollmaße vorgenommen werden.

Bei einem Blattschnitt nach rechtwinklig-ebenen Koordinaten (z. B. bei der DGK 5) genügt das Abziehen der betreffenden runden Koordinatenwerte. Bei Blattschnitten nach geographischen Koordinaten ist eine Koordinatentransformation mit Drehung und Verschiebung nötig. Hier erleichtert das Randkoordinatensystem das Auffinden zusammengehörender Linienteile in den Teilgebietsspeicher, die Fallerkennung und die Korrekturverfahren sehr.

Zur Randanpassung eines Punktobjektes braucht man nur zu prüfen, ob dessen Koordinate  $X_i$  größer als der Mindestabstand von der Randlinie ist. Für die Herstellung einer bestimmten Karte beträgt der Mindestabstand des Punktzentrums von der Randlinie z. B. bei dem Durchmesser  $d$  einer kreisförmigen Signatur und der lichten Weite ( $S_0$ )

gemäß Bild 2a: 
$$X_i \geq \pm(S_0 + d/2) \tag{1}$$

Für Punktobjekte sind stets die Koordinaten des Zentrumspunktes in der Natur zu speichern. Bei unverdrängten Punktobjekten ist der 'lagerrichtige Punkt' der Lokalsignatur im Zentrumspunkt zu plazieren. Der lagerrichtige Punkt ist der Mittelpunkt geometrisch einfacher Signaturen (z. B. Kreis, Quadrat usw.) und der Scheitelpunkt des rechtwinkligen Fußes, die Mitte der Grundlinie oder der Mittelpunkt des unteren Teils von zusammengesetzten Signaturen. In Formel (1) ist anstelle des halben Kreisdurchmessers stets der Abstand der äußersten Zeichnungsteile vom lagerrichtigen Punkt der betreffenden Lokalsignatur in der betreffenden Richtung (z. B. nach oben oder unten) einzusetzen. Bei nordorientierten Lokalsignaturen genügt eine Verschiebung des Zentrumspunktes (i) gemäß Formel (1). Bei objektorientierten Lokalsignaturen wird zur Signaturorientierung zusätzlich ein Richtungspunkt benötigt. Bei der Randanpassung ist der Richtungshilfspunkt ebenfalls in x-Richtung zu verschieben. Sind  $x'$  die Koordinaten vor der Randanpassung, so ergeben sich die neuen Koordinaten des Richtungspunktes aus

$$x_j = x_j' + (x_j' - x_i') \tag{2}$$

### 5. Primäre und sekundäre Randanpassung von Punktobjekten

Primäre Randanpassungen dienen dem Aufbau der Datenbank. Sie erfolgen im Anschluß an die Digitalisierung zur Kontrolle und Korrektur der einzuspeichernden Daten. Werden von der Datenbank Daten zur Herstellung von Rahmenkarten ausgegeben, so sind sekundäre Randanpassungen nötig.

In der Datenbank sind die Punktobjekte unabhängig vom Zeichenschlüssel später herzustellender Karten abzulegen. Damit liegen keine Signaturgrößen (z. B.  $d$  in Gleichung (1)) fest und es genügt, einen Sicherheitsabstand  $X_i=S_0=0,2$  mm zu benutzen. Entstehen die einzuspeichernden Daten durch Digitalisierung einer Karte, so ist zur Sicherung der Richtigkeit der Datenbank die Übereinstimmung mit den Randlinien des Kartenblattes zu prüfen. Eine solche primäre Randanpassung entspricht einer Eingabekontrolle. Bei topographischen Punktobjekten, die nach den digitalisierten Koordinaten genau auf der Randlinie oder im Inneren des Kartenblattes liegen mit einem Abstand von der Randlinie, der kleiner als der Sicherheitsabstand ist, wird  $X_i=S_0$  gesetzt. Damit erhalten diese Punktobjekte Koordinaten  $X_i$ , die sie eindeutig dem betreffenden Kartenblatt zuordnen. Prüfung und Ausführung dieser Randanpassungsoperation sind automatisch (im Stapelbetrieb) ausführbar.

Topographische Punktobjekte, die bei der Digitalisierung des Kartenblattes erfaßt wurden und nach ihren Koordinaten (z. B. infolge von Digitalisierfehlern) auf der falschen Seite der Randlinie, also außerhalb des Kartenblattes liegen, können jedem der beiden Kartenblätter zugeordnet und entsprechend verdrängt werden. Hier müssen die Lagebeziehungen der Natur beachtet werden. So darf z. B. ein auf der nördlichen Seite der Straße stehender Baum, Wegweiser usw. nicht nach Süden (auf die andere Straßenseite) verdrängt werden. Ebenso darf ein fast auf der Blattrandlinie liegendes Punktobjekt nicht in das falsche Kartenblatt geschoben werden. Bei primären Randanpassungen erkennt das Programm solche Fälle als offensichtliche Dateifehler. Dann ist vom Operateur anhand von Zusatzmaterial, Luftbildern usw. zu klären, ob und wo das Punktobjekt darzustellen ist. Diese Lösung wird dann im Dialogbetrieb realisiert.

Vorstehende Verfahrensweise ist dort zweckmäßig, wo die Randlinien der Kartenblätter zugleich Grenzen der Speichereinheiten (Sektionen) sind. Hier wie auch dort, wo die Speichereinheiten andere Grenzen als die digitalisierten Kartenblätter haben, ist auch folgende Verfahrensweise möglich: Auf der Randlinie und innerhalb des Kartenblattes liegende Punktobjekte behalten die unveränderten Koordinaten. Genau auf der Sektionsgrenze liegende Punktobjekte werden (zweimal) in beiden Sektionen abgespeichert. Praktisch besteht die Randanpassung nur in der Überprüfung und bei Bedarf Korrektur der Punktobjekte, die außerhalb des Kartenblattes liegen und vermutlich fehlerhaft sind, im Dialogbetrieb.

Werden später mit Hilfe der Datenbank Karten hergestellt, die die gleichen oder andere Randlinien wie vor der Digitalisierung haben, so ist eine sekundäre Randanpassung notwendig. Zur Kartenherstellung werden die betreffenden Daten nach dem Window-Prinzip der Datenbank entnommen. Dabei werden alle auf der Randlinie und im Blattgebiet liegenden Punktobjekte erfaßt. Die sekundäre Randanpassung hat die topographischen Punktobjekte, die auf oder zu nahe bei der Randlinie liegen, gemäß Gleichung (1) anzupassen. Diese sekundäre Randanpassung kann automatisch im Stapelbetrieb erfolgen. Auf Grund der primär randangepaßten Datenbank werden nur ausnahmsweise Fälle auftreten, die Dialogbetrieb erfordern.

Gleichung (1) beinhaltet eine Verschiebung der betreffenden topographischen Punktobjekte. Der Betrag der Verschiebung ist von der Gestaltung und Größe der Lokalsignaturen abhängig und daher bei verschiedenen Karten, verschiedenen Kartenmaßstäben usw. unterschiedlich. Daher können die sekundären Randanpassungsoperationen mit dem jeweiligen Symbolisierungsprozeß verbunden werden.

## 6. Randanpassung im Eckfeld

Punktobjekte können auch sehr nahe an einer Blattecke liegen. Sind die Abstände  $dx$  und  $dy$  von den beiden Randlinien, die von einer Blattecke ausgehen (Bild 3b und 4a) größer als der festgelegte Mindestabstand, so sind natürlich keine Randanpassungsmaßnahmen nötig. Bild 3f zeigt den typischen Fall (Modellfall) eines im betreffenden Kartenblatt und zu nahe an der Blattecke liegenden Punktobjektes. Erfolgt zuerst die Randanpassung im Randstreifen des Westrandes des Kartenblattes, so wird dabei das Punktobjekt auf den Sollabstand  $s$  verschoben. Erfolgt danach - mit der Punktlage von Bild 4b - die Randanpassung an den Nordrand des Kartenblattes, so hat das Punktobjekt nach den beiden Randanpassungen die Lage  $d_x=d_y=s$  (Bild 4c).

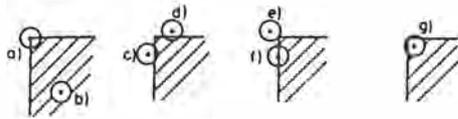


Bild 3: Topographische Punktobjekte in Ecklage

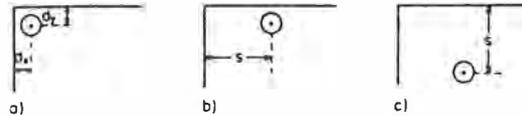


Bild 4: Randanpassung eines Punktobjektes im Eckfeld:

- a) Ausgangslage, b) Punktlage nach der Randanpassung an den Westrand, c) Punktlage nach der Anpassung an den Nordrand.

Liegen randnahe Punktobjekte genau auf oder ein wenig neben der Randlinie außerhalb des betreffenden (schraffierten) Kartenblattes, so sind wieder die Anpassungslösungen von Abschnitt 5 möglich. Ein genau auf der Blattecke liegendes Punktobjekt könnte sogar jedem der vier die Ecke umgebenden Kartenblätter zugeordnet werden.

Bild 3e stellt den (Diagonal-)Lagefall dar, der (bei entsprechender Programmgestaltung) bei der Randstreifenbearbeitung nicht erfaßt wird. Wenn solche Fälle auftreten, ist nach den Anpassungen der beiden Randstreifen zusätzlich eine Eckfeldprüfung nötig. Dabei ist die Lagerichtigkeit der Punktobjekte gemeinsam mit der der Linienobjekte visuell zu prüfen und bei Bedarf zu korrigieren.

Sind alle Punktobjekte der Lagefälle a bis g von Bild 3 bei der Informationserfassung und Digitalisierung dem schraffierten Kartenblatt zugeordnet worden und darf diese Entscheidung voll als richtig anerkannt werden, so sind die Lagefälle a, c, d, e und f von Bild 3 auf Koordinatenmeßfehler zurückzuführen. Die Koordinatenfehler lassen sich automatisch im Stapelbetrieb durch Verschiebung in die Punktlage von Bild 4c korrigieren.

## 7. Folgeanpassung von Punktobjekten

Die Randanpassung erfordert meist eine Veränderung der Lage (Lageverschiebung) der Punkt- und Linienobjekte.

Neben der Lage gegenüber der Randlinie ist auch die relative Lage der Objekte zueinander zu beachten. Wird bei der Randanpassung die Lage eines Punktobjektes (Bild 5b) verändert, so ändert sich auch die Lage der Objekte zueinander. Im Extremfall kann durch die Lageverschiebung ein Punktobjekt auf die andere Seite des Linienobjektes geraten. Zum Beispiel kann ein Turm plötzlich auf der anderen Seite der Straße liegen.

Zur Vermeidung solcher unzulässiger Lagefälle ist eine Folgeanpassung nach der Anpassung an die Randlinie nötig. Die Folgeanpassung hat zu bewirken, daß das Punktobjekt auf der richtigen Seite und im richtigen Abstand von der Randlinie (SR) und von benachbarten Linienobjekten (SL) plaziert wird. Zur Lagedefinition genügt (vgl. Abschn. 4) die Vereinbarung  $SR=SL=0,2$  mm. Für die Kartenherstellung in einem bestimmten Zeichenschlüssel und Kartenmaßstab müssen für SR und SL die aus den Strichbreiten und Signaturmaßen resultierenden Beträge benutzt werden.

Praktisch ist mittels der Linientangente

$$a = SL / \cos \alpha$$

$$Y_t = Y_a + x_i \cdot \tan \alpha$$

$$aa = Y_i - Y_t$$

gemäß Bild 5a zu berechnen und zu prüfen, ob  $Y_i$  größer (bzw. kleiner)  $Y_t$  ist und ob  $(Y_i - Y_t) \geq a$  ist.

Das Vorzeichen von  $aa$  muß bei Beginn der Randanpassung vor eventuellen Lageänderungen der Punkt- und Linienobjekte bestimmt und registriert werden. Dann kann - bei Nichterfüllung obiger Bedingungen - nach der Randanpassung die richtige Seitenlage wieder hergestellt werden aus:

$$Y_i = Y_t + a \quad \text{bei } aa > 0$$

$$\text{oder } Y_i = Y_t - a \quad \text{bei } aa < 0$$

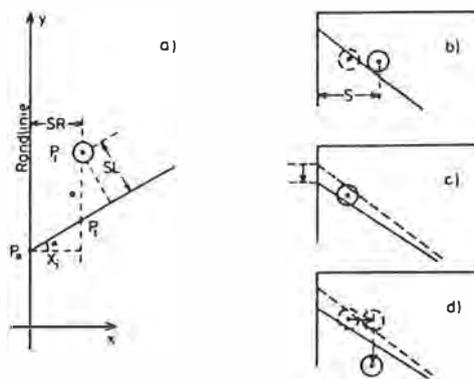


Bild 5: Folgeanpassung von Punktobjekten:

- a) Bezeichnungen, b) Randanpassung des Punktobjektes,
- c) Randanpassung der Linie, d) Folgeanpassung des Punktobjektes  
(Lage vor der Operation ist gestrichelt)

Lagefälle, die zu solchen extremen Verfälschungen der relativen Lage wie in Bild 5b und 5c führen, sind sehr selten, so daß Zweifel an der Rentabilität dieser - nicht geringen - Programmteile entstehen. Die unzulässigen Verfälschungen der relativen Lage sind bei visuellen Kontrollen nur bei genauem Vergleich mit der Ausgangssituation - also schwierig - feststellbar. Damit dienen die Programmteile der Einsparung von Kontrollzeiten und der Sicherung der objektiven Richtigkeit der Randanpassung.

## 8. Randanpassung im Dialogbetrieb

Im vorhergehenden wurde darauf orientiert, daß die Randanpassung der Punktobjekte automatisch im Stapelbetrieb erfolgt. Dabei werden topographische Punktobjekte, die nicht automatisch anpaßbar sind (weil sie genau auf der Randlinie oder außerhalb des Kartenblattes liegen), vom Programm erkannt. Bei Kontrollen des Operateurs am Bildschirm oder bei Korrekturlesungen von Kartographen in Kontrollkopien können weitere Fehler oder Mängel von Punktobjekten festgestellt werden. In beiden Fällen muß der Operateur oder Kartograph die Möglichkeit haben, die Datenbestände mit Hilfe von Bildschirmverfahren im Dialogbetrieb zu korrigieren. Nach unseren Erfahrungen sind für Punktobjekte die folgenden Bildschirmverfahren erforderlich, die mit Hilfe eines Menüs und/oder Zahleneingaben in Funktion gesetzt werden. Dabei können alle Punktobjekte der beiden Randstreifen nacheinander durch automatische Cursoreinstellung zur Prüfung und Korrektur angeboten werden.

### 8.1 Merkmalsänderung

Wenn in den graphischen Darstellungen am Bildschirm oder in Kontrollkopien fehlerhafte oder keine Signaturen erscheinen, können Fehler in den Indikatoren oder anderen Merkmalen des gespeicherten Punktobjektes enthalten sein. Sie sind durch Vergleich mit Ausgangs- oder Zusatzmaterial und Kontrollausschriften zu klären. Dafür sind Prozeduren erforderlich, die die Anzeige und Veränderung der gewünschten Merkmale am Terminal gestatten.

### 8.2 Punktverschiebung

Das am Bildschirm eingestellte Punktobjekt muß wahlweise verschiebbar sein:

- a) um einen konstanten Betrag (0,2 mm) in eine der Richtungen: oben, unten, rechts, links,
- b) um einen beliebig gewählten, eingegebenen Betrag senkrecht zur Randlinie nach links oder rechts,
- c) in eine beliebige, mit dem Cursor angegebene Position.
- d) in die Position eines mit dem Cursor angegebenen Knotenpunktes, wenn durch die Randanpassung der Linienobjekte die Knotenpunktkoordinaten geändert wurden.

Das Verschieben eines Punktobjektes in die Nachbarsektion erfolgt in der Regel ohne Änderung der Dateizuordnung mit der Prozedur b). Ist auch die Dateizuordnung zu ändern, so ist mit den Prozeduren von Abschnitt 8.3 das Punktobjekt zuerst in der bisherigen Datei zu löschen und dann mittels Cursoreinstellung in die Datei der Nachbarsektion neu einzugeben.

### 8.3 Löschen und neues Eingeben

Falsche oder überflüssige Punktobjekte können mit der Löschprozedur in der betreffenden Datei getilgt werden. Bisher fehlende, neue Punktobjekte sind mit dem Cursor am Bildschirm einzustellen bzw. zu positionieren und dann in die betreffende Datei (der links oder rechts der Randlinie liegenden Sektionen) einzufügen. Bei beiden Prozeduren müssen Maßnahmen (Umspeicherungen usw.) zum Schließen von Lücken und zum Schaffen von Platz für neue Dateneingaben eingeschlossen sein.

## 9. Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden zunächst allgemeine Grundlagen und Anwendungen der Randanpassung bei Rahmen- und Inselkarten erläutert. Am Beispiel der Punktobjekte werden die notwendigen Prozeduren der Randanpassung im Randstreifen und im Eckfeld sowie Folgeanpassungen aufgezeigt. Es werden Prozeduren für im Stapelbetrieb automatisch lösbare Anpassungen und für rechnergestützte Lösungen des Dialogbetriebes (Bildschirmverfahren) unterschieden.

L i t e r a t u r:

- HUNGER, S.; TOST, R.: Probleme der Randanpassung, dargestellt am Beispiel von Höhenlinien der Karte BAGBAND-SÜD (DGK 1 : 5000).  
In: Nachr. a. d. Karten- u. Vermessungswesen, Frankfurt/Main,  
Reihe 1, H. 65, 1974, S. 67-88
- JOHANNSON, T.: Automatische Verfahren mit interaktivem Editing, Randanpassung, Kreuzungsbereinigung und Schriftplatzierung für eine kleinmaßstäbige topographische Karte.  
In: Nachr. a. d. Karten- u. Vermessungswesen, Frankfurt/Main,  
Reihe 1, H. 71, 1977, S. 47-60
- LIEBSCHER, R.: Bildschirmverfahren der Randanpassung.  
Diplomarbeit, TU Dresden 1989
- RÖßLER, H.: Zur Mathematisierung der rechnergestützten Randanpassung von Kurven.  
In: Wiss. Ztschr. d. TU Dresden, 1991 (im Druck)
- SCHMIDT, K.: Nachbarschaftsbedingungen der Randanpassung.  
Diplomarbeit, TU Dresden 1988
- TÖPFER, F.: Varianten der Randanpassung.  
In: Wiss. Ztschr. d. TU Dresden, 1991 (im Druck)
- WIENS, H.: Flurkartenerneuerung mittels Digitalisierung und numerischer Bearbeitung unter besonderer Berücksichtigung des Zusammenschlusses von Inselkarten zu einem homogenen Rahmenkartenwerk.  
In: Schriftenreihe des Institutes für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, H. 17  
Bonn: Kirschbaum Verlag 1984

## Anwendungen von PROLOG in der Kartographie

---

Ingeborg Wilfert

### 1. Einleitung

Rechnergestützte Arbeitsweisen haben in der Kartographie einen festen Platz und führen zu einer beträchtlichen Leistungssteigerung und teilweise auch zu einer höheren Qualität der Karten. Die moderne Rechentechnik erlaubt die Verarbeitung großer Datenmengen und die effektive Berechnung daraus abgeleiteter Karteninhalte. Auch für die Automatisierung des Kartenentwurfs wurden Anstrengungen unternommen und brauchbare Lösungen vor allem zur Herstellung von Spezialkarten erreicht.

Die in der Kartographie anstehenden Problemstellungen und Aufgaben beinhalten aber im allgemeinen nicht nur Probleme der mathematischen und numerischen Datenverarbeitung und -bewertung, sondern auch eine Vielzahl nichtnumerischer Aufgabenstellungen, bei deren Lösung eine Rechnerunterstützung auch erwünscht wäre.

Überall, wo das Fachwissen weitgehend formalisiert werden kann, ist es einer Rechnerunterstützung zugänglich. Diese Formalisierung des Fachwissens ist meist in Regeln möglich, die beinhalten, in welcher Form Tatsachen (Fakten) miteinander verknüpft werden müssen, um die Problemstellung zu lösen. In vielen Fällen können exakte Regeln angegeben werden, in anderen Fällen nur eine Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit einer bestimmten Regel. Es ist möglich, eine Aufgabe dem Rechner zu übertragen, wenn die gesuchte Lösung durch logisches Schlußfolgern aus den Fakten und Regeln, die das Fachwissen beschreiben, sowie den Ausgangsdaten abgeleitet werden kann. Für die Lösung solcher Aufgabenstellungen sind aber die klassischen Programmiersprachen, z.B. Fortran, Pascal oder C, wenig geeignet. Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Verfahren und Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) sind jedoch effektive Werkzeuge zur Bearbeitung derartiger Aufgaben geschaffen worden. Ein solches Werkzeug stellt die KI-Sprache PROLOG (Programming in Logic) dar, die 1972 von ALAIN COLMERAUER in Marseille entwickelt wurde. Sie ist eine deklarative Sprache und dient speziell dazu, durch logisches Beweisen und Schlußfolgern Lösungen für durch Fakten und Regeln formalisierte Aufgabenstellungen zu finden.

Ziel dieses Beitrages ist es, an einfachen kartographischen Beispielen Anwendungsmöglichkeiten für PROLOG in der Kartographie aufzuzeigen und Interesse zu wecken, auch die nichtnumerischen kartographischen Aufgabenstellungen einer rechnerunterstützten Lösung zuzuführen. Dazu wird im folgenden eine knappe Charakterisierung der Programmiersprache PROLOG vorgenommen und an drei ausgewählten Beispielen die Anwendung auf kartographische Probleme demonstriert.

### 2. Charakterisierung von PROLOG

PROLOG ist eine Programmiersprache, die speziell für die Verarbeitung von nichtnumerischen und symbolischen Daten entwickelt wurde. Ein PROLOG-Programm besteht aus Klauseln, d. h. Fakten, die bestehende Tatsachen beschreiben, Regeln, die Zusammenhänge zwischen Klauseln angeben, und Anfragen, die das Ziel formulieren.

F a k t e n sind Feststellungen oder Tatsachen und können beispielsweise die Kartenzeichen einer Karte sein. Dies würde in PROLOG folgendermaßen formuliert:

```
% kartenzeichen(Bezeichnung, Art des Kartenzeichens)
  kartenzeichen(baum, signatur).
  kartenzeichen(wald, flaeche).
  kartenzeichen(weg, linie).
  kartenzeichen(teich, flaeche).
```

Die Kommentarzeile ist mit einem %-Zeichen gekennzeichnet.

Regeln stellen Beziehungen zwischen Fakten bzw. Regeln dar und sind nur erfüllt, wenn die geforderten Beziehungen bestehen. Eine Regel kann z.B. besagen, daß ein Decker hergestellt werden muß, wenn das Kartenzeichen flächenhaft ist. In PROLOG hat diese Regel folgende Form:

```
decker_herstellen(X):-  
    kartenzeichen(X,flaeche).
```

Dabei bedeutet das Zeichen ":-" die Implikation "wenn".

Das Ziel könnte sein, alle Kartenzeichen zu ermitteln, für die ein Decker hergestellt werden muß:

```
decker_herstellen(X).
```

Bei der Abarbeitung versucht PROLOG, auf eine Anfrage alle möglichen Antworten zu ermitteln. Fakten werden zur Charakterisierung ihrer Unveränderlichkeit klein, z. B.

```
flaeche in kartenzeichen(X,flaeche),
```

aber Variable, die noch beliebige Werte annehmen können, groß geschrieben, z. B.

```
X in kartenzeichen(X,flaeche).
```

Im obigen Beispiel versucht PROLOG, die Aufgabe dadurch zu lösen, daß es prüft, ob das Ziel über eine Regel auf der Basis der vorhandenen Fakten oder über den Umweg der Bearbeitung weiterer Regeln gefunden werden kann. PROLOG findet als Antwort

```
X = wald      X = teich
```

Die Besonderheit von PROLOG ist nun, daß der zu einem solchen Beweis erforderliche Problemlöser, die sog. Inferenzmaschine, bereits eingebaut ist. Bei der Formulierung eines zu beweisenden Zieles, z. B.

```
decker_herstellen(X),
```

löst die Inferenzmaschine die gestellte Aufgabe. Sie kann dabei nicht nur eine Lösung ableiten, sondern durch eingebaute Mechanismen auch alle aus den Fakten und Regeln ableitbaren möglichen Lösungen bestimmen.

Wichtige Mechanismen dieser Art sind

1. der Mustervergleich zwischen Termen (Patternmatching),
2. die Bindung von Variablen an Terme (Instantiierung),
3. der eingebauter Suchalgorithmus auf der Basis der Tiefensuche,
4. die Möglichkeit der Zurückverfolgung (Backtracking), um weitere Lösungen zu finden bzw. um nicht erfolgreiche Suchwege und die dabei vorgenommenen Variablenbindungen rückgängig zu machen. Dabei kann durch erzwungenes Scheitern eines erfolgreichen Suchvorganges mittels des eingebauten Prädikats `fail` die Suche weiterer Lösungen durch Backtracking bewirkt werden.
5. die Möglichkeit einer rekursiven Formulierung von Regeln,
6. eine effektive Listenverarbeitung, die die Lösungsfähigkeit weiter erhöht und
7. eine Modifikation des Programmes während des Programmablaufs, indem Fakten und Regeln dem Programm hinzugefügt werden.

Aus dem Vorgenannten wird ersichtlich, welche mächtige Sprache PROLOG für die symbolische Datenverarbeitung ist.

### 3. Kartographische Problemstellungen

Eine kartographische Fragestellung, die bei jedem Kartenherstellungsprozeß auftritt, ist die Suche nach einer optimalen Lösung bezüglich Arbeitsaufwand, Materialkosten und Arbeitskräfteeinsatz. Durch Verknüpfung von Fakten und Regeln, die das Problem beschreiben, können durch logische Schlußfolgerungen eine oder mehrere Lösungen angeboten werden. Diese können mittels geeigneter Kriterien einer Bewertung unterzogen werden. An drei Beispielen sei dies demonstriert.

#### Beispiel 1: Farbwahl für eine politische Karte

Ziel: Benachbarte politische Einheiten sollen durch verschiedenfarbige Flächen wiedergegeben werden.

Die Wissensbasis enthält in diesem Falle Fakten zu den politischen Einheiten und deren Nachbarn:

```
% benachbart(Staat,[benachbarte Staaten])
benachbart(marokko,[westsahara,algerien]).
benachbart(westsahara,[marokko,algerien,mauretaniern]).
benachbart(togo,[ghana,turkina_faso,benin]). % usw.
```

und zu den verfügbaren Farben:

```
% farbe(Farbbezeichnung)
farbe(rot).
farbe(gruen).
farbe(blau). % usw.
```

Um auszuschließen, daß zwei aneinandergrenzende politische Einheiten dieselbe Farbe erhalten, wird folgende Regel formuliert:

```
bestimme(Staat,Farbe):-
    farbe(Farbe),
    benachbart(Staat,Liste_der_Nachbarn),
    pruefe_Farbe(Farbe,Liste_der_Nachbarn),
    eintrag_in_Farbliste(Farbe).
```

Die Regel besagt, daß zu einem Staat eine Farbe ermittelt werden soll, die folgende Bedingungen erfüllt:

- Es ist eine Farbe definiert.
- Und: Der Staat ist einer Anzahl Staaten benachbart.
- Und: Es wird geprüft, ob diese Farbe bereits an einen benachbarten Staat vergeben worden ist.
- Und: Wenn nein, wird diesem Staat obige Farbe zugewiesen, und die Farbe wird in eine Farbliste eingetragen.

Das Suchen nach der geeigneten Farbe ist ein kombinatorisches Problem, das in PROLOG durch Backtracking effektiv gelöst werden kann. Die Prädikate

```
pruefe_Farbe(Farbe,Liste_der_Nachbarn) und
eintrag_in_Farbliste(Farbe)
```

sind selbst wieder Regeln, die nicht näher beschrieben werden sollen.

Zu dem PROLOG-Programm gehören des weiteren Dateneingabe- und Datenausgabe-Klauseln, so daß das Ergebnis als Tabelle ausgegeben werden kann, z.B.

Farbe	Staaten
grün	Algerien, Senegal, Liberia, Ghana, Benin, Libyen, Somalia, Ruanda, Kamerun, Namibia, Lesotho, Swasiland
blau	Westsahara, Mali, Nigeria, Sudan, Dschibuti, Kongo, Botswana, Sambia, Äquatorialguinea
usw.	

Dieser einfache Algorithmus löst das Problem und bestimmt auf einem IBM-XT-kompatiblen Rechner selbst für den afrikanischen Kontinent mit seinen 47 Staaten in Sekundenschnelle die Lösung. Für diese 47 Staaten werden nur 5 Farben benötigt. Zwar kann für obigen Algorithmus nicht nachgewiesen werden, daß er mit Sicherheit die minimal mögliche Anzahl von Farben garantiert, aber das Ergebnis ist im allgemeinen ausreichend gut.

Für die Farbwahl können weitere Forderungen gestellt werden, z.B. daß aus ästhetischen Gründen auszuschließen ist, daß zwei bestimmte Farben benachbart auftreten:

```
% ausschliessen(Farbe 1, Farbe 2)
ausschliessen(blau, gruen).
ausschliessen(rot, orange). % usw.
```

Die Prozedur zur Bestimmung der Farben muß dann diese Klausel zusätzlich enthalten. Auch kann das Ziel dahingehend erweitert werden, daß nach der ermittelten Farbwahl Decker auf dem Bildschirm oder einem anderen Ausgabegerät ausgegeben werden. Die Anlage enthält zur Demonstration den wesentlichen Teil des PROLOG-Programms.

### Beispiel 2: Kalkulation technologischer Varianten

Ziel: Aus den Kartenzeichen einer Karte soll auf mögliche technologische Varianten und deren Kosten geschlossen werden.

Dieses Problem ließe sich auch mit prozeduralen Programmiersprachen oder mit kommerzieller Software lösen. Unter anderem hat PROLOG bei dieser Aufgabenstellung aber für sich: Zusätzliche Fakten und Regeln, die berücksichtigt werden sollen, lassen sich mühelos formulieren und in das Programm einbinden. Die Kartenzeichen einer bestimmten Karte, die aktuellen Preislisten für kartographische und reproduktionstechnische Materialien oder die Bearbeitungskosten lassen sich beispielsweise als Datenbasis in einer Datei ablegen und können dem PROLOG-Programm aktuell übergeben werden.

Für die Aufstellung einer Technologie für den Vierfarbendruck der politischen Karte aus Beispiel 1 seien die Fakten zur Farbdefinition und zu den Material- und Bearbeitungskosten folgende:

```
% farbdefinition(Farbe, Cyan-, Magenta-, Gelb-, Schwarzanteil)
farbdefinition(rot, 0, 50, 50, 0).
farbdefinition(blau, 50, 0, 0, 0).
farbdefinition(gruen, 50, 0, 50, 0). % usw.

% materialkosten(Material, Kosten)
materialkosten(abziehfolie, 20.00).
materialkosten(gravierfolie, 15.50).
materialkosten(film, 10.00). % usw.

% bearbeitungskosten(Tätigkeit, Kosten)
bearbeitungskosten(abziehen, 5.00).
bearbeitungskosten(gravieren, 30.25).
bearbeitungskosten(kopieren, 10.00). % usw.
```

Die Farbdefinition enthält die Rastertonwerte für die Druckfarben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz, die Material- und Bearbeitungskosten seien DM-Beträge für eine definierte Fläche.

Mittels der weiter unten erläuterten Regeln

```
farbanteil(Staat,Cyan,Magenta,Gelb,Schwarz),  
decker_herstellen_x(X) und  
technologie,
```

ergänzt durch Ein- und Ausgabe-prozeduren, kann ein Kostenvergleich zwischen zwei möglichen Technologien, die sich in diesem Falle nur auf die Flächen beziehen, erstellt werden. Bei Technologie 1 enthält ein Decker Flächen gleicher Druckfarbe und gleichen Rastertonwertes. Bei Technologie 2 enthält ein Decker Flächen gleicher Flächenfarbe. Für den afrikanischen Kontinent mit seinen 47 Staaten ergibt dies folgenden Kostenvergleich:

KOSTENVERGLEICH

Anzahl/Kosten	Techno- logie 1	Techno- logie 2	Kosten/ Einheit
-----			
Abziehfolien:			
Anzahl	5	5	
Kosten in DM	100.00	100.00	20.00
abzuziehende Flächen:			
Anzahl	77	47	
Kosten in DM	385.00	235.00	5.00
Filme:			
Anzahl	4	4	
Kosten in DM	40.00	40.00	10.00
Kopiergänge:			
Anzahl	5	7	
Kosten in DM	50.00	70.00	10.00
-----			
Materialkosten	140.00	140.00	
Arbeitskosten	435.00	305.00	
-----			
Gesamtkosten in DM	575.00	445.00	

Diesen drei Regeln liegt folgender Ansatz zugrunde:  
Ist die Farbwahl aus Beispiel 1 in einer Datenbasis

```
staat_farbe(Staat,Farbe)
```

abgelegt, können die Farbanteile der Normfarben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz für jeden Staat ermittelt werden aus

```
farbanteil(Staat,Cyan,Magenta,Gelb,Schwarz):-  
    staat_farbe(Staat,Farbe),  
    farbdefinition(Farbe,Cyan,Magenta,Gelb,Schwarz).
```

Welche Staaten in einem Decker geschnitten werden müssen, ermittelt die Regel

```
decker_herstellen_x(X).
```

Diese Regel bedient sich der Listenverarbeitung, z. B. in

```
findall(...,Liste),
```

und der Rekursion in

```
decker_herstellen_cyan(Cyan):-.....,  
    decker_herstellen_cyan(Cyan1).
```

Für die Druckfarbe Cyan gilt:

```
decker_herstellen_cyan(Cyan):-  
  Cyan<110,  
  findall(Staat, farbanteil(Staat,Cyan,_,_,_),Liste),  
  eintragen(cyan,Cyan,Liste),  
  Cyan1=Cyan+10,  
  decker_hersteller_cyan(Cyan1).
```

Die Prozedur `technologie` erstellt die Gesamtliste der Decker:

```
technologie:-  
  decker_herstellen_cyan(10),  
  fail.  
  
technologie:-  
  decker_herstellen_magenta(10),  
  fail.
```

usw.

Hier unterstützt PROLOG die Suche nach allen Lösungen mit dem Prädikat `fail`, das weiteres Suchen erzwingt.

### Beispiel 3: Atlasprojekt

Ziel: Für einen Atlas, der Karten vorgegebener Mindestformate enthalten soll, ist das Format zu bestimmen, bei dem unter Beachtung vorgegebener Gestaltungsrichtlinien ein Minimum an Seiten benötigt wird.

Dies ist ein kombinatorisches Problem und bei manueller Suche der Lösung mit erheblichem Zeitaufwand verbunden.

Zur Lösung des Problems ist die Formulierung

- einer Datenbasis,
- einer Berechnungsvorschrift und
- einer Gestaltungsrichtlinie

erforderlich.

Die Datenbasis enthält Angaben zu Karten und Abbildungen, evtl. auch zum Umfang des Textes, z. B.

```
% karte(Bezeichnung, Maßstab, Breite, Höhe)  
karte("Erde", "1:250 000 000", 17.0, 9.2).  
karte("Europa", "1:30 000 000", 17.5, 15.5).  
karte("Deutschland", "1:3 750 000", 16.7, 23.1).  
  
% abbildung(Bezeichnung, Breite, Höhe)  
abbildung("Klimadiagramm", 4.5, 3.0).  
abbildung("Bodenprofil", 10.0, 5.0).  
abbildung("Bevölkerungsdynamik", 4.6, 7.2).
```

und Expertenwissen zu empfehlenswerten Abmessungen von Atlanten, z.B.

```
% atlasformat(Bezeichnung, Verhältnis Höhe zu Breite)  
atlasformat(quant, 0.75).  
atlasformat(format_a, 0.50).  
atlasformat(format_b, 1.7).
```

und den empfehlenswerten Aufteilungen des Blattspiegels, Anzahl der Textspalten u. a.:

```
% seitenaufteilung(Spiegel, Rand, Textspalten, Zwischenraum)  
seitenaufteilung(44, 3, 3, 1).  
seitenaufteilung(40, 4, 2, 1).  
seitenaufteilung(20, 1, 1, 0).
```

Die Berechnungsvorschrift ermittelt aus den Atlasformaten und Seitenaufteilungen die Standardformate für Karten und Abbildungen. Jeder Karte kann damit ein Standardformat zugeordnet und die Auslastung des Standardformats durch die Karte berechnet werden. Für unterschiedliche Atlasformate und Seitenaufteilungen ergeben sich bei gleicher Kartenkonzeption unterschiedliche Auslastungen und damit unterschiedliche Herstellungskosten.

Für die ästhetische Anordnung von Karten, Abbildungen und Text auf einer Seite liegen Erfahrungswerte vor. Diese bilden die Grundlage für Vorschläge für die Gestaltung des Layouts der Seiten des Atlas, d.h. mögliche Kombinationen von Standardformaten werden ermittelt.

Datenbasis, Berechnungsvorschrift und Gestaltungsrichtlinie bilden die Basis für ein flexibles, dialogorientiertes Handwerkszeug für die Layoutgestaltung. Seine Weiterentwicklung zu einem Beratungssystem für Anwender, die häufig mit derartigen Problemstellungen konfrontiert werden, erscheint sinnvoll. Dafür ist die Realisierung einer automatischen Suche günstiger Kartenanordnungen unter Berücksichtigung von Nachbarschaftsbeziehungen erforderlich. Die dazu notwendigen Grundlagen und Beurteilungskriterien bedürfen noch einer Erarbeitung. Der bisherige Stand der Arbeiten bildet dafür eine unmittelbare Grundlage.

#### 4. Zusammenfassung

Mit PROLOG steht dem Kartographen ein modernes und faszinierendes Werkzeug zur Verfügung, das neue Wege erschließt, um verschiedene kartographische Aufgabenstellungen einer Rechnerunterstützung zugänglich zu machen. Die obigen einfachen Beispiele zeigen dies an speziellen Problemen des Kartenentwurfs und der Kartenherstellung und sollen zu einer Anwendung auf weitere, mit herkömmlichen Programmiersprachen nicht gut lösbare Probleme anregen. Prädestiniert sind solche, die Suchprozesse in größeren Datenbasen erfordern, wobei auch Kopplungen zu Datenbanken realisierbar sind, und Aufgabenstellungen, die auf Mustererkennung und Mustervergleich beruhen. Durch die rasche Entwicklung der Hardware können schnell und effektiv größere Datenmengen, z.B. Daten aus geographischen Informationssystemen, verarbeitet werden. Die rechnerunterstützte Lösung komplexer kartographischer Probleme rückt damit in greifbare Nähe.

#### L i t e r a t u r :

CLOCKSIN, WILLIAM; MELLISH, CHRIS:

Programming in Prolog.  
Berlin: Springer Verlag 1981

KOCH, KARL-HEINZ; STEINWENDER, DIETER:

Prolog.  
In: Chip, München: Vogel Verlag und Druck KG 1987, Heft 4 und folgende

BRATKO, IVAN:

Prolog.  
Bonn: Addison-Wesley Verlag (Deutschland) GmbH 1987

ROWE, NEIL C.:

Artificial intelligence through Prolog.  
London: Prentice-Hall Inc. 1988

SCHILDT, HERBERT:

Professionelles Turbo Prolog.  
Hamburg: McGraw-Hill Book Company GmbH: 1988

ANLAGE

Teil eines PROLOG-Programms

Auf Ein- und Ausgabeklauseln und Datenbankankweisungen ist in diesem Quelltext verzichtet worden.

```
% PROLOG-Programm Farbwahl für Flächen

%=====

farbe(rot).
farbe(gruen).
farbe(blau).
farbe(gelb).
farbe(graue).

%-----

benachbart(marokko,[westsahara,algerien]).
benachbart(algerien,[marokko,westsahara,tunesien,libyen,niger,
    mali,mauretaniien]).
benachbart(tunesien,[libyen,algerien]).
benachbart(westsahara,[marokko,algerien,mauretaniien]).
benachbart(mali,[mauretaniien,algerien,niger,burkina_faso,guinea,senegal]).
benachbart(senegal,[mauretaniien,mali,guinea,guinea_bissau,gambia]).
benachbart(gambia,[senegal]).
benachbart(guinea_bissau,[senegal,guinea]).
benachbart(guinea,[guinea_bissau,senegal,mali,cote_d_ivoire,
    liberia,sienna_leone]).
benachbart(sienna_leone,[guinea,liberia]).
benachbart(liberia,[sienna_leone,guinea,cote_d_ivoire]).
benachbart(cote_d_ivoire,[liberia,guinea,mali,burkina_faso,ghana]).
benachbart(ghana,[cote_d_ivoire,burkina_faso,togo]).
benachbart(burkina_faso,[mali,niger,benin,togo,ghana,cote_d_ivoire]).
benachbart(togo,[ghana,burkina_faso,benin]).
benachbart(benin,[togo,burkina_faso,niger,nigeria]).
benachbart(niger,[mali,algerien,libyen,tschad,nigeria,benin,burkina_faso]).
benachbart(nigeria,[benin,niger,tschad,kamerun]).
benachbart(libyen,[aegypten,sudan,tschad,niger,algerien,tunesien]).
benachbart(aegypten,[sudan,libyen]).
% usw.

%-----

farbe_festlegen:-
benachbart(X,_),
bestimmen(X),
fail.

farbe_festlegen:-
nl.

%-----

bestimmen(X):-
d_farbe(X,_),
!.
```

```
bestimmen(X):-  
  farbe(F),  
  benachbart(X,Liste),  
  pruefe_Farbe(F,Liste),  
  eintrag_in_Farbliste(F),  
  assert(d_farbe(X,F)),  
  !.
```

```
bestimmen(X):-  
  d_farbton(F),  
  benachbart(X,Liste),  
  pruefe_Farbe(F,Liste),  
  assert(d_farbe(X,F)),  
  !.
```

```
bestimmen(X):-  
  retract(d_weitere_farben(N)),  
  N1=N+1,  
  str_int(Nummer,N1),  
  concat("weitere Farbe ",Nummer,F),  
  assert(d_weitere_farben(N1)),  
  assert(d_farbton(F)),  
  assert(d_farbe(X,F)),  
  !.
```

%-----

```
pruefe_Farbe(_, []).
```

```
pruefe_Farbe(F,[Y|Liste]):-  
  not(d_farbe(Y,F)).  
  pruefe_Farbe(F,Liste).
```

%-----

```
eintrag_in_Farbliste(Farbe):-  
  d_farbliste(Farbe),  
  !.
```

```
eintrag_in_Farbliste(Farbe):-  
  assertz(d_farbliste(Farbe)),  
  retract(d_farbanzahl(N)),  
  N1=N+1,  
  assert(d_farbanzahl(N1)).
```

%=====

```
% Ziel  
GOAL
```

```
farbe_festlegen,  
readchar(_).
```

%=====

## AUTORENVERZEICHNIS

---

BERNHARDT, GÜNTER Dipl. Ing. für Kartographie 1966; seitdem Mitarbeiter, Redakteur, Hauptredakteur im VEB Geodäsie und Kartographie Schwerin; seit 1991 Dezernatsleiter im LVA Mecklenburg-Vorpommern; Spezialgebiet: Bearbeitung topographischer Karten

FRIEDLEIN, GÜNTER Dipl. Ing. für Kartographie 1966; Dr. rer. nat. Lomonossow-Universität Moskau 1971, seit 1970 Wiss. Mitarbeiter im Institut für Geographie und Geoökologie Leipzig; Spezialgebiete: Thematische Kartographie, Regionalatlaskartographie, Karten- und mehrsprachige Textredaktion

GARTNER, GEORG Mag. rer. nat. für Geographie(Kartographie) 1991; seit 1. 3. 90 Studienassistent, ab 1. 2. 91 Univ. Assistent am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU Wien

GRIESS, HEINRICH Dipl. Ing. für Kartographie 1970, Prom. A 1981, Prom. B 1987; von 1971-1982 Leiter der Kartographie im HAG Cottbus; Bearbeitung von Planungskarten für den Städtebau; Berufung zum Hochschuldozenten 1987; Leiter der Forschung Automatisierung topographischer Karten(Generalisierung) 1988-1990; 1989-1990 Leiter der WB Kartographie der TU Dresden

GAEBLER, VOLKHARD Dipl. Ing. für Kartographie 1963, Prom. A 1987; 1963-1982 Redakteur, Leitender Redakteur im Haack-Verlag, Werk Leipzig, 1982-1991 leitender Redakteur, Chefredakteur im Tourist Verlag, seit April 1991 Redakteur im Reise- und Verkehrsverlag, Niederlassung Leipzig; Spezialgebiete: Redaktion thematischer Karten, Untersuchungen zur Kartennutzung

HERRMANN, PETER Dipl. Ing. für Kartographie 1966; Faching. für Informationsverarbeitung 1988; seit 1966 Redakteur und Leiter in der Produktion, seit 1970 Wiss. Mitarbeiter und Leiter in der Forschung im Mil. -Kart. Dienst, dann Mitteldeutsche Kartographie und Druck GmbH Halle; seit 1991 Leiter Katasteramt Saalkreis; Spezialgebiet: Redaktionelle und technologische Entwicklung

HOFFMANN, FRANK Dipl. Ing. für Kartographie 1968; Wiss. Ass. am Inst. für Kartographie der TU Dresden 1968-1969; Wiss. Aspirant an der Moskauer Hochschule MIGAiK 1969-1972, Prom. 1972 zum Kand. der techn. Wissenschaften(CSc. techn. );1973-1980 Wiss. Oberassistent am WB Kartographie der TU Dresden; 1977/78 Zusatzstudium am MIGAiK, der MGU(Moskau) und des NIIGAiK(Nowosibirsk). Seit 1980 HS-Dozent für Automatisierung kartographischer Prozesse

KELNHOFER, FRITZ Dr. phil. habil., Kartographische Ausbildung bei Freytag-Berndt & Artaria KG Wien, Studium der Geographie, Meteorologie und Geophysik an der Universität Wien, 1969 Doktorat mit kartographischer Dissertation bei Prof. Arnberger, 1969-1971 wissenschaftlicher Kartograph am Institut für Kartographie der Österr. Akad. der Wissenschaften, von 1971-1983 Universitätsassistent am Institut für Geographie, 1978 Habilitation für Geographie, mit besonderer Berücksichtigung der Kartographie, seit 1984 Univ. Prof. für Kartographie und Reproduktionstechnik an der TU Wien, seit 1986 Direktor des Instituts für Kartographie der Österr. Akad. der Wissenschaften. Arbeitsschwerpunkte: Thematische Kartographie, kartographische Reproduktion, EDV-Kartographie

KOCH, WOLF GÜNTER Dipl. Ing. für Kartographie 1969, Prom. A 1975, Prom. B 1989; 1969 Assistent, 1977 Oberassistent im WB Kartographie der TU Dresden; seit 1990 Verantw. Leiter des Studienganges Kartographie; Spezialgebiete: Thematische Kartographie, Kartenredaktion und Untersuchungen zur Kartennutzung

KRIBBEL, JOHANNES Mag. rer. nat. für Astronomie 1988, seit 14. 12. 1987 am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU Wien Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Software-Entwicklung

LECHTHALER, MIRJANKA Dipl. Ing. für Verm. 1972, Prom. 1985 an der Geod. Fak. der Univ. Zagreb; 1972-1975 Assistent, 1976-1985 wiss. Assistent am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der Univ. Zagreb. 1989-1990 Techn. Sachbearbeiter am CAD Syst - Geometerkanzlei Wien. Ab 1990 Univ. Ass. am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU Wien. Spezialgebiete: Anwendung der Informationstheorie in der Kartographie, EDV-Kartographie

MEIER, SIEGFRIED Dipl. Ing. für Geod. 1964, Prom. A 1975, Prom. B 1976; von 1967 bis 1989 Wiss. Mitarbeiter im WB Allg. Geod. der TU Dresden; Teilnehmer der Spitzbergenexpeditionen 1962, 1964-1965; Antarktis-Aufenthalt 1971-1973; seit 1989 Wiss. Mitarbeiter, Oberassistent im WB Kartographie der TU Dresden; Lehrbeauftragter für Math. Kartographie und Geostatistik; Mitglied des Rates der Fak. für Bau-, Wasser- und Forstwesen und des Wiss. Rates der TUD seit 1990.

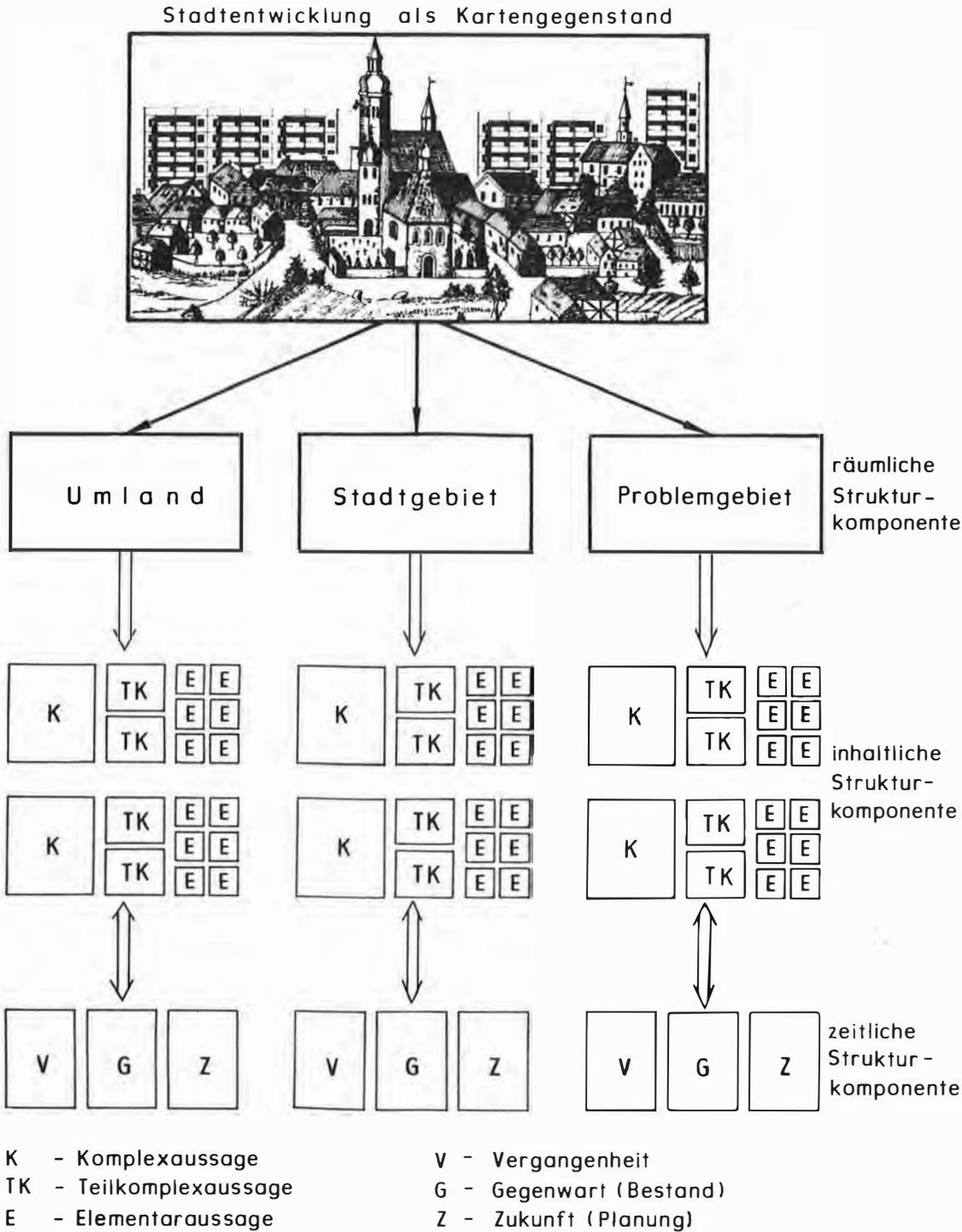
POPP, ANDREAS Mag. rer. nat. für Geographie(Kartographie) 1990; seit 1. 3. 90 Studienassistent, ab 1. 4. 91 Univ. Assistent am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU Wien

STAMS, WERNER Dipl. -Geogr. 1954, Prom. A 1968, Prom. B 1978; 1954-1958 Assistent am Geogr. Institut der Univ. Leipzig; 1958-1963 freischaffender Kartograph, seit 1963 Wiss. Mitarbeiter am Institut für Kartographie, später WB Kartographie der TU Dresden; 1971 Berufung zum HS-Dozenten für Kartengestaltung; langjähriger stellv. WB-Leiter; Mitglied des Rates der Fakultät für Bau-, Wasser- und Forstwesen seit 1990, Mitglied des Wiss. Rates 1968-1975 und seit 1990.

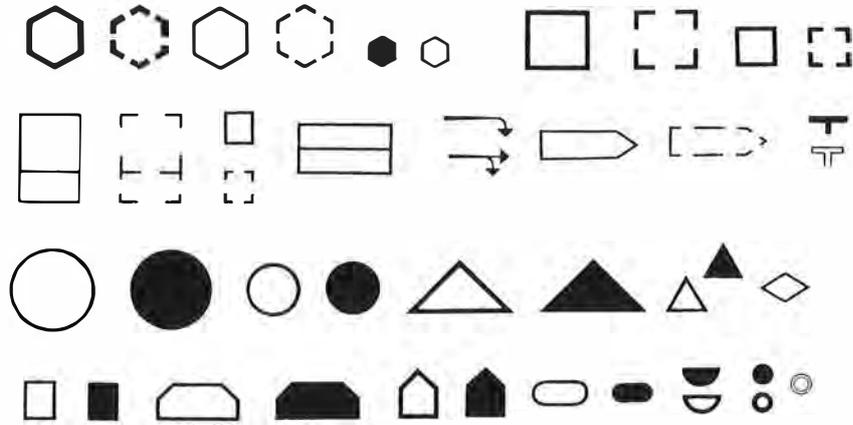
TÖPFER, FRIEDRICH Dipl. Ing. für Verm. 1952, Prom. 1956, Habil. 1961; 1954-1960 Wiss. Mitarbeiter im Geodätischen Institut; 1960- 1973 Mitarbeit im Institut für Kartographie, 1973-1990 Mitarbeit im WB Photogrammetrie; Berufung zum HS-Dozenten für Topographie und topograph. Kartographie 1966; ao. Prof. 1990; Forschungen zur Automatisierung topograph. Karten; seit 1991 geschäftsführender Leiter des Instituts für Kartographie und Geographie der TU Dresden

WILFERT, INGEBORG Dipl. Ing. für Kartographie 1964, Prom. A 1976; von 1964-1970 Mitarbeiterin im Topograph. Dienst Dresden; 1970-1976 Aspirantur; seit 1976 Wiss. Mitarbeiterin im Institut für Kartographie der TU Dresden; Vorsitzende des Kartographischen Landesvereins Sachsen

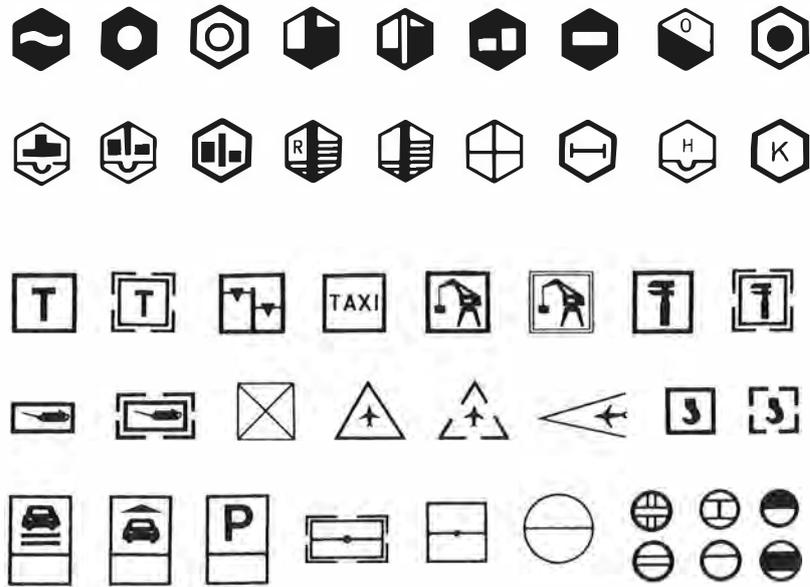
Zusammenhang zwischen inhaltlicher, räumlicher und zeitlicher Strukturkomponente



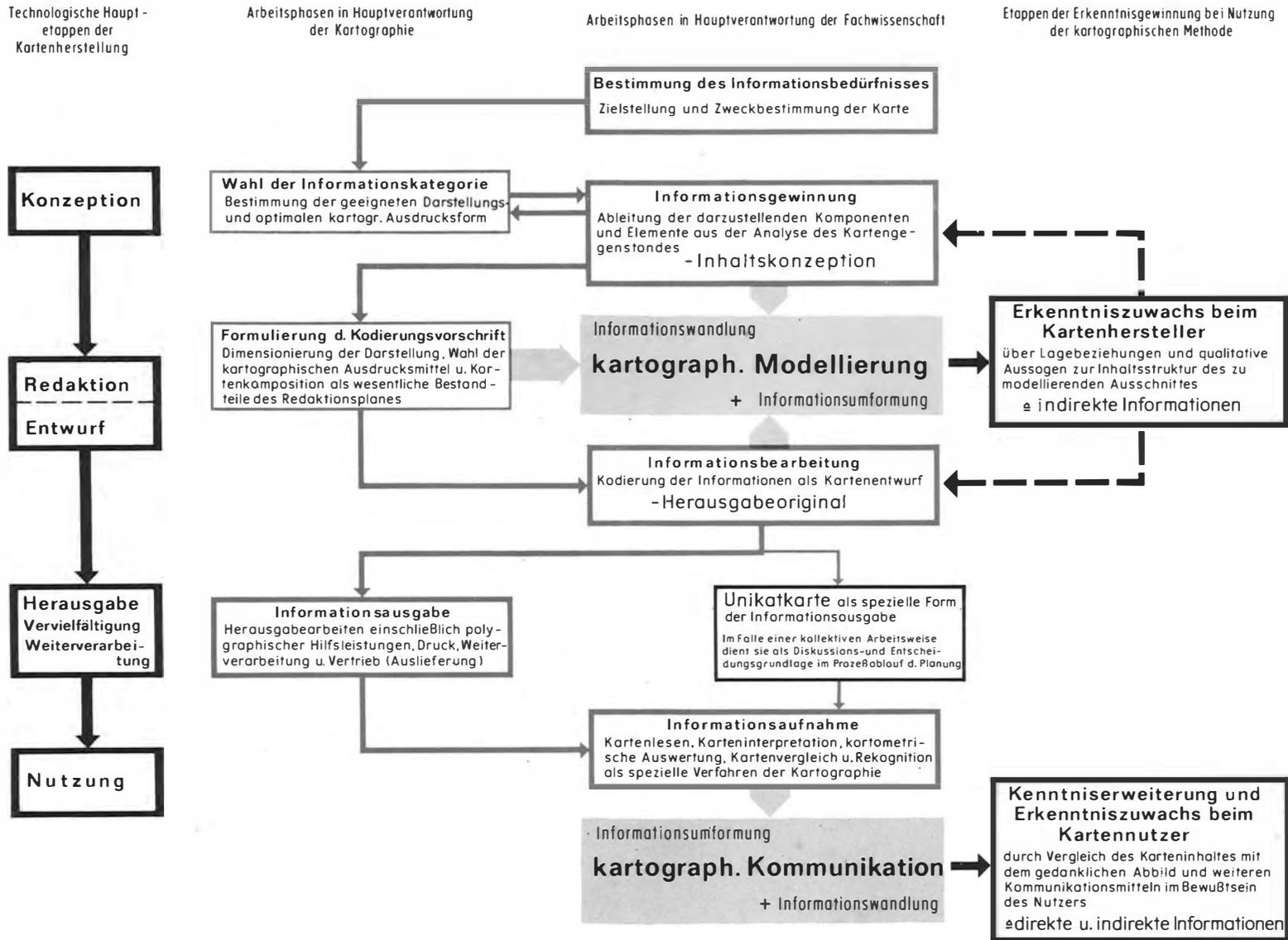
Skelett der Leitsignaturen GBP/GVP



Variation der Füllung von Leitsignaturen gezeigt an Beispielen der TV und des Verkehrswesens



Prozeßablauf der Kartenherstellung und  
-nutzung in der Planung



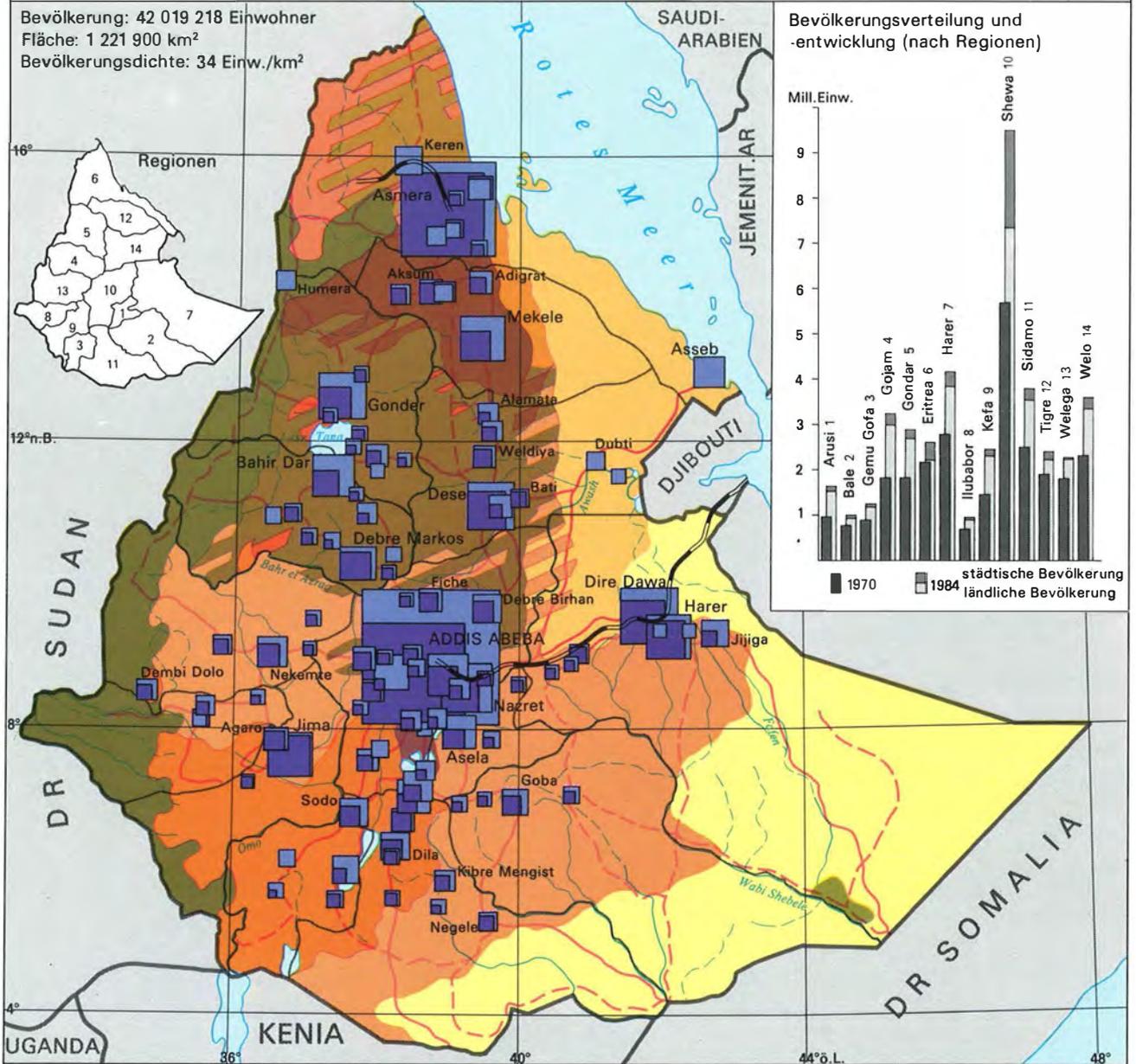
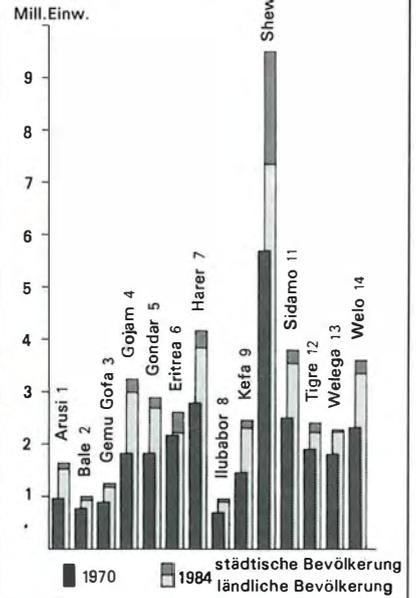


# ÄTHIOPIEN Bevölkerung und Siedlung acd

Bevölkerung: 42 019 218 Einwohner  
 Fläche: 1 221 900 km<sup>2</sup>  
 Bevölkerungsdichte: 34 Einw./km<sup>2</sup>



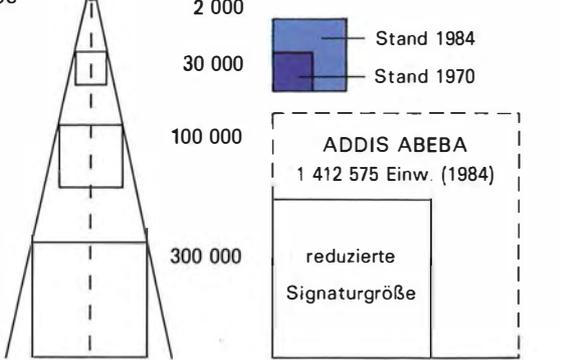
Bevölkerungsverteilung und -entwicklung (nach Regionen)



### Ethnische Zusammensetzung

Semitische Gruppe	Kuschitische Gruppe
Amhara	Oromo
Tigrari	Somalis
Gurage	Sidamo
Tigre	Afar
Nilotische Familie und die Völker des Ostens	Saho
Sudan	Bedja
Bantu(Vagosha)	Agaw

### Bevölkerungsentwicklung der Städte 1970-1980



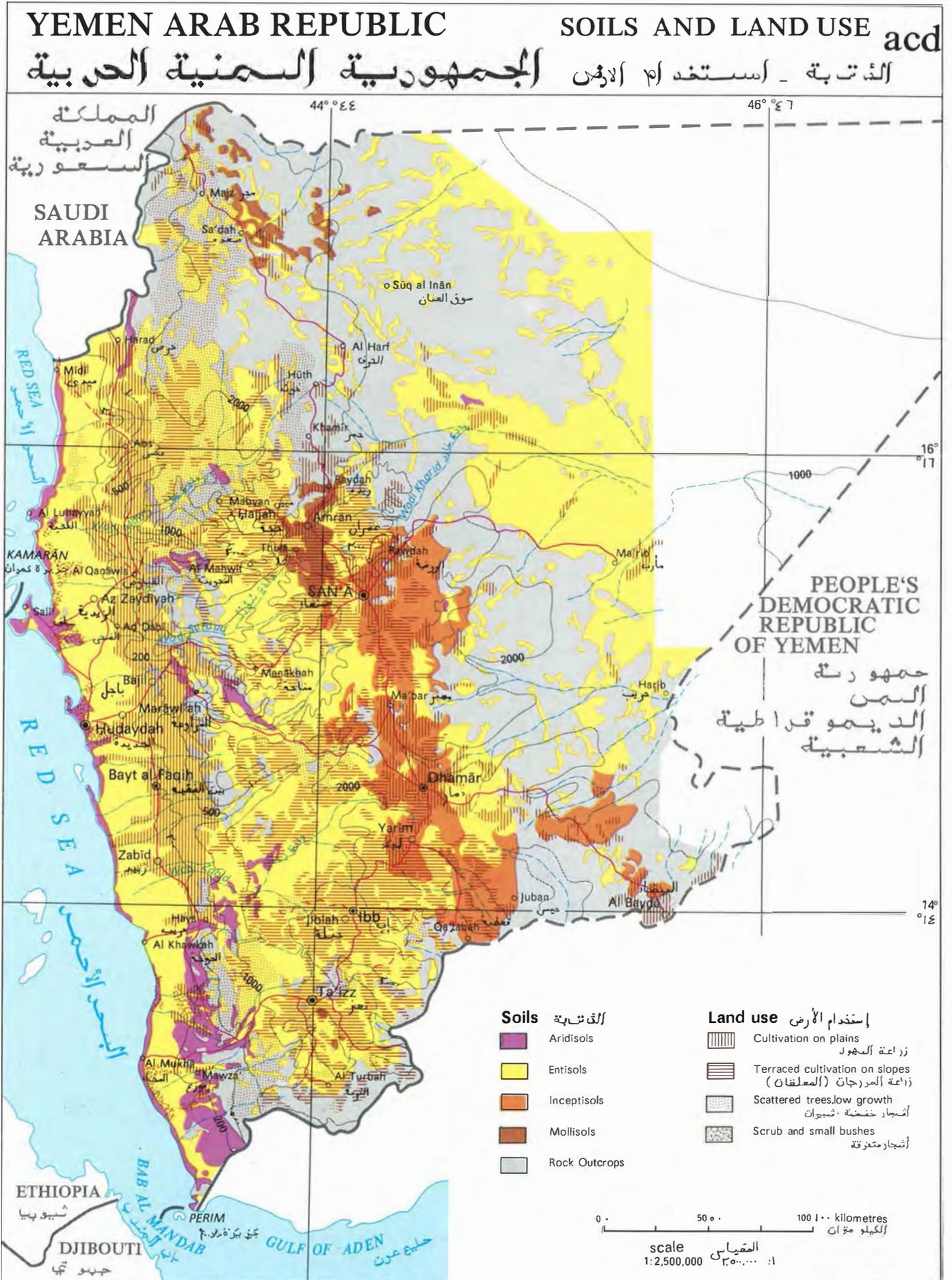
### Verkehr

- Allwetterstraße
- Trockenwetterstraße
- Eisenbahn

### Grenzen

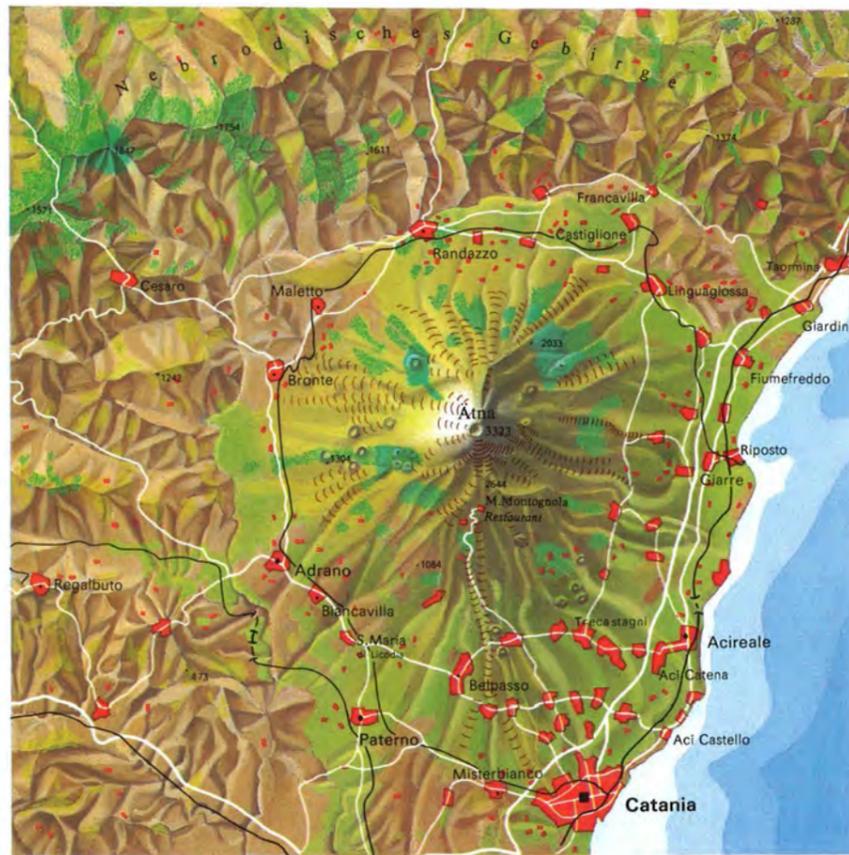
- Staatsgrenze
- Regionsgrenze





Kartenmuster Sizilien

Naturnahe Landschaftskarte Ätna und Umgebung 1:500 000



Naturnahe Landschaftskarte Sizilien 1:2 500 000



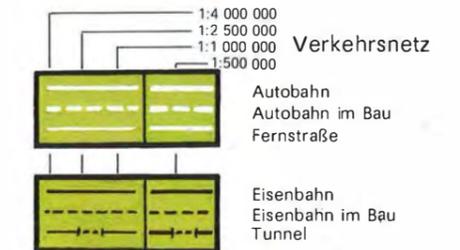
Zeichenerklärung Bodenbedeckung



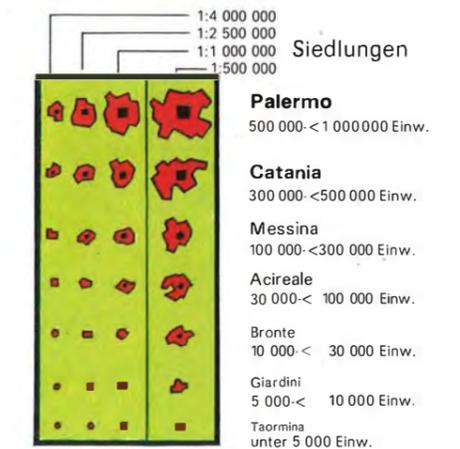
Gewässer



Verkehrnetz



Siedlungen

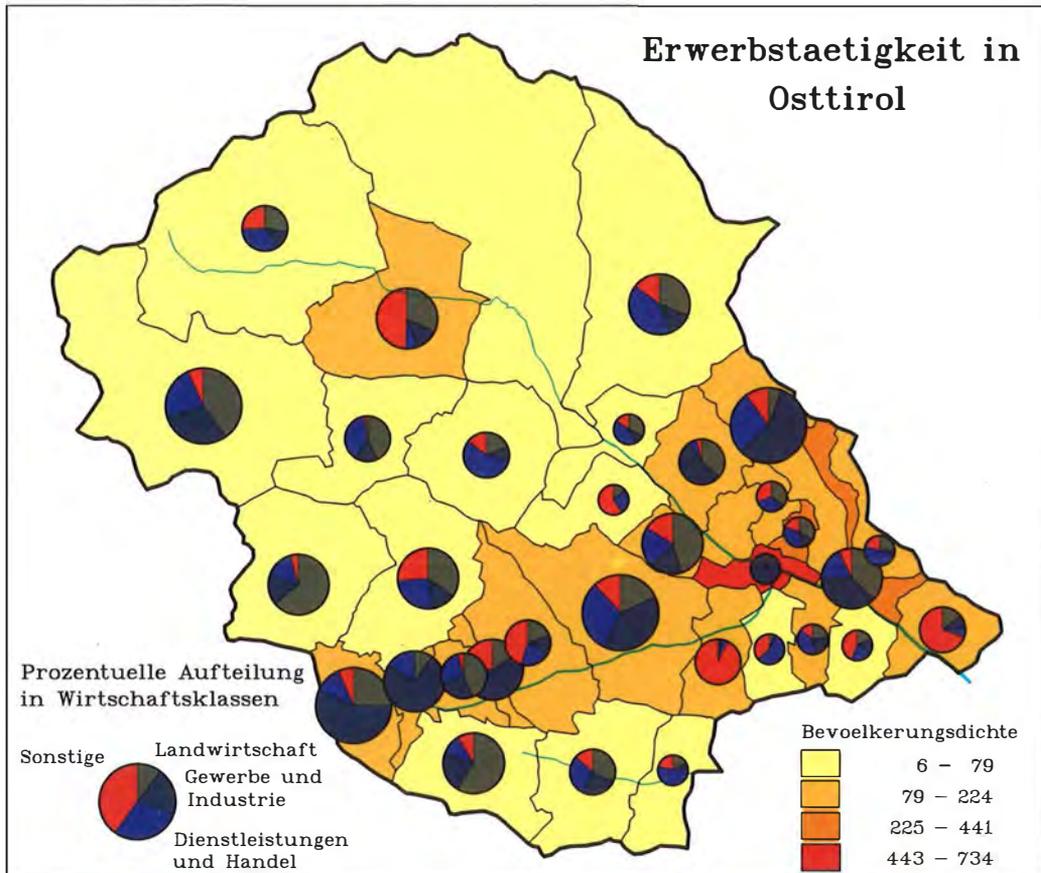


Naturnahe Landschaftskarte Ätna und Umgebung 1:1 000 000

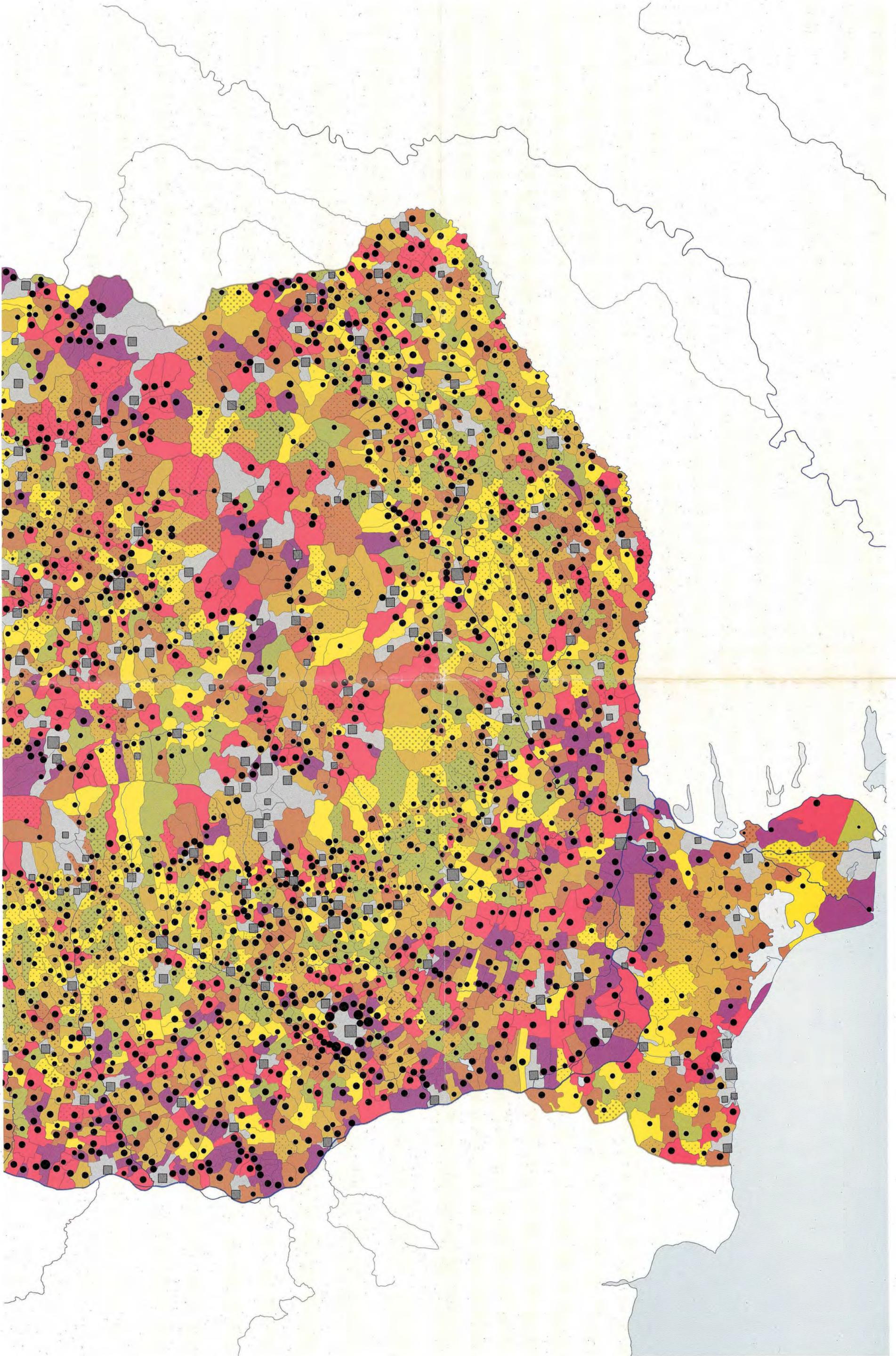


Naturnahe Landschaftskarte Sizilien 1:4 000 000



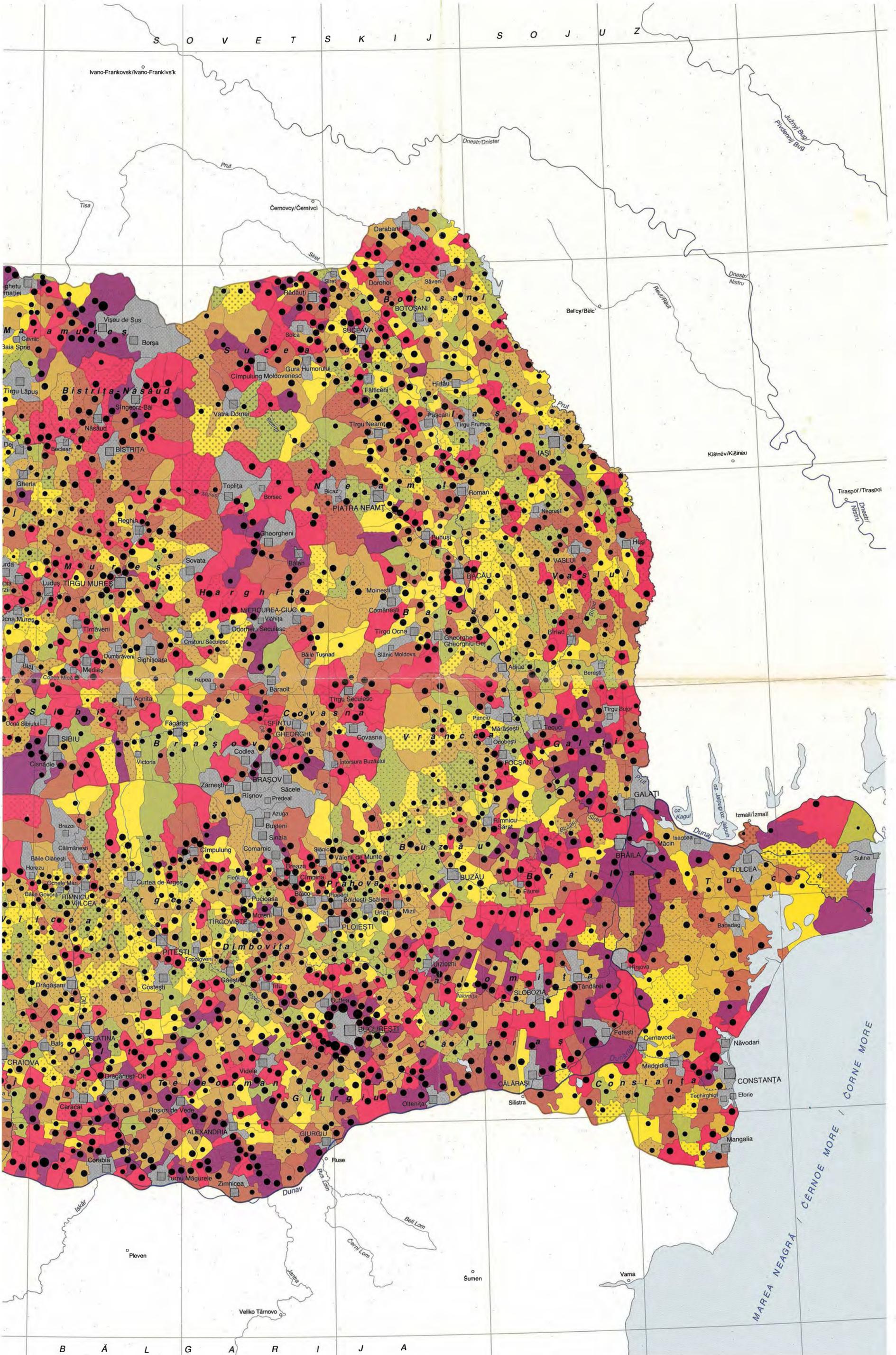


Digitales Bild



Ausschnitt aus der Karte Bevölkerungverteilung in den ländlichen Gemeinden Rumäniens 1:1 500 000. Die Herstellung der Kartenoriginals erfolgte mit DIGMAP des Institutes für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU Wien.

Konventionelles Bild



Ausschnitt aus der Karte Bevölkerungsverteilung in den ländlichen Gemeinden Rumäniens 1:1 500 000. Mit freundlicher Genehmigung des Österreichischen Ost- und Südosteuropa Institutes zur Verfügung gestellt.